



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Modelo de planeación industrial

Aplicado a la edificación en serie de conjuntos
arquitectónicos

Sebastián Arturo Ruesga Pavía



Ciudad Universitaria

2008



INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES
HISTÓRICAS



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA
Campo de conocimiento: Tecnología

Modelo de planeación industrial

Aplicado a la edificación en serie de conjuntos
arquitectónicos

TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en Arquitectura

Presenta:

Sebastián Arturo Ruesga Pavía



Ciudad Universitaria
2008



SÍNODO

Director de tesis:

M. en Dis. Arq. e Ing. Jan van Rosmalen Jansen

Sinodales:

M. en Arq. Francisco Reyna Gómez

Dra. en Arq. Consuelo Farías Villanueva

M. en Arq. Jorge L. Rangel Dávalos

M. en Arq. Ernesto Ocampo Ruiz

ÍNDICE GENERAL

Presentación	1
Introducción	3
a) Objetivos de la investigación	4
b) Hipótesis de estudio	4
c) Métodos de investigación	5
d) Limitantes del proyecto	6
e) Aportaciones de la propuesta	6
Capítulo 1	
Marco teórico	7
1.1 ¿Qué es la industrialización?	7
1.1.1 Definición general	7
1.1.2 Clasificación de las industrias	9
1.1.3 Elementos que caracterizan al proceso industrial	9
1.1.4 Objetivos específicos de la industrialización	10
1.2 Origen y legado de la industrialización	10
1.2.1 Breve reseña histórica	10
1.2.2 Importancia del transporte durante la Revolución Industrial	13
1.2.3 Alcances de la Revolución Industrial	14
1.2.4 Consecuencias de la industrialización	15
1.2.4.1 Los nuevos combustibles y energéticos	16
1.2.4.2 Los nuevos medios de transporte	17
1.2.4.3 Los medios de comunicación y otros inventos	19
1.2.5 Herencia de la Revolución Industrial	19
1.3 El proceso administrativo científico y sistémico	21
1.3.1 ¿Qué es la administración?	21
1.3.2 Antecedentes del estudio de la administración	22
1.3.3 Administración científica	24

1.3.4	Proceso administrativo sistémico	24
a)	Planeación	26
b)	Organización	27
c)	Dirección	27
d)	Control	28
1.4	Pensamiento administrativo industrial	29
1.4.1	Administración industrial de Frederick Taylor	32
1.4.1.1	Los principios de Taylor y el Fordismo	33
1.4.2	Administración industrial de Henri Fayol	33
	Resumen de capítulo	35
Capítulo 2		
Planeación industrial		
2.1	¿Qué es la planeación industrial?	36
2.1.1	Definiciones generales y objetivos de la planeación	36
2.1.2	Elementos de la planeación	37
2.1.3	Pasos de la planeación	37
2.1.4	Planeación industrial relacionada con filosofías de calidad	38
2.1.4.1	Kaoru Ishikawa	38
2.1.4.2	Philip (Phil) Bayard Crosby	39
2.1.4.3	Joseph Moses Juran	39
2.2	Técnicas de planeación industrial	40
2.2.1	Modelos teóricos de análisis	40
2.2.1.1	Teoría del despegue (Take-Off), de Rostow	40
2.2.1.2	Teoría de la industrialización tardía, de Gerschenkron	41
2.2.2	Modelos prácticos (logística y el patrón japonés)	41
2.2.3	Just In Time (planeación justo en tiempo)	42
2.2.3.1	Definición y consideraciones generales	43
2.2.3.2	Objetivos del JIT	44
2.2.3.3	Componentes de la metodología JIT	44
2.2.3.4	Principios fundamentales del JIT	45
2.2.4	Herramientas de planeación industrial (Kanban)	47

2.3 Control de la planeación industrial	48
2.4 Lean Manufacturing	49
2.4.1 Principios y objetivos básicos del Lean Manufacturing	50
Resumen de capítulo	51
Capítulo 3	
La industria de la construcción	52
3.1 ¿Por qué la construcción en arquitectura es una industria?	52
3.1.1 Antecedentes de la industrialización en arquitectura	53
3.1.1.1 Sir Joseph Paxton	53
3.1.1.2 Walter Adolph Gropius	55
3.2 Parámetros de la construcción industrializada	58
3.2.1 Componentes de la construcción industrializada	59
3.2.1.1 Construcción en pirámide	59
3.2.1.2 Mano de obra especializada	60
3.2.1.3 Clasificación de los materiales	60
3.2.2 Materiales prefabricados	61
3.2.3 Integración de los componentes de la construcción industrializada	62
Resumen de capítulo	63
Capítulo 4	
Modelo de planeación industrial	64
4.1 ¿Cómo aplicar el modelo en un proyecto arquitectónico?	64
4.1.1 Antecedentes de la aplicación del modelo	64
4.1.2 Consideraciones previas a la aplicación del modelo	66
4.2 Diseño del modelo de planeación	68
4.2.1 Preparando la implantación del Just In Time en la obra	69
4.2.2 Beneficios del modelo JIT	70
4.2.3 Situaciones desfavorables para la aplicación del JIT	71

4.2.4	Herramientas de planeación y control industrial	72
4.3	Cultura y cambio de actitud	73
4.3.1	El ser humano como primera inversión	74
	Resumen de capítulo	76
Capítulo 5		
	Representación del modelo	77
5.1	Fundamentos generales del modelo	77
5.1.1	Enfoque tradicional de transformación	78
5.1.2	Enfoque moderno de transformación	79
5.2	Competencias del modelo	80
5.2.1	Reducción de desperdicios	80
5.2.2	Solución de desbalances en el proceso	81
5.2.3	Alineación de objetivos	81
5.3	Evaluación del modelo	81
5.3.1	Distribución binomial	82
5.3.2	Ingeniería de producto	83
5.3.2.1	Punto de reorden	83
5.3.2.2	Cantidad de orden periódica	85
5.3.2.3	Plan de producción estacional	85
5.3.2.4	Administración del inventario	87
5.3.3	Desarrollo de software especializado	87
	Resumen de capítulo	90
	Conclusiones	91
	Corolario	98
	Bibliografía	99
	Glosario	103

“...Se il discorrere circa un problema difficile fosse come il portar pesi, dove molti cavalli porteranno più sacca di grano che un caval solo, io acconsentirei che i molti discorsi facessero più che un solo; ma il discorrere è come il correre, e non come il portare, ed un caval barbero solo correrà più che cento frisioni...”¹

“Saggiatore”
Galileo Galilei²

PRESENTACIÓN

La metáfora de *Galileo* sobre la rapidez de la mente humana, va más allá de simples procesos intelectuales. Lo que ayer fue origen de una curiosidad, hoy se convierte en disertación y mañana habrá pasado a la historia; la evolución pronta y constante de la tecnología, y la exigencia de satisfacer nuevas necesidades (o quizás las mismas, pero más rebuscadas), obligará a cualquier estudioso con alma inquieta a transformar el conocimiento heredado en nuevas postulaciones que, con la misma celeridad, vuelvan a dar origen a este círculo de búsqueda y hallazgo.

Por naturaleza, el arquitecto es un gran organizador. Durante su vida profesional intenta resolver la disposición e interacción de los valores estéticos y funcionales en un entorno limitado-limitante, de los espacios dentro de un proyecto, de los materiales en un procedimiento, de los sistemas en una construcción, de las personas en actividades determinadas y de los capitales en un presupuesto³. Pero este perfil intrínseco –herramienta casi genética- se va desarrollando y perfeccionando con la práctica empírica al paso de los años, complementando al mismo tiempo la definición de sus propias atribuciones.

El presente trabajo de investigación pretende, en cierta manera, estructurar una metodología organizacional que coadyuve a la explotación de esa habilidad nata del profesionalista encargado de la conceptualización y materialización de los espacios habitables, particularizando en un modelo de planeación estratégica que, mediante ciertas condicionantes, ayude a incrementar la efectividad de su trabajo en función conseguir el cumplimiento de sus objetivos con el éxito y la calidad deseados para sí.

Las industrias del mundo moderno orientan los planes que justifican su participación en la proveeduría de servicios y productos, según lo dictaminan las nuevas reglas del mercado al que ofrecen sus servicios. Esta tendencia se basa en la competencia mundial y globalizada la

¹ “...Si el discurrir acerca de un problema difícil fuera como llevar pesos, en que muchos caballos cargarán más sacos de grano que un caballo solo, consentiría en que muchos discursos cuentan más que uno solo; pero discurrir es como correr, y no como cargar pesos, y un solo caballo berberisco correrá más que cien frisiones...”

² Fragmento tomado del libro *Seis Propuestas Para El Próximo Milenio*, de Italo Calvino (Ediciones Siruela, S.A., 3ª. Edición. España, 2001).

³ Tal vez, y no en todos los casos, también buscará trascender.

cual se perfila mediante los avances tecnológicos, incluyendo temas como la logística y distribución.

La competencia mundial, a diferencia de un mercado cerrado, exige a las empresas ofrecer su producto cumpliendo con los estándares internacionales de calidad, bajo costo y disposición inmediata del beneficio o servicio prestado.

La industria de la construcción no puede mantenerse al margen de esta postura, y por ello ha comenzado a incorporar en su proceso de planeación previamente a la fase ejecutiva de cualquier proyecto, una serie de herramientas aplicables al control de procesos que permitan a los arquitectos modificar las técnicas constructivas tradicionales mediante el estudio de nuevas tecnologías y la incorporación de teorías adaptables a sistemas industrializados.

Existen en nuestro país empresas cuya labor se ha especializado en la construcción a gran escala de vivienda, comercio, salud y educación. Este trabajo, realizado a lo largo de muchos años, ha requerido de ajustes y transformaciones en su estructura organizacional, según la necesidad de la obra y del trabajo desarrollado.

La metodología de trabajo utilizada por estas empresas ha cambiado de manera constante, adaptándose a las necesidades de un mercado que cada vez va creciendo y se relaciona con otros en franca competencia. Se basa en los principios de diseño y calidad, y ha incorporado al modelo administrativo herramientas que permiten mejorar el desarrollo de las distintas actividades que intervienen en una obra, desde su concepción hasta la entrega final, pasando por los estándares de calidad adoptados en el mundo contemporáneo. La producción arquitectónica concebida como práctica industrial no puede quedar exenta de ello volviéndose necesario estudiar la manera de cómo puede integrarse a estos modelos productivos.

La inquietud personal que da origen al tema de investigación, se dirige al estudio de la metodología de trabajo utilizada por distintas industrias de grandes niveles de producción (automotriz, metal-mecánica o de alimentos) posicionadas dentro del parámetro de las nuevas reglas del mercado mundial, y su posible aplicación a una empresa constructora especializada en la edificación de conjuntos arquitectónicos edificados, por decirlo así, en serie.

De lo anterior, surge la siguiente pregunta: ¿de qué manera se pueden incorporar al proceso de edificación desarrollado por empresas constructoras de vivienda de interés social, distintas técnicas y herramientas de planeación industrial, con el fin de desarrollar un nuevo modelo que optimice las actividades principales de su ciclo de trabajo, permitiendo evaluar su control de calidad de manera similar, como a cualquier otra empresa dedicada a la fabricación industrializada de artículos en serie?

Sebastián Arturo Ruesga Pavía
Octubre, 2008

INTRODUCCIÓN

Los postulados del mercado moderno conocidos como *OCM – Operadores de Clase Mundial* afirman que cualquier empresa puede alcanzar grandes beneficios (principalmente económicos) al tener una posición significativa dentro del escenario mundial, evaluando y mejorando continuamente sus estándares de calidad. Los conceptos de *Clase Mundial*, son agrupados y conocidos en la industria internacional de construcción como *Lean Construction (construcción sin pérdidas)*, y su finalidad es ofrecer a las empresas la pauta para la solución de tres problemas específicos, suponiendo con ello un impacto relevante en el logro de sus objetivos:

1. Control en los inventarios y reducción de desperdicios (aplicable a los almacenes en campo y su relación con los proveedores y distribuidores de material).
2. Integración de las actividades productivas (prefabricación de elementos, definición e integración de las etapas en las cuales está dividido el proceso de edificación, administración de la obra).
3. Definición de la planeación estratégica y la integración de los objetivos del negocio (organización de las oficinas central y de obra).

En realidad existen pocas fuentes de información que nos permitan conocer más a fondo el contenido de estas teorías respecto a su aplicación en casos prácticos de nuestro interés. En los textos encontrados se abordan de manera general temas como el *Just in Time*⁴, el *Kan-Bar*⁵ o metodologías como *Hosin Kanr*⁶.

Si en verdad estos conceptos pudieran adecuarse y ser aplicados a industrias de cualquier índole, resultaría interesante hacer una analogía donde se compare a la edificación con un proceso industrializado, estructurando cada una de las actividades que participan en un plan organizado para la obra, de forma similar a como lo hacen otras empresas especializadas en la fabricación de artículos en serie.

Aunque se tiene registro de algunas empresas constructoras que han sido asesoradas al respecto por consultores especializados principalmente en temas de ingeniería industrial⁷, la integración de estas herramientas al proceso de la obra no ha sido llevada a la práctica por completo; como ya se mencionó, es difícil encontrar la información necesaria que además de mostrar estos temas como solo teorías, ayuden a establecer un vínculo con el objeto de nuestro estudio, la construcción, mediante documentos que se encuentren al alcance de cualquier persona interesada en profundizar sobre el tema.

⁴ También conocido por sus siglas en inglés JIT, y que representa una filosofía industrial que propone la fabricación de un artículo determinado, cumpliendo cada fase del proceso productivo en el momento preciso y en las cantidades estrictamente necesarias.

⁵ Herramienta de producción japonesa, complementaria al JIT, creada por el ingeniero *Taiichi Ohno* a partir de los conceptos de *Kiichiro Toyoda*, presidente de Toyota, en los años 50 y cuya aportación establece la teorías del Inventario Cero y la Sincronización de Operaciones.

⁶ Sistema de producción que busca el aseguramiento en la sincronización de procesos a partir de la alineación de áreas, funciones, indicadores y objetivos de negocio.

⁷ En el año 2002, la empresa mexicana de consultoría y desarrollo *Business Integrated Solutions, S.A. de C.V.*, enfocada a implantar herramientas de productividad llamadas de Clase Mundial, intentó iniciar un programa basado en conceptos industrializados, en colaboración con la constructora *Urbi Desarrollos Urbanos, S.A. de C.V.*

Particularmente esta investigación pretende analizar la factibilidad y los posibles beneficios que se obtendrían si se incorporaran estas herramientas de producción, aplicadas al proceso de planeación utilizado por empresas constructoras, dada la similitud que puede encontrarse con la fabricación de objetos en serie cuyas características, especificaciones y modos de elaboración parecen similares; sin dejar de considerar que la producción en serie de espacios arquitectónicos debe enfocarse a resolver de manera determinada un problema social derivado de una necesidad específica de habitabilidad para el desarrollo individual y colectivo, cumpliendo con las normas básicas de calidad y servicio, y sin dejar de lado el aspecto estético y creativo propio del arquitecto.

a) Objetivos de la investigación

Esta investigación tiene como objetivo principal esbozar el diseño de un modelo administrativo, basado en el estudio de técnicas de planeación industrial, buscando su aplicación al proceso de edificación de los conjuntos arquitectónicos construidos en serie⁸, a través de la elaboración de una propuesta teórica conformada por conceptos que:

- a. Analicen la planeación del proceso constructivo desde un enfoque de ingeniería industrial.
- b. Estudien y supongan los principales beneficios que pudieran llegar a obtenerse si se integran metodologías (*Just in Time*) y herramientas (*Kan-Ban*), propias de la producción industrializada, al modelo administrativo de la obra.
- c. Contribuyan al estudio de programas y teorías similares, sirviendo de parámetro para la implantación de este tipo de trabajos en casos de estudio semejantes.

Para lograrlo, se simulará la planeación de una empresa constructora tipo y los métodos establecidos para cumplir sus objetivos de control de calidad; diseñando un modelo que sirva como base para ser establecido en aquellas actividades que participan en la planeación del proceso constructivo de la obra; interpretando la factibilidad del modelo y discutiendo los posibles beneficios que se alcanzarían si se aplican correctamente ciertas técnicas de planeación industrial a dicho proceso.

b) Hipótesis de estudio

Analizando la estructura sistémica del proceso constructivo como una analogía de la producción industrializada, es posible, como empresa sustentable, obtener beneficios que pueden resumirse en la consecución de los siguientes logros:

- Controlar los tiempos del ciclo de producción (construcción).
- Mejorar la eficiencia de todo el sistema (del conjunto y de cada una de sus partes), mediante la simplificación de planes y programas de obra.
- Evitar la realización de actividades en forma desordenada, identificando las desviaciones en el proceso y agilizando la toma de decisiones en caso de una contingencia.

⁸ A partir de ahora a los *conjuntos arquitectónicos edificados en serie* los entenderemos como todos aquellos espacios conformados por células de identidad similar, basados en los mismos preceptos tecnológicos y de diseño; es decir, aquellos concebidos bajo un esquema repetitivo de desarrollo cuyos elementos que los conforman, pueden ser interpretados como *refacciones* del mismo espacio. Por mencionar algunos casos están los conjuntos habitacionales de interés social, los salones de clase de cualquier escuela, los cuartos de un hotel o los consultorios de una torre médica.

- Reducir costos en mantenimiento, producción e inventario.
- Minimizar mermas por desperdicios y pérdida de materiales.
- Proveer información precisa, como parte de un control preventivo y correctivo.

En suma, así como existen modelos teóricos y administrativos que han ayudado a diversas empresas dedicadas a la fabricación de artículos en serie de cualquier índole (mecánicos, electrónicos, químicos y hasta artesanales), a obtener beneficios como la disminución de costos, eliminar inventarios, minimizar índices de desperdicio y la optimización en general de los recursos materiales y humanos; es factible diseñar un modelo similar, adecuando distintas técnicas de planeación industrial para posteriormente aplicarlas al proceso constructivo de la obra.

c) Métodos de investigación⁹

Para llevar a cabo este trabajo, primeramente se utilizó el método *hipotético-deductivo*, el cual consiste en proponer una hipótesis como consecuencia de las inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales que existen sobre el tema. Aunque es necesario aclarar que la formulación de la hipótesis se estructuró mediante procedimientos inductivos dado que se tomaron como base planteamientos existentes en la particularidad de casos análogos y a partir de ahí se buscó probar su validez mediante procedimientos deductivos. El papel de la deducción en una investigación es doble: primero se deben formular principios desconocidos, a partir de los conocidos; y segundo, descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos

Una vez recabada toda la información, se utilizó para la evaluación de los resultados el *método analítico*, extrayendo las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para después determinar las relaciones entre las mismas. En los tres primeros capítulos de la investigación definen los marcos de referencia y se obtienen los elementos que integran las distintas técnicas de planeación industrial; a partir del estudio aislado de cada variable, se plantea en los dos capítulos siguientes, un modelo general que puede ser aplicado a un proyecto piloto en el proceso constructivo de un conjunto arquitectónico. En esta parte final de la investigación se utilizó el *método sintético*, el cual ayudó a relacionar los conceptos estudiados, aparentemente aislados, para llegar a la formulación de la teoría final.

Cabe recordar que estos dos métodos no existen independientes uno del otro; el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que lo conforman como un todo; y a su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis.

Por otro lado, también debemos referir que la investigación se realizará bajo dos enfoques. El primero es el sistémico; dirigido a modelar el objeto de estudio mediante la determinación de sus componentes, así como las relaciones entre ellos. Esas relaciones determinan por un lado la estructura del objeto y por otro, su dinámica y comportamiento. Esto nos permitirá analizar cada una de las partes que componen los procesos a describir a lo largo de esta investigación, buscando su integración en un solo modelo único cuya aplicación puede trazarse en la planeación de una obra. Además este modelo puede llegar a ser evaluado y adaptado a distintos casos de estudio; permitiéndonos suponer niveles de control de calidad los cuales pueden servir de referencia para evaluar los resultados en los casos elegidos.

⁹ RANGEL Dávalos, Jorge. *Taller de investigación I*. Seminario-taller del programa académico de la Maestría en Arquitectura (Tecnología). Notas personales. Ciudad universitaria, 2004

En segundo lugar está el enfoque prospectivo pues no se debe olvidar que la intención de la investigación está orientada a generar a futuro un modelo de aplicación real en el proceso de edificación diseñado para una empresa tipo que se dedique al desarrollo de conjuntos arquitectónicos pensados en serie, y cuyo fin último está encaminado a conseguir los logros enunciados en los seis puntos de la hipótesis de estudio. Por ello se considera como herramienta importante al presente trabajo la realización de levantamientos en sitio; consultando, entrevistando y evaluando a distintos grupos de personas que pertenezcan a diferentes áreas cuyas actividades estén directamente relacionadas con la logística, el control y la supervisión en obra.

d) Limitantes del proyecto

Existe una limitante para la verificación del planteamiento de este modelo administrativo, y es que la mejor evaluación puede ser lograda experimentando con su implantación directa dentro de los procesos de una constructora que se encuentre ejecutando trabajos de edificación, midiendo sus grados de respuesta al contexto general.

Lo anterior se considera como una limitante del presente trabajo, puesto que solo se analiza el modelo teórico-matemático definido mediante investigación bibliográfica y suposiciones de casos tomados de la realidad, pero sin contar físicamente con resultados de su aplicación en obra. Por tanto, la experimentación y evaluación directa del modelo en el campo, serán necesarias.

e) Aportaciones de la propuesta

Finalmente, cabe señalar que esta investigación basa su originalidad por sus posibles contribuciones en cuanto a que:

- 1) Registra por escrito información importante que por lo menos en los últimos diez años ha comenzado a adquirir relevancia dentro de las grandes empresas constructoras, con la intención de transmitir este estudio a generaciones de profesionistas en el ramo, quienes en un futuro no muy lejano, se verán en la necesidad de implantar modelos similares, con el único objetivo de establecerse como la mejor opción del servicio que brindan.
- 2) Pretende apoyar, a partir del diseño de un modelo, al establecimiento de parámetros específicos de control y supervisión de las actividades que conforman una obra; las cuales se han desarrollado de manera empírica en el proceso de edificación de conjuntos arquitectónicos.
- 3) Establece puntos de convergencia entre distintas áreas de estudio y de desarrollo técnico, fomentando el trabajo multidisciplinario y multimetodológico.
- 4) Intenta dar un nuevo enfoque de los conceptos estudiados en otros campos del conocimiento, bajo una interpretación acoplada al quehacer arquitectónico y en particular a la obra.
- 5) Busca darle al conocimiento ya establecido, una dirección que tal vez no ha sido explorada con anterioridad, y que de alguna forma permita sembrar la semilla de la inquietud por continuar este trabajo, ya sea por motivaciones propias del autor, o compartiendo ese interés a otras personas relacionadas con la materia.

“...Examinad nuestra situación, considerad la ventaja que Dios y la naturaleza nos han dado, y el destino que se nos promete. Nos encontramos en los confines de la Europa occidental, en el principal punto de unión entre el viejo y el nuevo mundo. Los descubrimientos de la ciencia, los progresos de la navegación, nos han colocado a menos de diez días de Nueva York. En relación a nuestra población y a la superficie de nuestro país, tenemos una extensión de costas superior a las de cualquier otra nación, lo cual nos asegura la hegemonía y la superioridad en el mar. El hierro y el carbón, esos nervios de la producción, nos proporcionan en la gran competición de la industria una ventaja sobre nuestros rivales. Nuestro capital sobrepasa en mucho al que ellos disponen (...) Nuestro carácter nacional, las instituciones libres que nos administran, nuestra libertad de pensamiento y de acción, una prensa sin cortapisas que difunde todos los descubrimientos y todos los avances de la ciencia, se combinan con nuestras ventajas naturales y físicas para colocarnos a la cabeza de las naciones que se benefician del libre intercambio de sus productos. ¿Es entonces éste el país que se sustraerá de la competencia?...”

Discurso de Sir Robert Peel¹⁰ al Parlamento Inglés
(16 de febrero de 1846)

CAPÍTULO 1

Marco teórico

- 1.1 ¿Qué es la industrialización?
- 1.2 Origen de la industrialización y breve reseña histórica
- 1.3 El proceso administrativo científico y sistémico
- 1.4 Pensamiento administrativo industrial

1.1. ¿Qué es la industrialización?

1.1.1. Definición general

Según el diccionario¹¹, *industria* es la habilidad o destreza que, a través de un conjunto de operaciones materiales e intelectuales, busca obtener, transformar o transportar uno o varios productos o materiales fabricados, todo ello siempre impulsado por la tecnología. También es por

¹⁰ Estadista, periodista y político británico del *Partido Conservador* (5 de febrero de 1788 – 2 de julio de 1850). Fue Primer Ministro del Reino Unido entre el 10 de diciembre de 1834 y el 8 de abril de 1835, y posteriormente del 30 de agosto de 1841 al 29 de junio de 1846.

¹¹ De aquí en adelante, cada vez que se mencione al diccionario, deberá entenderse como fuente de consulta a la vigésimo segunda edición del Diccionario de la Lengua Española, publicado por la Real Academia Española ([http://www.rae.html](http://www.rae.es/rae.html)).

extensión, el conjunto de las actividades económicas y productivas en un territorio o país. De la primera definición, debemos rescatar varios términos:

- Habilidad o destreza; puntualizando que se trata de una capacidad dada para resolver algo, considerando el proceso tácito y previo de enseñanza o *capacitación* que permitirá realizar cualquier actividad bajo un conocimiento aprendido mediante la teoría y la práctica.
- Conjunto de operaciones; revelando francamente un sistema conformado por fases o etapas desarrolladas lógicamente y cronológicamente; y al referirnos a un *sistema* entenderemos que se trata de un *todo* conformado por varias *partes* relacionadas entre sí, y si alguna de esas partes falta o falla en el sistema, entonces este pierde toda validez.
- Obtener, transformar o transportar productos; siendo a través de la tecnología el medio por el cual podremos conseguir y administrar recursos materiales, convertirlos mediante procedimientos químicos o físicos y llevarlos al lugar donde serán ensamblados, dando por resultado el producto final esperado.
- Impulsado por la tecnología; a través de maquinaria diseñada específicamente para este fin, operada o programada en su mayoría por mano de obra especializada, preparada física y mentalmente para iniciar y concluir cada actividad de acuerdo a las normativas establecidas desde el inicio de un proyecto.

Gestión de producción

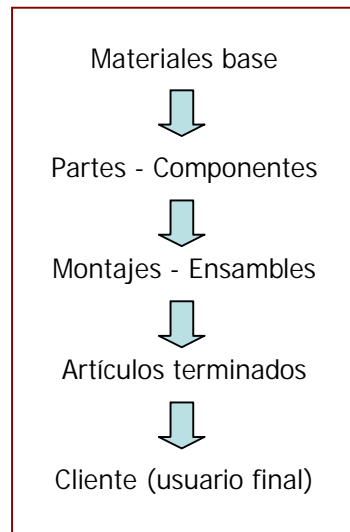


Figura 1. Cuadro que resume el procedimiento industrializado que sigue una gestión de producción, desde que recibe la materia prima, hasta que se concluye con la entrega del producto al cliente final.

La *industrialización* es, por tanto, el proceso encargado de obtener un recurso, transformarlo, transportarlo y a veces volverlo a transformar, derivando en un bien, un producto o un servicio específico, mediante la promoción de la tecnología, la mano de obra especializada y la

investigación. Industrializar es el procedimiento que va de la transición entre el hacer o producir algo de forma artesanal, al fabricar el mismo objeto en serie, y con ayuda de maquinaria especializada.

1.1.2. Clasificación de las industrias

- *Ligeras ó livianas*: son aquellas que producen bienes o productos de consumo directo; por ejemplo: textiles, alimentos, calzados.
- *Intermedias ó de equipamiento*: son aquellas que producen bienes que serán utilizados a su vez como materias primas para otras industrias; por ejemplo se tiene al petróleo y sus derivados (combustibles, polímeros, plásticos); la industria química que produce componentes para la industria farmacéutica, o las industrias manufactureras, como el papel.
- *Pesadas*: son aquellas que producen los bienes semielaboradas para la fabricación a su vez de instrumentos de producción. Ejemplo: el sector petrolero y fabricación de productos metálicos.

1.1.3. Elementos que caracterizan al proceso industrial¹²

- **Especialización.** Enfocada principalmente a la mano de obra; y consiste en generar una curva de rutina, donde cada uno de los participantes del proceso saben qué hacer y cuándo hacerlo, bajo un proceso repetitivo y secuencial de actividades.
- **Concentración.** Es la unificación del diseño; la producción y comercialización de un producto determinado se origina, produce y controla a través de un solo método único y universal que agrupa todos los demás procesos que intervienen en la actividad.
- **Prefabricación.** Se da a través de la estandarización; implica el desarrollo de materiales compuestos por elementos complementarios, de diseño uniforme y modular, los cuales se acoplan a las necesidades propias de la composición del producto final. Los prefabricados, son especialmente producidos por un proceso definido, implicando únicamente su instalación en obra.
- **Estandarización.** Se refiere a la coordinación modular o dimensional de los materiales; esto es, uniformizar medidas, características de producción y especificaciones.
- **Mecanización.** Es la sustitución, hasta donde sea posible, de la presencia de los hombres (mano de obra) que participan en el proceso industrial; supliéndolos por máquinas autómatas o semi-autómatas.

¹² ROSMALEN Jansen, Jan van. *Prefabricación en arquitectura*. Tema selecto del programa académico de la Maestría en Arquitectura (Tecnología). Notas personales. Ciudad universitaria, 2004.

1.1.4. Objetivos específicos de la industrialización¹³

- Mejorar la productividad. Hacer o producir más en igual o menor tiempo, optimizando recursos materiales, humanos, mecánicos y financieros.
- Flexibilidad y optimización de los costos. Abatir, disminuir o hacer más eficiente la distribución del dinero.
- Aumentar considerablemente la calidad. Obtener un producto que satisfaga las necesidades básicas para las cuales fue creado, dando además un valor final agregado. Es decir, dar más de lo que se espera.

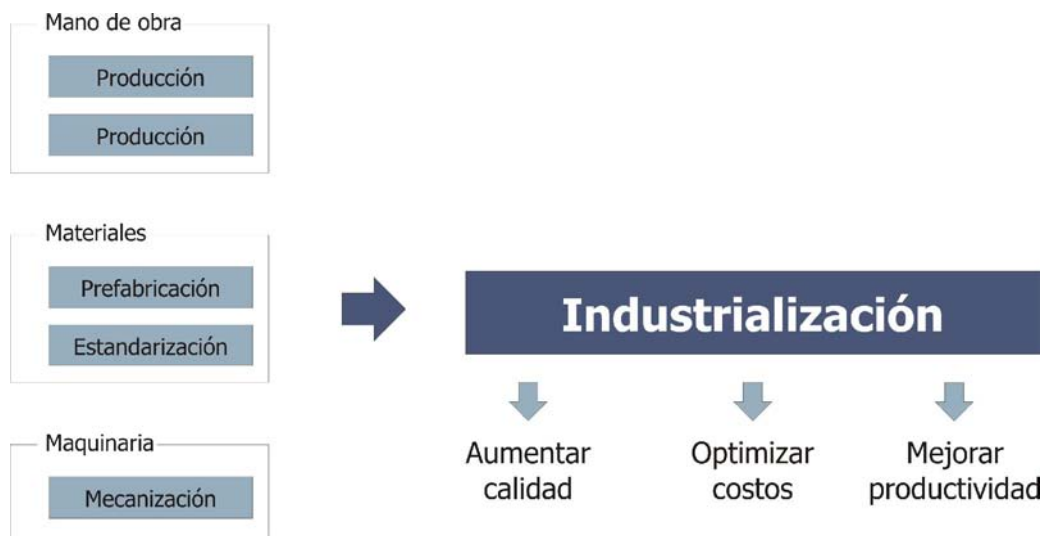


Figura 2. Elementos que conforman al proceso industrial, y objetivos principales.

1.2. Origen y legado de la industrialización

1.2.1. Breve reseña histórica

El hombre siempre ha buscado la manera de facilitar el proceso de su evolución. A medida que pasa el tiempo, va inventando y perfeccionando mecanismos cada vez más complejos con el fin de ayudarlo a satisfacer sus necesidades primordiales. Pero al mismo tiempo que el hombre se desarrolla, van aumentando sus necesidades y por ende, inicia progresivamente un nuevo camino por mejorar su nivel de vida.

La evolución a través del tiempo se ha dado de forma paulatina: sus capacidades o limitaciones de trabajo fueron complementadas con los primeros utensilios creados por él mismo; más tarde se ayudaría con la fuerza los animales.

¹³ Ibidem.

La aparición de la rueda significó el paso del sistema de tracción al de rotación, acrecentando la capacidad de transporte. Después vino la fuerza hidráulica aplicada a la naciente industria textil, hasta que la máquina de vapor se convirtió uno de los elementos sustanciales de la mecanización y modernización industrial.

Entre 1400 y 1700 la civilización tomó parte de la revolución comercial, el primer cambio social y cultural importante que terminó con la economía como era entendida durante la edad media, siendo sustituida por un incipiente capitalismo.

Hace doscientos años, las personas utilizaban herramientas rudimentarias para proveerse de alimentos, construir sus viviendas y confeccionar sus vestidos. Gradualmente, de la manufactura artesanal –sencilla y dirigida a un público minoritario- se pasó a la producción industrial, apoyada por el interés hacia las investigaciones científicas y tecnológicas.

La aparición de la máquina se da como resultado de importantes adelantos en física, química y mecánica, logrando grandes avances en el campo de la industria. El cambio de una economía agraria y artesana, a otra dominada por la industria y la mecanización, representa en la historia moderna de Europa el periodo conocido como *Revolución Industrial*.

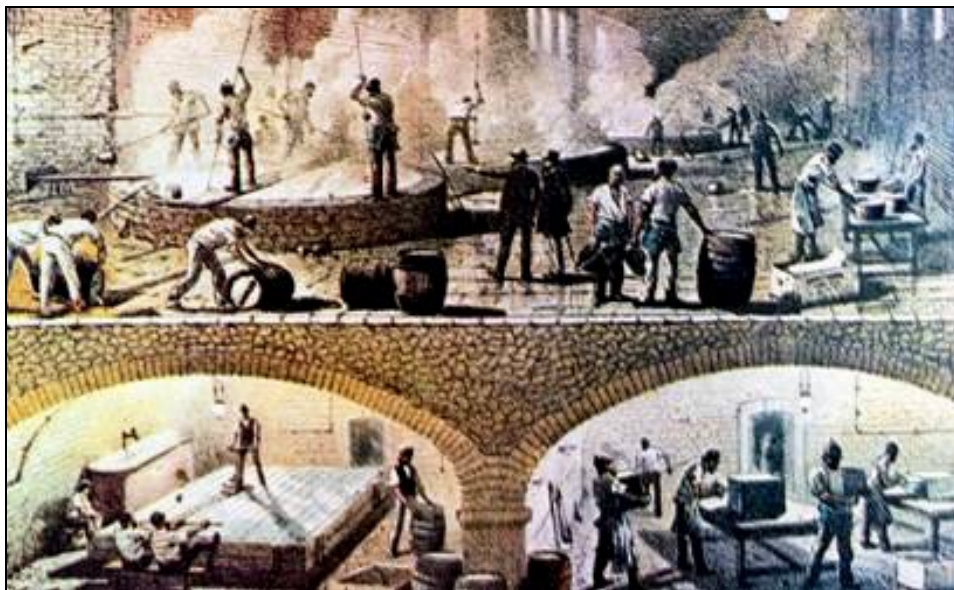


Figura 3. La incursión de la fuerza del vapor en la industria transformó los pequeños talleres en fábricas con menor cantidad de mano de obra, pero más especializada en el manejo de las nuevas máquinas.

Después de casi un siglo de haber surgido, este movimiento recibe su nombre atribuyéndose a *Paul Mantoux*¹⁴ el término de *Revolución Industrial*; Mantoux en 1906 publicó el documento *La Revolución Industrial en Inglaterra en el siglo XVIII*; aunque previo a él, *Arnold Toynbee*¹⁵ publicó en 1884 un libro donde hacía referencia a este movimiento económico desarrollado en Inglaterra. Hubo autores que rechazaron el término *revolución* por considerarlo inexacto y equívoco; pues suponía la incertidumbre sobre otro tipo de revoluciones surgidos en la Europa continental; en su lugar prefirieron utilizar la expresión de la *industria moderna*.

Las transformaciones económicas que se dieron en Europa a partir del siglo XVIII (comenzando en Gran Bretaña), modificaron en gran medida un conjunto de instituciones políticas, sociales y económicas vigentes en muchos países, que desde el siglo XVI eran conocidos como el antiguo régimen. En Inglaterra, hacia la segunda mitad del siglo XVIII y las primeras décadas del siglo XIX, se detectó una transformación profunda en los sistemas de trabajo y de la estructura de la sociedad. Los campesinos abandonaron los campos y se trasladaron a las ciudades, pasando del viejo mundo a la modernidad; del trabajo manual al de la máquina.

En el siglo XVIII, Inglaterra inició el periodo de su crecimiento industrial sobre las demás actividades económicas del país. Los pequeños talleres individuales fueron desapareciendo y se instalaron grandes fábricas en las cuales trabajaban centenares de obreros. Las industrias se instalaron principalmente en lugares cercanos a minas de hierro y de carbón, porque utilizaban máquinas movidas por el vapor que les permitían tener una mayor producción en menor número de horas y con limitada actividad humana.

En 1785 la fuerza expansiva del vapor de agua se utilizó para mover por primera vez, bombas en una mina de carbón; y en 1786, en Manchester, se aplicó para mover telares de hilar y de tejer. El invento del primer motor de vapor aplicable a la industria, ideado por *James Watt*¹⁶ en 1767, fue sucesivamente utilizado en máquinas que sustituyeron ventajosamente la fuerza muscular de los hombres y de los animales.

Las innovaciones introducidas a lo largo del siglo XVIII se realizaron en dos campos: la mejora de la combustión en el carbón y la mayor calidad del producto final en el hierro. En cuanto al primero, se desarrolló como combustible un tipo de carbón, el *coque* (especie de hulla refinada), capaz de producir elevadas temperaturas debido a la combustión avivada por la inyección de aire caliente. En cuanto al segundo, se ideó en 1784 la técnica del *pudelado*, consistente en batir la masa de metal incandescente obteniendo un hierro más maleable, y mediante un proceso de laminado, esta masa de hierro fundido se transformaba en barras al pasar por unos rodillos, facilitando su utilización industrial.

A finales del siglo XIX, apareció el motor de combustión interna que posteriormente combinaría la gasolina con otro medio de producción de energía muy difundido en ese entonces: la electricidad generada por fuerza hidráulica.

¹⁴ Historiador francés (1877 – 1956), considerado como el pionero en el estudio moderno de la Revolución Industrial británica.

¹⁵ Economista británico (1852 – 1883), quien enfocó sus estudios al desarrollo de un sistema para mejorar las condiciones de la clase trabajadora. Su libro, *The Industrial Revolution in England*, se publicó un año después de su muerte.

¹⁶ Inventor e ingeniero mecánico escocés (1736 – 1819), interesado en el trabajo de la máquina de vapor creada en 1712 por los socios Thomas Savery (mecánico inglés, 1650-1715) y Thomas Newcomen (inventor británico, 1663-1729); y a quien se le atribuyen aportaciones para la mejora en el aprovechamiento de este invento.

Este periodo, conocido como *la Segunda Revolución Industrial* (1850), representa el proceso del cambio constante y crecimiento continuo en el cual intervinieron varios factores que se combinaban y se potenciaban entre sí: los descubrimientos científicos, las aportaciones tecnológicas, los nuevos planteamientos teóricos sobre la economía (capitalismo y transformaciones sociales), la revolución de la agricultura y el crecimiento demográfico.

Podemos decir, teniendo en cuenta la definición de *Marc Baldó i Lacomba*¹⁷, que la *Revolución Industrial* fue un cambio cualitativo y universal, por el cual se transformaron las condiciones técnicas y sociales de la producción a través de la sustitución progresiva de las herramientas y de la fuerza manual por la máquina.

La revolución no fue un fenómeno que se produjera solo en las fábricas. La revolución nació de una multiplicidad de causas, algunas más desarrolladas que otras: la agricultura, los sistemas de comunicación, la población (en el sentido de crecimiento y distribución), el comercio, las finanzas, la estructura social y la educación.

Las nuevas máquinas podían producir grandes cantidades de objetos, y eran supervisadas por un corto número de empleados. Las ganancias obtenidas permitían a los *capitanes de industria*¹⁸ ampliar sus fábricas e incrementar sus riquezas en forma considerable. Surgieron entonces los grandes capitales y los grandes negocios bancarios que subsisten hasta la fecha.

1.2.2. Importancia del transporte durante la Revolución Industrial¹⁹

En 1825, la locomotora era utilizada para la extracción minera, la cual era capaz de desplazarse como fuerza de tracción para arrastrar vagones antes tirados por caballos. La idea de trasladarse así por vía terrestre supuso la aparición del ferrocarril moderno, como medio de transporte para mercancía y personas. Estos cambios acortaron el tiempo de los desplazamientos y permitieron articular el comercio interior. Además, el costo de un boleto de viaje para una persona que hiciera uso de este servicio se reduciría considerablemente.

La fuerza del vapor se empleó también en la marinería. El vapor aplicado sobre las ruedas traseras de un barco se desarrollaron para la navegación fluvial, mientras que para el tráfico marítimo se empleaban buques mixtos, dotados de dos grandes ruedas laterales movidas a vapor, conservando la estructura de mástiles y velas que les permitía también desplazarse impulsados por el viento.

La aparición del ferrocarril y del barco de vapor propició la demanda de hierro. La fabricación de vías, locomotoras, vagones y barcos impulsó a la industria siderúrgica. Además, la siderurgia y la aplicación del vapor a la industria, incrementaron las necesidades de carbón. Su explotación masiva abarató el precio, extendiéndose para el uso doméstico; su suministro se haría de forma regular y a bajo precio.

¹⁷ BALDÓ I Lacomba, Marc. *La Revolución Industrial*. Editorial Síntesis. Madrid, España; 1993.

¹⁸ Nombre dado a la gente con recursos económicos quienes invertían considerables sumas de dinero para crear fábricas o fomentar el comercio; a veces formaban sociedades que aportaban el capital necesario para la creación de nuevas empresas.

¹⁹ FERNÁNDEZ Madrid, Ma. Teresa. *Historia del Mundo Contemporáneo*. Adap. Gabriela Reding Borja. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México, 2000.

1.2.3. Alcances de la Revolución Industrial

La transformación del mundo con los avances tecnológicos y científicos fue de tal magnitud que inevitablemente surgieron situaciones sociales y económicas que debieron adaptarse a los cambios generados en el llamado mundo moderno.

Para el historiador francés *Claude Fohlen*, autor de *Qu'est-ce que la révolution industrielle? (¿Qué es la revolución industrial?)*, existen dos tipos de factores que propiciaron la revolución industrial: los endógenos y los exógenos²⁰.

Como factores endógenos, *Fohlen* considera a la técnica y a la tecnología, es decir, al invento y a la innovación. Afirma que sin progreso técnico no puede existir industria. Sin embargo, para que se produzca una revolución industrial, lo que importa no es el invento sino la innovación, es decir, su efectiva aplicación en el sector industrial; por ejemplo la transformación que se dio en la industria textil, cuando se pasó del hilado tradicional a mano al hecho con ayuda de una máquina de vapor, que además permitía hilar varios hilos a la vez en menor tiempo.

Los factores exógenos, según *Fohlen*, se refieren directamente a la evolución lograda por la revolución agrícola, textil y minera. Por ejemplo, lo que sucedió con el sector algodonero en Inglaterra en los años anteriores a la *Revolución Francesa*: se introdujeron máquinas automáticas movidas por la fuerza expansiva del vapor para la fabricación industrial, cuando el hilado de lana o algodón se había realizado hasta entonces con la rueca.

El siglo XVIII fue un periodo de gran prosperidad económica, basada en el comercio colonial, y en el incremento de la producción agrícola. Cabe mencionar que el comercio de la época permitía alcanzar considerables ganancias, sin embargo, estas no se invirtieron en la industria, aunque de alguna manera contribuían a su florecimiento. En el origen de muchas empresas industriales, se encontraba una aportación de capitales, individuales o familiares, descubriendo un nuevo sector social: el empresario.

Existe una distinción entre el capitalista y el empresario: una persona puede acaparar mucho capital, pero en lugar de invertirlo (empresario), lo atesora (simplemente capitalista). El crecimiento de la tecnología implica la existencia de un grupo social que está dispuesto a aceptar las innovaciones dándose cuenta de que es posible y útil realizar inversiones de capital.

La Revolución Industrial, a nivel económico y productivo²¹:

- Definió por primera vez el concepto de *industrialización*.
- Provocó que la mano de obra dedicada a la industria, superara a las actividades agrarias.
- Favoreció la elaboración de objetos en serie, incrementando los niveles de producción a ritmo constante.

²⁰ ALVEAR Acevedo, Carlos. *Historia Universal Contemporánea*. Editorial Limusa Noriega. México, 2000.

²¹ APENDINI Ida.; ZAVALA Silvio. *Historia Universal Moderna y Contemporánea*. Ed. Porrúa, S.A. de C.V. 33° edición. México, 1990.

- Profundizó la división del trabajo, haciéndolo más productivo: se desarrolló la mecanización y se aprovecharon nuevas formas de energía.
- Desarrolló nuevas relaciones laborales en las cuales se establecía una reciprocidad entre la producción y el salario recibido por quienes trabajaban en las fábricas.
- Generó un mercado más competitivo haciendo que los precios de los productos bajaran.
- Propició el surgimiento de los grandes capitales y las operaciones financieras.
- Estableció la diferencia entre mercados interiores y exteriores internacionalizando el sistema económico, bajo el esquema económico conocido como *capitalismo*.

A nivel social, la Revolución Industrial²²:

- Provocó la formación de dos clases sociales: la burguesía (compuesta por grandes comerciantes, dueños de fábricas y de todos los medios de producción) y los proletariados (es decir, los obreros encargados de la producción).
- Generó un movimiento social, opuesto al maquinismo, llamado *ludismo* o *luditta*²³ en el cual algunos obreros culparon a las máquinas de ser la causa de se desempleo generado en la época fomentando su destrucción.
- Impulsó que los proletariados formaran organizaciones llamadas *Trade Unions* (sindicatos creados para defender sus derechos como trabajadores), logrando que la jornada de trabajo diario se fuera reduciendo a ocho horas pagadas con un salario adecuado y que existiera derecho a huelga.
- Al finalizar el siglo XIX sólo una pequeña parte de del mundo quedaba indirectamente afectada por esta nueva forma de vida. En el resto del mundo los sistemas de producción y la organización social y política seguían siendo tradicionales, y solo los países industrializados han generado bienes y riquezas, buenos puestos de trabajo, más bienes y más riquezas.

1.2.4. Consecuencias de la industrialización

Durante el siglo pasado, se dieron cuatro momentos históricos que modificaron sustancialmente la evolución y crecimiento de la industria a nivel internacional: las dos guerras mundiales, la gran depresión²⁴ y la crisis económica de 1973 provocada por la elevación de los precios del petróleo²⁵.

²² Ibidem.

²³ Nombre asignado en referencia a quien se cree fue su dirigente, *Ned Ludd -Ned Ludlam-*, supuesto trabajador británico, impulsor de este movimiento en 1779.

²⁴ Crisis económica mundial conocida como la *Gran Depresión* de 1929, iniciada en los Estados Unidos de Norteamérica en octubre de ese año, y que se prolongó hasta 1934.

²⁵ La crisis del petróleo de 1973 comenzó a partir del 17 de octubre de ese año, a raíz de la decisión de la OPEP (Organización de los Países Exportadores de Petróleo que agrupaba a los países árabes, Egipto y Siria), anunciando que no exportarían más petróleo a las naciones que habían apoyado a Israel durante la guerra que enfrentaba con Siria y Egipto. Esta medida

Los periodos bélicos por una parte, mantuvieron el crecimiento de ciertos sectores productivos (metalurgia, textil, explosivos y conservas alimenticias), pero al estar estos enfocados a cubrir las necesidades de los países en guerra, dejaban desprotegidos otros grupos productivos provocando un retraso del crecimiento. Los primeros años de la *posguerra* son de estancamiento y retroceso, pero una vez iniciada la reconstrucción, se produce un periodo de fuerte expansión económica.

Con todo esto, se generó un nuevo proceso de industrialización, el cual inició en Estados Unidos; con él cambiaron los métodos de trabajo al incorporarse descubrimientos que dieron origen a nuevas técnicas de operación dentro de las industrias, incluyendo la producción en serie y la automatización.

La productividad de los nuevos sistemas permitía fabricar más bienes a precios reducidos, haciendo del consumo el motor de la economía industrial. La estructura del sistema productivo industrial se desarrolló completamente diferente, principalmente en los siguientes aspectos:

- a) Creció el auge de la de *mecanización*, teniendo un crecimiento a partir del planteamiento de la especialización del trabajo dentro de la fábrica.
- b) Se dio la *automatización*, provocando un considerable ahorro en la mano de obra y suponiendo también un elevado incremento en la productividad y rendimiento por unidad de trabajo o producción.
- c) Se creó un método de *capacitación* casi profesional de obreros, para volverlos técnicos con un alto índice de *especialización*.
- d) Se modificó la proporción entre la población industrial *indirecta* (administrativos y directores) y la *directamente* productiva (obreros y empleados).

En esta nueva época, los descubrimientos y la tecnología aplicada dieron origen a una evolución que fomentó el crecimiento industrial a nivel mundial. Entre ellos podemos mencionar los nuevos combustibles y energéticos, los transportes modernos y el desarrollo en las comunicaciones²⁶. Todos fueron consecuencia unos de otros, pues el petróleo y la electricidad desarrollaron nuevos sistemas de transporte renovando los antiguos, siendo esto el resultado industrial más inmediato.

1.2.4.1. Los nuevos combustibles y energéticos

a) *La electricidad*

La electricidad comenzó a competir con el vapor, toda vez que sus costos de producción superaban por mucho a este último; y su descubrimiento afectó la producción industrial. A finales del siglo XIX, su principal innovación fue el descubrimiento de los procedimientos para generarla y transmitirla. En esa época se inventó la dinamo, aparato que permitió

incluía a Estados Unidos y a sus aliados de Europa Occidental. Los miembros de la OPEP también acordaron utilizar su influencia sobre el mecanismo que fijaba el precio mundial del petróleo para cuadruplicar su precio. El aumento del precio, unido a la gran dependencia que tenía el mundo industrializado, provocó un fuerte efecto inflacionista y una reducción de la actividad económica de los países afectados.

²⁶ BALDÓ I Lacomba, Marc. *Op. Cit.*

transformar el movimiento mecánico en corriente eléctrica, la cual era almacenada en un acumulador y enviada a los nuevos motores eléctricos donde la energía se transformaba en movimiento nuevamente; así surge en 1879 el tranvía eléctrico y en 1895 la locomotora eléctrica. El uso de la electricidad, además de revolucionar los medios de transporte, en la comunicación también comenzó a tener auge con la invención del telégrafo, el radio y del teléfono. El modo de vida de aquella época también se vio modificado gracias a la invención de la lámpara incandescente en 1879 por *Thomas Alva Edison* (científico norteamericano, 1847-1931), desplazando a las demás fuentes de luz.

b) Los hidrocarburos

El petróleo y el gas natural son parte de los cambios industriales del siglo XX, convirtiéndose en fuente de energía y materia prima de donde se obtenían nuevos productos. Conocido con el nombre de aceite de la India o aceite de Séneca, el petróleo se vendía en Estados Unidos por sus propiedades medicinales. Era muy escaso hasta que, en 1859, *Edwin Laurentine Drake* (1819-1880) perforó el primer pozo cerca de Titusville en Pennsylvania, Estados Unidos, solucionando el problema del abastecimiento.

Un cambio revolucionario importante fue la utilización de los derivados del petróleo; se obtuvieron una amplia gama de productos como el asfalto, la parafina y el gas butano, permitiendo la aparición de nuevas industrias como la de los plásticos o las fibras textiles.

En 1876, *Nikolaus August Otto* (ingeniero alemán, 1832-1891) inventó el primer motor de combustión interna, punto de partida de la era motorizada. Siguiendo con estas invenciones, *Rudolf Christian Karl Diesel* (ingeniero francés, 1858-1913) creó el motor para petróleo de alto rendimiento, utilizado en las locomotoras y en el transporte marítimo. Años después se sustituyó el gas natural por la gasolina y en 1882, *Gottlieb Wilhelm Däumler* (ingeniero alemán, 1834-1900) y *Karl Friedrich Benz* (ingeniero alemán, 1844-1929) equiparon los motores de combustión interna con una chispa eléctrica que encendía el combustible, dando origen al automóvil de nuestros días.

1.2.4.2. Los nuevos medios de transporte

a) Ferrocarriles

A partir de 1860 se ve un auge en la construcción de los ferrocarriles. Los nuevos avances, como el freno automático, la instalación de coches dormitorios y comedores, y la señalización automática, contribuyeron a que el ferrocarril llegara a ser el primer y más importante medio de transporte. Con anterioridad a 1860, las locomotoras no registraban grandes velocidades, por lo que el recorrido de largas distancias se volvía una actividad tediosa. Se sustituyeron entonces las locomotoras de vapor por otras que utilizan hidrocarburos, logrando que la velocidad de las locomotoras *Diesel*, llegara a más de 100 kilómetros por hora.

b) El automóvil

El gran impulso que tuvo desde su creación, obedece a la utilización del motor de explosión, al uso de la gasolina como combustible y al carácter de transporte privado en

sustitución del coche de caballos. En este rubro cabe destacar a *Henry Ford*²⁷, impulsor de la fabricación masiva del auto y quien se propuso ponerlo al alcance de personas de más bajos recursos económicos; pues anteriormente este medio de transporte era considerado solamente como un artículo de lujo.

La formación de una industria automotriz especializada y que fabricaba los vehículos en serie, permitió, una producción barata, lanzándolo al mercado con éxito comercial. Su producción además, provocó un efecto benefactor sobre otras ramas industriales como la del caucho, el vidrio, materiales eléctricos, textiles y siderúrgicos.

c) El avión

La idea de que el hombre pudiera volar se concretó en 1890. En esa época, *Otto Lillenthal* (ingeniero industrial alemán, 1848-1896) y *Samuel Pierpont Langley* (astrónomo y físico norteamericano, 1834-1906), entre otros investigadores, comenzaron a hacer sus primeros estudios y experimentos relacionados con el vuelo de máquinas pesadas. La obra de *Langley* (*Experiments in Aerodynamics*, publicada en 1891), fue perfeccionada por dos hermanos norteamericanos, fundadores de una fábrica de bicicletas: *Wilbur Wright* (1867-1912) y *Orville Wright* (1871-1948), quienes en 1903 realizaron el primer vuelo en un avión impulsado por un motor.

Alberto Santos Dumont (aviador e inventor de nacionalidad brasileña, 1873-1932), es considerado el pionero en la construcción y vuelo de naves aéreas con motor de gasolina por haber volado un circuito completo preestablecido. Esta industria tuvo su auge a partir de la década de los veinte, aunque su consagración se dio a partir de la Segunda Guerra Mundial.

d) La construcción naval

Se da una renovación total de esta industria a partir de la incorporación de la turbina, de los nuevos combustibles y del perfeccionamiento de los cascos, permitiendo con todo ello la construcción de buques de mayor tamaño y rapidez.

La internacionalización del comercio, la apertura de los canales de Suez y Panamá, y el crecimiento de las mercancías ayudaron al crecimiento y desarrollo de esta rama industrial; además, la especialización del tipo de barcos ayudó a la ampliación de las rutas y flotas mercantiles.

²⁷ Industrial estadounidense (1863-1947), fundador de la compañía *Ford Motor Company* y creador de las cadenas de producción modernas utilizadas para la producción en masa. A él se le atribuye el *Fordismo*, sistema que se desarrolló a fines de la década de los 30 y principios de los 70, caracterizado por la fabricación de un gran número de automóviles de bajo costo mediante la producción en cadena. En 1913, *Ford* introdujo en sus plantas las cintas de ensamblaje móviles, que permitían un incremento enorme de la producción, mediante la instalación de una cadena de montaje a base de correas de transmisión y guías de deslizamiento que iban desplazando automáticamente el chasis del automóvil hasta los puestos en donde sucesivos grupos de operarios realizaban en él las tareas encomendadas, hasta que el coche estuviera completamente terminado. El sistema de piezas intercambiables, iniciado desde mucho antes en fábricas estadounidenses de armas y relojes, abarataba la producción y las reparaciones, por la vía de la estandarización del producto. Ford también se caracterizó por buscar la mejora en el nivel de vida de sus trabajadores así como reducir su rotación en las plantas, manteniendo su eficiencia mediante la contratación selectiva de los mejores trabajadores.

1.2.4.3. Los medios de comunicación y otros inventos

a) Comunicaciones

Entre las creaciones que se destacan de la segunda Revolución Industrial encontramos el teléfono, aparato ideado por *Alexander Graham Bell* (científico e inventor escocés, 1847-1922). Otro de los medios que significó un notable desarrollo en las comunicaciones fue la telegrafía sin hilos, inventada por *Guillermo Marconi* (inventor italiano, 1874-1937) a partir de los experimentos de *Heinrich Rudolf Hertz* (físico alemán, 1857-1894), los cuales estaban relacionados con la transmisión de ondas electromagnéticas a través del aire. El telégrafo, a su vez, facilitó el paso hacia la radiotelefonía y de la televisión; siendo esta última inventada en 1926 por el físico británico *John Logie Baird* (1888-1946).

b) Otros inventos de la época

- La fotografía, creada en 1833 por el inventor y artista francés *Louis Jacques Mandé Daguerre* (1787-1851).
- En 1845, se crea la máquina de coser atribuida al mecánico e inventor estadounidense *Elías Howe* (1819-1867).
- El fonógrafo, en 1878; otra de invenciones registradas durante esos años por *Tomás Alva Edison*.
- La aparición del cinematógrafo en 1895, inventado por los hermanos *Auguste Lumiere* (1862-1954) y *Louis Lumiere* (1864-1948), quienes patentaron un aparato para obtener y ver pruebas cronofotográficas, basándose en el kinetoscopio de Edison.
- En 1856, *William Henry Perkin* (químico británico, 1838-1907) fabricó la primer anilina (colorante artificial), marcando el comienzo de la era de la química sintética. De los componentes de esta tintura se derivan la aspirina (analgésico antiinflamatorio), sacarina (endulcorante químico) y el ácido fénico (antiséptico también conocido como ácido carbólico).
- La refrigeración, obra del ingeniero francés *Charles Albert Tellier* (1828-1913), quien en 1876 construyó una máquina que producía frío mediante la compresión de aire y gas. Este fue el origen de la cámara frigorífica, la cual hasta el siglo XX comenzó a fabricarse también para el uso doméstico.

1.2.5. Herencia de la Revolución Industrial

Todo el avance tecnológico que se registró durante este periodo, provocó una serie de cambios en la industria dando como consecuencia el trabajo especializado. La maquinaria automática estimuló la producción en serie, y el manejo por volumen de procesos industrializados se multiplicaron con el uso de la banda transportadora.

La producción en serie hizo posible que se fabricara un número indefinido de ejemplares de un mismo artículo en forma interrumpida; la producción se reguló de acuerdo a la capacidad que la máquina tenía para producir de manera automática, y no con la demanda del producto en sí. A la

vez, la fabricación en masa exigió de los obreros un trabajo especializado, en el cual el individuo se dedicara todo el día a una tarea simple, automática y monótona, convirtiéndolo en una extensión de la maquinaria²⁸.



Figura 4. Industria del papel, un ejemplo de producción mediante el uso de la máquina sin personal que supervise el trabajo efectuado.

La invención de estas complicadas maquinarias, no sólo trajo cambios en los métodos de producción, sino que hizo que los investigadores y los laboratorios de las grandes universidades prestaran su colaboración a la industria.

Los más importantes descubrimientos salieron de los centros científicos y se pusieron a disposición de la industria.

Desde el punto de vista industrial, este movimiento fomentó:

- La proliferación de las macro y micro invenciones.
- La transformación en los procesos de producción y distribución del producto.
- La difusión de la tecnología y su innovación por sectores geográficos, adaptadas y reproducibles de acuerdo a las necesidades de cada región.
- La institucionalización (origen de los corporativos) y el derecho de patente.

²⁸ MOUSMIER, Roland; LABROUSSE, Ernest. *El siglo XVIII: Revolución intelectual, técnica y política (1715-1815)*. Vers. Esp. David Romano y Juan Rogla. Editorial Destino. Barcelona, España; 1981.

Desde el punto de vista metodológico, este movimiento fomentó:

- La difusión y creación de sistemas tecnológicos, integrando conocimientos generados por varios campos del conocimiento.
- Interconexión e interrelación de las aplicaciones logradas con la mezcla de conocimientos.
- Procedimientos de investigación específicos tanto para definir y plantear problemas (casos de estudio), como para abordar sus posibles soluciones.
- Difusión y reproducción adaptable del conocimiento generado.

Estas reformas ocurridas a lo largo de la historia a partir de la adopción del pensamiento industrial como eje y motor de la vida productiva, motivó el planteamiento de interrogantes importantes:

¿Cómo organizar esos cambios? ¿Cómo establecer la relación que existen entre cada una de las variables que participan del proceso industrializado? ¿Cómo controlar y evaluar esas variables? ¿Cómo formular planes cuya base emergieran del pensamiento industrial? ¿Cómo llevarlos a la práctica? ¿Cómo prever los posibles cambios que un mismo proceso puede llegar a sufrir a través de su propia evolución? ¿Cómo optimizar los recursos que participan en este cambio?

Para constituir una estructura organizacional que permitiera instaurar un orden y una relación entre cada una de las variables que participan de esta evolución industrializada, fue necesario hacer uso del proceso administrativo, el cual mediante fases lógicas y consecutivas posibilitaba el establecimiento de alineaciones específicas que ayudaban a gestionar, de manera óptima, cada uno de los recursos involucrados en el desarrollo de las actividades industriales.

1.3. El proceso administrativo científico y sistémico

La inquietud del ser humano por organizar su trabajo y modo de vida, siempre ha estado presente en cualquier actividad que emprende. El objetivo, aunque de diferentes magnitudes, siempre ha sido el mismo y va encaminado a lograr mejores cosas, optimizando todos los recursos con los que cuenta, y su complejidad depende del número de miembros del grupo social y la extensión de sus objetivos.

La administración es una necesidad paralela a cualquier grupo humano. El término probablemente empezó a utilizarse a principios del siglo XX, para definir las peculiaridades de disposición de actividades entre mandos y subordinados dentro de un sector poblacional determinado.

1.3.1. ¿Qué es la administración?

De acuerdo al diccionario, la palabra *administración* se forma del prefijo *ad* (hacia) y de *ministratio*. Esta última viene a su vez de *minister*, vocablo compuesto de *minus* (inferioridad), y del sufijo *ter* (término de comparación); por lo que puede traducirse como subordinación: el que realiza una función bajo el mando de otro; quien presta un servicio a otro.

La etimología²⁹ nos da la idea que la administración se refiere a una función que se desarrolla bajo el mando de otro, sobre un servicio que se presta.

De acuerdo a diversos autores³⁰, la administración puede definirse de varias formas:

- Es la capacidad de coordinar hábilmente muchas energías sociales, con frecuencia conflictivas, en un solo organismo, para que ellas puedan operar como una sola entidad (*Brook Adams*).
- Es la dirección de un organismo social, y su efectividad en alcanzar sus objetivos, fundada en la habilidad de conducir a sus integrantes (*Harold Koontz & Cyril O'Donnell*).
- La administración consiste en lograr un objetivo predeterminado, mediante el esfuerzo ajeno (*G. P. Ferry*).
- Administrar es prever, organizar, mandar, coordinar y controlar (*Henry Fayol*).
- Es un proceso social que lleva consigo la responsabilidad de planear y regular en forma eficiente las operaciones de una empresa, para lograr un propósito dado (*E. F. L. Brench*)

Con base en los anteriores conceptos, y aprovechando su fondo común se propone definir la administración como *el proceso sistémico que previene, plantea, organiza, integra, coordina y controla todos los recursos, principios y técnicas utilizadas por una actividad determinada, a través de un ordenamiento jerárquico, lógico y cronológico de las acciones individuales, encauzadas al logro eficiente de una meta colectiva*.

Una eficiente aplicación de esta disciplina puede verse reflejada en la productividad y eficiencia de la institución o empresa que la requiera; es decir, puede presentarse donde exista un organismo social el cual, para su éxito, dependa de la administración; pues sólo a través de ella podrá hacerse un buen uso de sus recursos materiales, humanos, técnicos y económicos. De acuerdo a la complejidad de este organismo, la aplicación de modelos administrativos se volverá cada vez más necesaria.

Mejorar la calidad de la administración ayuda a coordinar todos los elementos que intervienen en ella para poder crear las bases esenciales del desarrollo como son la capitalización, la calificación de sus trabajadores y empleados, y la mejora sustancial de la elevación en la productividad.

1.3.2. Antecedentes del estudio de la administración

Haciendo un breve recuento histórico, encontramos a *Walter of Henley* (escritor inglés del siglo XIII), quien en el año 1280 escribió una especie de manual para administrar granjas: *Le Dite de Hosenbondrie*; en el cual habla de la selección o adiestramiento de los trabajadores y de la

²⁹ La definición etimológica es la forma más usual de la enunciación nominal, es la explicación del origen de la palabra con que se designa aquello que se estudia. De esa manera suele encontrarse el verdadero significado de esa palabra y del concepto que esa misma palabra expresa.

³⁰ REYES Ponce, Agustín. *Administración moderna*. Ed. Limusa. México, 1992.

vigilancia que debía observarseles, así como de la garantía de obtener un rendimiento mínimo³¹ utilizando los recursos apropiados.

En el siglo XV, *Leonardo da Vinci* (artista italiano, 1452-1519) escribió un testimonio sobre la medición del trabajo basándose en el estudio de la descomposición de la actividad principal, en partes subalternas.

Hacia 1760, *Jean-Rodolphe Perronet* (ingeniero francés, 1708-1794) trabajó sobre un documento, *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* (*Enciclopedia, o diccionario razonado de ciencias, artes y oficios*), en el que por primera vez aparece descrito un ciclo completo de producción, basado en la fabricación de alfileres.

En 1832 *Charles Babbage* (matemático y científico inglés, 1791-1871), considerado como uno de los precursores de la computación moderna, dividió el trabajo en fases incluyendo por vez primera el concepto de bonificación hacia los trabajadores. Demostró que un trabajador incentivado aumentaba su rendimiento en una tercera parte. También se utilizan por vez primera aparatos para medir el tiempo, con lo cual se realizaban mediciones sobre los rendimientos de un trabajador.

Propiamente con los estudios de *Frederick Winslow Taylor* (ingeniero mecánico y economista estadounidense, 1856-1915), inició el análisis metódico de la administración y sus aplicaciones en el campo de la industria, buscando con ello una renovación que permitiera ordenar la empresa de acuerdo con lineamientos basados en la eficiencia del trabajo y en la eficacia de los métodos utilizados, es decir, en el rendimiento y los tiempos, la planeación casi científica del trabajo, la especialización de actividades, la tecnificación en los procesos, la motivación entre participantes y el control sobre los resultados. En 1922, *Henri Fayol* (ingeniero de minas francés, 1841-1925) también aplicó esas nuevas técnicas buscando perfeccionar los métodos de administración industrial.

Frank Bunker Gilbreth (ingeniero estadounidense, 1868-1924) y su esposa *Lillian Moller Gilbreth* (ingeniero y psicóloga industrial estadounidense, 1878-1972), ambos contemporáneos a Taylor, aportaron estudios relacionados sobre la afectación psicológica en la administración y organización del trabajo, los cuales plasmaron su texto *The Psychology of Management* (*La Psicología de la Administración*). Estos estudios los llevaron a cabo, mediante el análisis de los movimientos que un trabajador realizaba para desarrollar una tarea específica en un lapso de tiempo, detectando así aquellas que no aportaban ningún beneficio al trabajo en conjunto.

Aunque posteriormente se profundizará en las teorías propuestas por los autores mencionados en los dos párrafos anteriores, conviene enunciar algunos principios básicos de la administración arrojados por las investigaciones ya citadas, cuyos contenidos pueden resumirse en los puntos siguientes:

1. Estudio y análisis del tiempo para calcular el rendimiento de cada actividad.
2. Definición de métodos de trabajo, los cuales se adecuarán según las necesidades específicas.
3. Determinación de normas de control para supervisar los resultados obtenidos por cada acción.

³¹ Medición de eficiencia que relaciona lo que tarda una actividad en ser desarrollada por completo durante un lapso de tiempo determinado.

4. División del trabajo, clasificación y especialización, garantizando que cada persona se dedique a realizar actividades que vayan de acuerdo a su capacidad y experiencia.
5. Estimulación del trabajador mediante bonificaciones o incentivos.

1.3.3. Administración científica

Bajo el esquema de la administración científica, los administradores asumen la obligación de recopilar los métodos de trabajo tradicionales empleados por los obreros; clasificarlos, tabularlos y de ellos deducir reglas, leyes y fórmulas que guiarán en lo sucesivo a los trabajadores en sus tareas diarias. Por este camino comienza el desarrollo de la administración entendida como una ciencia.

La administración científica es en realidad la base para la coordinación y organización industrial, dentro de la planeación por procesos. Se basa en cuatro principios fundamentales:

- I. Desarrollar para cada elemento del trabajo del obrero, una ciencia que reemplace los antiguos métodos empíricos.
- II. Seleccionar científicamente y luego instruir al obrero. En el pasado este elegía su oficio y se instruía a sí mismo de la mejor manera, de acuerdo a sus posibilidades.
- III. Cooperar cordialmente con los obreros para que todo el trabajo sea hecho de acuerdo con los principios científicos que se aplican.
- IV. Distribuir equitativamente el trabajo y la responsabilidad entre la administración y los obreros. La administración debe asumir todo trabajo que exceda la capacidad de los obreros, mientras que en el pasado casi todo el trabajo y la mayor parte de la responsabilidad se confiaban a estos.

1.3.4. Proceso administrativo sistémico

Si bien el presente trabajo no tiene por objeto realizar un profundo estudio de la administración científica, es importante analizar y exponer los elementos que la conforman, pues aquí se encuentran parte de los argumentos que permitirán sentar las bases de un modelo de planeación estratégica e industrializada.

El proceso administrativo³², como su nombre lo indica, está conformado por una serie de etapas dispuestas en un orden lógico y evolutivo, cuya aplicación permitirá gestionar controladamente cualquier actividad productiva que se pretenda llevar a cabo. En la práctica real, estas etapas están entrelazadas e interrelacionadas, por ello algunos autores lo consideran un sistema; el desempeño de una etapa no cesa por completo antes que se inicie la siguiente. Cada función fundamental de la administración, afecta a las otras y todas están relacionadas para conformar el proceso administrativo. Por lo general no se ejecuta en una secuencia en particular, sino como parezca exigirlo la situación; la secuencia deber ser adecuada al objetivo específico.

³² OLMEDO C., Horacio. *Aplicación del proceso administrativo sistémico a la formulación y desarrollo de proyectos inmobiliarios*. Facultad de Arquitectura, Tesis de Maestría. UNAM, 2000.

Para efectos de una rápida comprensión del tema, se mencionarán a continuación las etapas que integran al proceso administrativo, de acuerdo al criterio de diversos autores³³:

- Previsión, organización, dirección, coordinación y control (*Henri Fayol*).
- Planeación, organización, integración, dirección y control (*Koontz & O'Donnell*).
- Planeación, organización, ejecución y control (*G. R. Terry*).
- Previsión, planeación, organización, integración, dirección y control (*Agustín Reyes Ponce*).
- Planeación, organización, dirección y control (*Burt K. Scanlan*).

De acuerdo a las anteriores propuestas sobre los elementos que conforman al proceso administrativo, podemos incluir una nueva integrando siete etapas básicas para su estudio, agrupadas en dos ciclos:

Fase mecánica; compuesta por las etapas que buscan respuesta a cuestionamientos como ¿qué se va a hacer? y ¿cómo se va a realizar? Es, por decirlo de un modo, el trabajo de escritorio conformado por la *previsión* (medida de preparación), la *planeación* (propuesta para llevarse a cabo) y la *organización* (activación del proceso).

Fase dinámica; cuya implantación nos permite analizar con mayor claridad el momento de la ejecución del trabajo teniendo la pauta necesaria para poder evaluar los resultados de tales acciones. Sus etapas serían la *integración* (unificadora de la organización), la *dirección* (guía y supervisión), la *ejecución* (materialización de los planes) y el *control* (evaluación, apoyo preventivo y corrección).

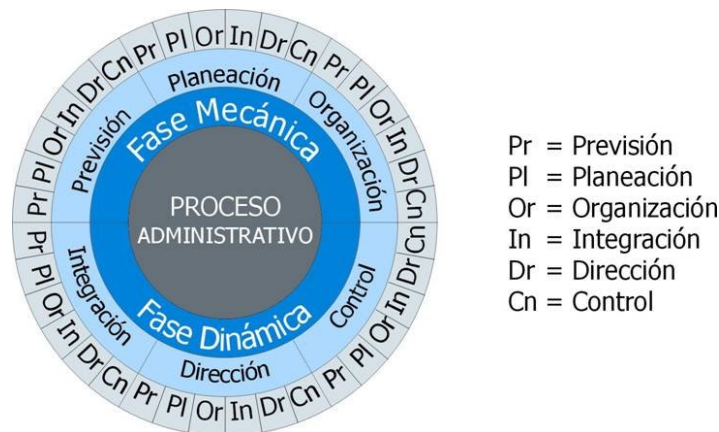


Figura 5. Diagrama del Proceso Administrativo, dividido en fases y etapas. En él se muestra la propiedad recursiva del proceso, pues cada etapa contiene en sí misma a todas las demás que conforman el ciclo. La ejecución está representada por todo el círculo.

³³ FERNÁNDEZ Arena, José Antonio. *El proceso administrativo*. Editorial Diana. México, 1991. Pag. 75.

De las etapas mencionadas, a continuación se profundizará particularmente en cuatro de ellas: planeación, organización, dirección y control. Las otras tres quedarán fuera del presente análisis, pues se considera que si el trabajo comienza a ponerse en marcha, se da por entendido que en la etapa de previsión se determinó que la actividad productiva (o constructiva, en nuestro caso), puede llevarse a cabo, de lo contrario, aquí se detendría todo el proceso. La integración es cumplimiento de la organización; no tiene sentido establecer recursos, si después no se va a disponer de ellos. Y la ejecución es la forma de materializar los planes y programas hechos; no tendría caso alguno planear y organizar si el objetivo primordial no pretende concluir con todo el proceso.

a) Planeación³⁴

Aclara, amplifica y determina los objetivos que se persiguen, estableciendo las condiciones y suposiciones bajo las cuales se realizará la actividad. Selecciona y declara las tareas que permitirán cumplir las metas, pronosticando los escenarios y problemas futuros sobre los cuales se habrá de trabajar, estableciendo un plan general de logros, políticas y métodos de desempeño. Es el inicio en la toma de decisiones, entendida como puente entre el presente y un futuro deseado, definiendo los medios y recursos a utilizar con una visión prospectiva, y en base a ella se da la elección del curso de acción. Cualquier entidad puede mejorar la planeación establecida o hacerla básica y aplicable a una mayor extensión de la empresa.

Elementos de la planeación:

1. *Propósitos.* Son las aspiraciones fundamentales o finalidades de tipo cualitativo que persigue la empresa en forma permanente o temporal.
2. *Investigación.* Consiste en la delimitación de todos los factores que influyen en el logro de los propósitos, así como de los medios óptimos para conseguirlos.
3. *Objetivos.* Representan los resultados que la empresa desea obtener; son fines a alcanzar, establecidos cuantitativamente y determinados para realizarse transcurrido un tiempo específico.
4. *Estrategias.* Son los cursos de acción general o alternativas que muestran el sentido y el empleo de los recursos y esfuerzos, con el fin de lograr los objetivos en las condiciones más ventajosas.
5. *Políticas.* Son las guías para orientar la acción; son criterios, lineamientos generales a observar en la toma de decisiones, sobre problemas que se repiten dentro de una agrupación.
6. *Programas.* Son esquemas en donde se establece la secuencia de actividades que habrán de realizarse para lograr objetivos, y el tiempo requerido para efectuar cada una de sus partes y todos aquellos eventos involucrados en su consecución.

³⁴ Ibidem.

7. *Presupuestos.* Son los planes de todas o algunas de las fases de la actividad, expresados en términos económicos.
8. *Procedimientos.* En conjunto con las *políticas*, establecen el modo, orden cronológico y la secuencia de actividades que deben seguirse en la realización de un trabajo repetitivo.

b) Organización³⁵

Nace de la necesidad humana de cooperar. Los hombres se han visto obligados a colaborar para lograr sus fines personales, a razón de sus limitaciones físicas, biológicas, psicológicas y sociales. Las personas que buscan cooperar entre sí, trabajarán mas efectivamente si todos conocen el papel que deben cumplir y la forma en que sus funciones se relacionan unas con otras.

Así, una estructura de organización debe estar diseñada de manera que sea perfectamente claro para todos quién debe realizar determinada tarea y quién es responsable por determinados resultados; en esta forma se eliminan las dificultades que ocasiona la imprecisión en la asignación de responsabilidades y se logra un sistema de comunicación y de toma de decisiones que refleja y promueve los objetivos de la empresa.

La organización permite subdividir el trabajo en unidades operativas (departamentales), agrupando las obligaciones de cada elemento en puestos o unidades manejables y relacionadas, acordando la línea de autoridad adecuada para cada miembro de la administración.

Elementos de la organización:

1. *División del trabajo.* Es una secuencia que abarca dos etapas básicas: la jerarquización y la departamentalización. La primera dispone de las funciones del grupo por orden de rango, grado o importancia. La segunda, también llamada especialización, divide y agrupa todas las funciones y actividades, en unidades específicas, con base en su similitud.
2. *Coordinación.* Es la sincronización de los recursos y los esfuerzos de un grupo social, con el fin de lograr oportunidad, unidad, armonía y rapidez, en desarrollo de los objetivos.

c) Dirección³⁶

Comprende la influencia un líder o supervisor en la realización de los planes, obteniendo una respuesta positiva de sus subordinados mediante la comunicación y la motivación.

³⁵ FERNÁNDEZ Arena, José Antonio. *Op. Cit.*

³⁶ JIMÉNEZ Castro, Wilburg. *Introducción al estudio de la teoría administrativa.* Editorial Limusa. México, 1987.

La función directiva es en sí, compleja. El director trata con personas en una base que no es completamente objetiva; él mismo es una persona y por lo general, se involucra directamente con el problema.

Como factor productivo, el personal a su cargo no solamente está interesado en los objetivos de la empresa, sino que también persigue sus propias metas individuales. Para poder encaminar el esfuerzo humano hacia los objetivos de la empresa, el director debe pensar en términos de los resultados relacionados con la orientación, la comunicación, la motivación y la dirección.

La dirección se encarga de poner en práctica la filosofía de la participación por todos los recursos afectados en la toma de decisiones. Es necesario establecer un vínculo de motivación entre las personas con el fin de empujarlas al desarrollo de actividades productivas en beneficio de la comunidad.

Elementos de la dirección:

1. *Toma de decisiones.* Elección de un curso de acción o alternativa. Antes de tomar decisiones es necesario evaluar las alternativas, definir y analizar el problema, para posteriormente aplicar la alternativa que mejor se sugiera.
2. *Integración de personal.* Proceso que inicia con la obtención de los candidatos y el reclutamiento de quienes aspiran a un puesto determinado; seguido de una capacitación en el desarrollo de las funciones que habrán de realizar.
3. *Motivación.* A través de ella se logra la ejecución del trabajo, de acuerdo a normas o patrones de conducta esperados.
4. *Comunicación.* Involucra a los individuos mediante un código dialéctico, el cual incluye el buen uso que a la información se le da.
5. *Supervisión.* Vigila y guía a los subordinados buscando que las actividades se realicen adecuadamente.

d) Control³⁷

Es el proceso de valorar lo que se está llevando a cabo, a fin de establecer las medidas preventivas y correctivas necesarias, evitando desviaciones en la ejecución de los planes. Puesto que implica la existencia previa de metas y planes, ninguna entidad de control puede actuar sin ellos; no puede medir si sus subordinados están operando en la forma deseada a menos que tenga un plan, dentro de un marco temporal. Generalmente, mientras más claros, completos, y coordinados sean los planes, y más largo el periodo que ellos comprenden, más completo podrá ser el control.

Es válido estudiar los planes pasados para ver dónde, cómo y por qué erraron, y de ese modo tomar las medidas necesarias para evitar que vuelvan a ocurrir las fallas. Sin embargo, una mejor planeación previene que sucedan las desviaciones, anticipándose a

³⁷ KOONTZ, Harold; O'DONNELL, Cyril; WEIHRICH, Heinz. *Elementos de administración.* Trad. A. Díaz Mata y S. Del Coral. Editorial McGraw-Hill. México, 1991.

ellas. Con frecuencia el análisis que se lleva a cabo ayuda en gran medida a tomar una decisión que ayude a llevar un control más preciso de la acción.

El control compara los resultados obtenidos con respecto a los planes generados en el inicio, y los evalúa contra estándares preestablecidos de desempeño. Ayuda a idear los medios efectivos para medir las operaciones, sugiriendo acciones preventivas y correctivas que deban tomarse en determinado momento. Sus resultados se basan en la información detallada que logra obtener a partir de la comparación de sus análisis y los da a conocer mediante herramientas gráficas y estadísticas.

Elementos del control:

1. *Estandarización.* Es la aplicación de una unidad de medida que servirá como modelo, guía o patrón en base en lo cual se efectuará el control.
2. *Medición de resultados.* La acción de medir la ejecución y los resultados puede de algún modo modificar la misma unidad de medida.
3. *Corrección.* La utilidad concreta y tangible del control está en la acción correctiva para integrar las desviaciones en relación con los estándares.
4. *Retroalimentación.* Valora si el establecimiento de las acciones correctivas tuvieron éxito, y permiten de alguna manera evitar caer en los errores detectados, facilitando además el mantenimiento de una relación más estrecha entre la planeación (lo que se pensó hacer) y la ejecución (lo que se está haciendo), es decir, en cómo se está haciendo.

1.4. Pensamiento administrativo industrial

En la historia de la administración han existido diferentes corrientes o enfoques, permitiendo conocer varias concepciones sobre la forma más acertada en el proceso ordenador de una organización o empresa.

La historia de estas tendencias administrativas probablemente se remonte al imperio chino (500 años AC), siendo Confucio quien sentara las bases de la administración oriental. Después vinieron los egipcios con un sistema administrativo organizado en agricultura, pastoreo y comercio. Más tarde los romanos desarrollaron un sistema basado en la agricultura, la minería, el comercio y la guerra; el espíritu de orden administrativo que tuvo el imperio romano logró, a la par de las guerras y conquistas, la organización de sus instituciones. Estas primeras experiencias de sistemas administrativos, constituyen lo que podría ser el origen del pensamiento administrativo.

En la edad media europea se desarrolló un sistema político único: el *feudalismo*. El señor feudal vivía en su castillo, administraba la justicia, dirigía la policía, recaudaba los impuestos y acuñaba la moneda. Este es, en cierta manera, el primer esbozo de la descentralización pues aunque existían las monarquías que gobernaban los territorios, eran los señores feudales quienes constituían pequeños *estados* que mantenían los imperios. En esta época se consolidó la Iglesia Católica, siendo de interés para las disciplinas administrativas el estudio de su organización, pues permitió conocer la importancia del adoctrinamiento en la administración para conseguir el logro de un objetivo.

Después de la organización feudalista vino el período de las revoluciones, entre ellas, la Revolución Industrial, dando inicio a lo que posteriormente se conocería como la administración moderna. A partir del siglo XIX se fundaron varias escuelas. *Frederick Winslow Taylor*³⁸ y *Henri Fayol*³⁹ son considerados los pioneros del pensamiento administrativo moderno, creadores del estudio de la administración científica y precursores de la organización del trabajo.

La propuesta de *Taylor* tiene tres principios fundamentales:

1. Estudio científico del trabajo a partir de su organización y programación; así como la distribución equitativa de las actividades que forman parte del proceso.
2. Selección técnica e instrucción del trabajador (selección y desarrollo científico del obrero).
3. Control del trabajo por parte de los administradores y ejecutado por el obrero.

Fayol también promulgó tres reglas claves:

1. Agrupación del conjunto de actividades que realiza la organización.
2. Definición de las funciones que debe desarrollar un administrador.
3. Formulación de criterios que deben orientar la actividad administrativa (Principios generales de la administración).

La principal contribución de ellos, fue demostrar que la administración científica no es un solamente un grupo de técnicas en busca de la eficiencia a través de incentivos; sino más bien como toda una filosofía en virtud de la cual la gerencia reconoce que su objetivo es buscar científicamente los mejores métodos de trabajo.

Después de ellos aparecieron *Frank Bunker Gilbreth*⁴⁰ y *Henry Laurence Gantt*⁴¹, siendo este último el precursor del control y planeación en el tiempo de las operaciones productivas mediante el uso de técnicas gráficas, otorgando herramientas precisas que ayudan a la toma de decisiones.

Después de las aportaciones de *Taylor* y *Fayol*, *Maximilian (Max) Weber*⁴² promulgó a la burocracia como el método más efectivo para administrar las organizaciones. La burocracia es, según él, un

³⁸ Ingeniero mecánico y economista estadounidense (20 de marzo de 1856 – 21 de marzo de 1915), promotor de la organización científica del trabajo. En 1878 efectuó sus primeras observaciones sobre la industria del trabajo, en el área del acero.

³⁹ Ingeniero de minas francés (Constantinopla 1841 – París 1925), considerado fundador de la escuela clásica de administración de empresas y fue el primero en sistematizar el comportamiento gerencial.

⁴⁰ Ingeniero estadounidense (Fairfield, Maine; julio 7, 1868 – Montclair, New Jersey; junio 14, 1924), colaborador de *Taylor*. Sus principios buscaban simplificar actividades para disminuir el tiempo de ejecución y la fatiga.

⁴¹ Ingeniero mecánico estadounidense (Condado de Calvert, Maryland; 1861 – Pine Island, New York; noviembre 23, 1919). Discípulo de *Taylor*. Su obra principal se titula *Work, Wages and Profits* (Trabajo, Salarios y Beneficios) y fue publicada en 1913.

tipo ideal de organización delimitada por una estructura de dominación legal ejercida por medio de un cuadro administrativo aplicable a grandes organizaciones, tanto del estado como del sector privado.

Existió otra escuela llamada del *comportamiento humano* o *behaviorista*, cuyo análisis se centra en los factores psicosociales, estableciendo que para controlar el nivel de producción, el reconocimiento y la conciencia de pertenecer a un grupo son más importantes que las condiciones físicas de trabajo o los incentivos salariales. *George Elton Mayo*⁴³ forma parte de esta ideología; sus estudios pretendían analizar los efectos ejercidos por las condiciones psicológicas sobre los trabajadores y la producción.

Dentro de esta misma escuela, *Kurt Lewin*⁴⁴ propuso los grupos de trabajo como factor clave para mejorar la productividad. Otros dos exponentes de esta escuela son *Abraham Harold Maslow*⁴⁵, quien observó que la motivación es muy importante para mejorar la productividad de los individuos, quienes se mueven siempre en busca de satisfacer necesidades que se encuentran jerarquizadas; y *Frederick Irving Herzberg*⁴⁶ quien enunció que la manera de motivar al empleado debe ser a través del enriquecimiento de la tarea, asignando labores que constituyan un desafío a los empleados para que asuman una mayor responsabilidad.

Como parte de la influencia netamente norteamericana se tienen representantes como *Douglas McGregor (Macgregor)*⁴⁷ y *Peter Ferdinand Drucker*⁴⁸. El primero promovió las teorías "Y" como

⁴² Filósofo, economista, jurista, historiador, politólogo y sociólogo alemán (Erfrut; abril 21, 1864 – Munich; junio 14, 1920), considerado como uno de los fundadores del estudio moderno de la sociología y la administración pública. Su obra más conocida es un ensayo sobre la ética protestante y el espíritu del capitalismo, iniciando así su trabajo sobre la sociología de la religión donde argumentaba que la religión fue uno de los aspectos más importantes que influyeron en el desarrollo de las culturas.

⁴³ Psicólogo, sociólogo y teórico de la organización empresarial (Adelaida, Australia; diciembre 26, 1880 – septiembre 7, 1949), cuyas investigaciones conocidas como *Hawthorne Studies*, se centran en la *lógica del sentimiento* de los trabajadores, y de la *lógica del costo* y la *eficiencia* de los directivos encargados de resolver conflictos dentro de las organizaciones.

⁴⁴ Psicólogo polaco (Poznan, Moglino (Polonia); septiembre 9, 1890 – Newtonville, Massachusetts (EUA); febrero 12, 1947), conocido como el fundador de la *Psicología Social* contemporánea, contribuyendo a la *Psicología de la Gestalt* (configuración mental de los elementos ambientales, a través de canales sensoriales –percepción- o de la memoria –pensamiento, inteligencia-), afirmando la imposibilidad de definir el conocimiento humano, fuera de su propio entorno o ambiente.

⁴⁵ Psicólogo humanista estadounidense (Brooklyn, Nueva York; abril 1, 1908 – junio 8, 1970). Se le considera como el iniciador de la *Escuela Humanística* tercera tendencia de la psicología, después del *Psicoanálisis* de *Sigmund (Sigmund) Schlomo Freud* y el *Conductivismo* de *John Broadus Watson*.

⁴⁶ Psicólogo estadounidense (1923 – 2000), reconocido por su teoría sobre *el enriquecimiento laboral* y *la teoría de los dos factores*, la cual afirma que todas las personas están influenciadas por los factores de motivación (satisfacción) y de higiene (insatisfacción).

⁴⁷ Académico norteamericano (1906 – 1964), director del *Sloan School of Management* del MIT (*Masachusetts Institute of Technology*) de 1948 a 1954. Su principal aportación es la puesta en práctica de las teorías establecidas por *Maslow* (ver nota 44) y su *Escuela Humanista*.

⁴⁸ Escritor y periodista austriaco naturalizado norteamericano, doctor en derecho internacional (Kaasgraben, Viena; noviembre 19, 1909 – Claremont, California; noviembre 11, 2005). Se le

respuesta a la administración tradicional, y la teoría "X" donde la motivación, el potencial para el desarrollo, la capacidad para asumir responsabilidad y la disposición para encaminar la conducta hacia metas organizativas, se hallan todas presentes en las personas; siendo responsabilidad de la administración el hacer posible que los individuos reconozcan y desarrollen por sí mismos estas características humanas. *Drucker* propuso la *administración por objetivos*, como una respuesta generalizada en el medio empresarial para resolver de una manera participativa el problema de establecer metas, y un procedimiento para la correlación y reformulación de las estrategias.

La *planeación estratégica* por otro lado, propone desarrollar y mantener una adecuada integración táctica entre metas y capacidades de una organización, y los cambios en sus oportunidades de mercado; buscando de esta manera lograr una ventaja competitiva sostenible en el largo plazo. Esta planeación afirma que para establecer la estrategia a seguir se debe conocer a fondo no solo la organización a su interior (estrategia de adentro hacia afuera), sino el entorno en el que se desempeña (de afuera hacia adentro), sus debilidades y fortalezas, sus oportunidades y amenazas; además de estudiar las estrategias de los competidores en el área y los resultados que han obtenido.

Otra escuela es la japonesa; el *Justo a Tiempo* y el *Kanban* son algunos de sus aportaciones, que fundamentalmente buscan establecer una filosofía de planeación y control aplicados sobre el orden y secuencia de las actividades involucradas en un proceso productivo, considerando el manejo de todos los recursos técnicos y materiales, y su relación con la mano de obra. Estos conceptos se estudiarán con mayor detalle durante los siguientes tres capítulos de la presente investigación.

Todo lo anterior representa apenas una aproximación a las teorías y los pensamientos administrativos, y la mayoría de ellas fueron mencionadas dentro de un marco histórico que dio origen al pensamiento moderno; se tomó la decisión de enunciarlas porque de ellas se retomarán conceptos básicos que permitirán establecer en este trabajo las variables requeridas para el establecimiento de un modelo de planeación industrial aplicado a la edificación en serie de conjuntos arquitectónicos.

Los mercados y las empresas han ido cambiando con el tiempo; pero solo las empresas que intenten desarrollar estrategias flexibles de producción que les permitan adecuarse a los cambios tecnológicos y económicos a corto y largo plazo, podrán garantizar su permanencia en el escenario mundial. En la actualidad existen otras prácticas administrativas como la *reingeniería de procesos* o la *gerencia basada en valor*; y de alguna forma todas han aportado elementos para enriquecer la teoría administrativa del mundo contemporáneo.

1.4.1. Administración industrial de *Frederick Taylor*

Taylor es considerado uno de los primeros pensadores de la administración gerencial. Con su obra *Principios de la Administración Científica*, sienta las bases del pensamiento administrativo, cuyos postulados conservan actualidad, a pesar del paso del tiempo.

El aporte de *Taylor* fue el haber propuesto el desarrollo de una *ciencia del trabajo* a través de la *administración científica* resumida en los siguientes principios:

considera un gran pensador sobre política y sociedad, cuya principal aportación es la *estructura divisional de actividades* que creó a partir de estudios realizados dentro de *General Motors*.

1. *Organización Científica del Trabajo.* Este criterio se refiere a las actividades que deben utilizar los administradores para remplazar los métodos de trabajo ineficientes, teniendo en cuenta tiempos, demoras, movimientos, operaciones responsables y herramientas.
2. *Selección y entrenamiento del trabajador.* Pretende ubicar al personal adecuadamente en su trabajo de acuerdo a sus capacidades, propiciando una mejora en el bienestar del trabajador. Cuando el trabajo se analiza metódicamente, la administración debe precisar los requisitos mínimos para un desempeño eficiente del cargo, escogiendo siempre al personal más capacitado.
3. *Cooperación entre directivos y operarios.* Los intereses del obrero deben ser los mismos del empleador; para lograrlo, propone una remuneración por eficiencia o por unidad de producto, de tal manera que el trabajador que produzca más, gane más y evite la simulación del trabajo. Todo esto bajo una estructura de autoridad que permita coordinar la labor de la empresa en colaboración con los subordinados.

1.4.1.1. Los principios de *Taylor* y el *Fordismo*

A la etapa comprendida entre 1940 y 1970 se le conoce como la edad dorada del capitalismo, y se caracterizó por la presencia de empresas dedicadas a la producción masiva (a gran escala), utilizando los principios formulados por *Taylor*.

En 1913, estos métodos de producción fueron aplicados por primera vez en la compañía *Ford Motor* (Detroit, Estados Unidos), bajo la dirección de Henry Ford; posteriormente se generalizaron rápidamente al resto de las industrias. El *fordismo*⁴⁹ abarca una serie de normas que no sólo regulaban la organización de los procesos productivos (sobre todo de la organización del trabajo), sino que también analizaban los objetivos y los métodos para resolver conflictos laborales.

El método de producción *fordista* combinaba los postulados de *Taylor* con la mecanización de grandes empresas que manejaban muchas líneas productivas asociadas con la cadena de montaje, la selección uniforme de los componentes y la presentación de los productos finales. El *taylorismo* proponía la racionalización de los procesos productivos dividiendo las tareas de creación y ejecución, separando la organización de la producción (directivos, ingenieros, supervisores) de las tareas mecánicas, asegurando un mayor control de las actividades; así, los aspectos intelectuales quedan separados por completo de las tareas manuales.

1.4.2. Administración industrial de *Henri Fayol*

Tras los aportes de *Frederick Taylor*, *Fayol* (utilizando una filosofía positivista y un método cartesiano consistente en observar y clasificar los hechos, interpretarlos, realizar experiencias si corresponde y extraer reglas), desarrolló una teoría administrativa y un modelo administrativo basado en tres aspectos fundamentales: la división del trabajo, la aplicación de un proceso administrativo y la formulación de criterios técnicos que deben orientar la función administrativa.

⁴⁹ Ver título 1.2.4.2 del presente capítulo, relacionado con las *consecuencias de la industrialización*.

Fayol divide las operaciones de las empresas en:

- a) *Administrativas o de gerencia* (previsión, mando, organización, coordinación, control).
- b) *Técnicas de producción* (fabricación, transformación de insumos).
- c) *Comerciales* (compra, venta, búsqueda de mercados).
- d) *Financieras* (búsqueda y administración de capitales).
- e) *Contabilidad* (registros de ingresos y egresos, inventarios, balances, estadísticas, precios).
- f) *Seguridad* (protección de bienes y personas).

Para *Fayol*, la función administrativa solo tiene por instrumento al cuerpo social (trabaja sobre el personal de la empresa), mientras que las otras funciones ponen énfasis en la materia prima y las máquinas. *Fayol*, al introducir un esquema jerárquico y al profundizar en el tema de la división del trabajo, hace un aporte fundamental hacia el desarrollo de la administración moderna.

Los principios de administración postulados por Fayol, fueron⁵⁰:

1. *División del trabajo*. Si el obrero fabrica todos los días la misma pieza y el jefe resuelve constantemente los mismos negocios, adquieren una habilidad, una seguridad y una precisión tal que maximiza su rendimiento. Cada cambio de ocupación o de tarea implica un esfuerzo de adaptación disminuyendo el proceso productivo.
2. *Autoridad y responsabilidad*. Consiste en la definición del mando y los subordinados. Considera que la autoridad y la responsabilidad están relacionadas y señala que ésta se desprende de aquélla como consecuencia.
3. *Disciplina*. Tiene en cuenta el concepto de armonía en la organización mediante el cumplimiento de las normas. Esencialmente está representado por la obediencia, la actividad, la presencia y el respeto conforme a las convenciones establecidas entre la empresa y sus trabajadores.
4. *Unidad de mando*. Para la ejecución de un acto cualquiera un agente debe recibir órdenes de un de un solo jefe.
5. *Unidad de dirección*. Definir una sola autoridad y un solo programa establecido para realizar un conjunto de operaciones que tienden al mismo fin.
6. *Subordinación de los intereses particulares al interés general*. El interés de un agente o de un grupo de agentes, no debe prevalecer sobre el interés de la empresa. Dos intereses de orden diverso, pero igualmente respetables, deben ser resueltos bajo conciliación.
7. *Remuneración*. Es el pago por el servicio prestado, el cual debe ser equitativo y en todo lo que sea posible, dar satisfacción a la vez al personal (empleados) y a la empresa (empleador).

⁵⁰ KOONTZ, Harold; O'DONNELL, Cyril; WEIHRICH, Heinz. *Op. Cit.*

8. *Centralización.* Como cualquier agrupación, las organizaciones deben ser dirigidas y coordinadas desde una unidad central, de donde emanan las instrucciones que ponen en marcha todas las actividades de la empresa.
9. *Jerarquía de autoridad.* Está constituida por una línea de mando que va desde la autoridad superior a los agentes inferiores; la comunicación parte del mando superior a los inferiores.
10. *Orden.* Un lugar para cada cosa y una cosa para cada lugar.
11. *Equidad.* Es la realización de los compromisos adquiridos; el anhelo de igualdad y equilibrio son aspiraciones que deben tenerse en cuenta en el trato con el personal.
12. *Estabilidad del personal.* Un agente necesita tiempo para iniciarse en una función nueva y llegar a desempeñarla bien, siempre y cuando posea las aptitudes necesarias. El agente desplazado cuando apenas ha concluido su etapa de aprendizaje, no tendrá tiempo de presentar un trabajo apreciable.
13. *Iniciativa.* Permitir en cada agente la concepción de un plan y asegurar su materialización; esto puede funcionar como un estimulante de la actividad humana.
14. *Unión del personal.* Espíritu de equipo e integración del grupo de trabajo.

Resumen

La *industrialización* es el proceso encargado de obtener un recurso, transformarlo, transportarlo y a veces volverlo a transformar, derivando en un bien, un producto o un servicio específico, mediante la promoción de la tecnología, la mano de obra especializada y la investigación; tiene como características la especialización, la concentración, la prefabricación, la estandarización y la mecanización. Su objetivo principal es mejorar la productividad, optimizando costos y recursos, y aumentando considerablemente la calidad del producto.

Para constituir una estructura organizacional que permita ordenar y relacionar cada una de las variables que participan de las actividades industrializadas, es necesario hacer uso del proceso administrativo, el cual mediante fases lógicas y consecutivas posibilitaba el establecimiento de alineaciones específicas que ayuden a gestionar, de manera óptima, cada uno de los recursos involucrados en el desarrollo de dichas actividades.

Bajo el esquema de la administración científica, se supone la obligación de recopilar los métodos de trabajo tradicionales empleados por los obreros; clasificarlos, tabularlos y de ellos deducir reglas, leyes y fórmulas que guíen a los trabajadores en sus tareas diarias. El *proceso administrativo sistémico* previene, plantea, organiza, integra, coordina y controla todos los recursos, principios y técnicas utilizadas por una actividad determinada, a través de un ordenamiento jerárquico, lógico y cronológico de las acciones individuales, encauzadas al logro eficiente de una meta colectiva.

Con los estudios de *Frederick Taylor* se inició el análisis metódico de la administración y sus aplicaciones en el campo de la industria, buscando con ello una renovación que permitiera ordenar la empresa de acuerdo con lineamientos basados en la eficiencia del trabajo y en la eficacia de los métodos utilizados. *Henri Fayol* también aplicó esas nuevas técnicas buscando perfeccionar los métodos de administración industrial. Ambos son considerados los pioneros del pensamiento administrativo moderno, creadores del estudio de la administración científica y precursores de la organización del trabajo.

“...El lugar donde se trabaja, la serie, la producción racionalizada, la mayor o menor integración del equipo, el hecho de fabricar objetos de nueva concepción, el hecho de utilizar materiales mas o menos atractivos. Todo esto son circunstancias que no son extrañas a la industrialización, pero que tampoco constituyen su esencia.

...La esencia de la industrialización es el producir un objeto sin mano de obra artesanal, con máquinas utilizadas por obreros simplemente especializados, no cualificados, o mejor, por máquinas automáticas. Esta es la base de la industrialización...”

Technologies de la construction industrialisée⁵¹
(Gérard Blachère)

CAPÍTULO 2

Planeación industrial

- 2.1 ¿Qué es la planeación industrial?
- 2.2 Técnicas de planeación industrial
- 2.3 Control de la planeación industrial
- 2.4 Lean Manufacturing

2.1. ¿Qué es la planeación industrial?

En el capítulo anterior se identificó la planeación como parte del proceso administrativo sistémico; ahora se abordará este componente del proceso, pero bajo una perspectiva industrializada, buscando remarcar la importancia que esta etapa tiene por encima de las demás, pues es aquí donde se gestan los planes y programas que marcarán la pauta para el desarrollo de una actividad industrializada. También se mencionará de manera paralela algunos aspectos particulares de la fase del control, pues a través de esta herramienta se puede determinar si el trabajo ejecutado se está desarrollando cabalmente de acuerdo a los planes establecidos para el inicio, desarrollo y término de una acción productiva. Cabe mencionar que a partir de ahora, entenderemos por *acción productiva*, todo lo relacionado con actividades constructivas.

2.1.1. Definiciones generales y objetivos de la planeación

Los planes son los instrumentos fundamentales de la planeación. Un plan es un intento, una propuesta que representa lo que se desea hacer y la forma en cómo ha de realizarse. La planeación es el medio por el cual se proyectan y se fijan las bases de las actividades con el objeto de minimizar riesgos y aprovechar las oportunidades y los recursos. Consiste en determinar por

⁵¹ BLACHÈRE, Gérard. *Tecnologías de la construcción industrializada*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Colección Tecnología y Arquitectura. Trad. Jesús Martín. Barcelona (España), 1977.

anticipado lo necesario para alcanzar un nuevo objetivo específico. Decide el cuándo, dónde y quién debe realizar un proyecto o una etapa del mismo, incluyendo la elaboración de pronósticos, el establecimiento de metas y la selección de los procedimientos para la toma de decisiones.

En la planeación se cuenta con información estadística cuantitativa y cualitativa de los rasgos más importantes de una entidad en general, para poder llevar a cabo la búsqueda de las posibles soluciones o aprovechamiento de oportunidades para resolver un problema. Fija el curso concreto de acción que habrá de seguirse para lograr el objetivo, estableciendo para ello los principios que habrán de orientarlo.

La planeación y el control son inseparables, cualquier intento de ejercer control sin planes no tiene significado, pues no existe forma alguna en que las personas puedan saber si están dirigiéndose hacia donde quieren ir. Por consiguiente los planes proporcionan los estándares de control.

En suma, planear es hacer que ocurran las cosas que de otro modo no habrían ocurrido; es prospectar un futuro deseado y proyectar las medidas necesarias para conseguirlo.

2.1.2. Elementos de la planeación

Está conformada por programas de acción y despliegue de recursos orientados al cumplimiento de objetivos generales, definiéndolos y anticipando sus cambios; describen los recursos utilizados para alcanzar estos objetivos y las políticas que rigen su adquisición, uso y disposición.

Estos programas de acción son alternativas que dirigen y coordinan mostrando la dirección y el empleo general de los esfuerzos para lograr los propósitos de la empresa, bajo las condiciones más ventajosas. Son cursos de acción general, que se establecen a nivel estratégico a través de programas, presupuestos y procedimientos.

2.1.3. Pasos de la planeación

1. *Identificar oportunidades.* El conocimiento de las oportunidades tanto en el ambiente externo como dentro de la organización; es el punto de partida para la planeación donde se observa previamente todas las posibilidades futuras.
2. *Establecer objetivos.* Primero se deben establecer objetivos para toda la empresa y después, para cada unidad de trabajo subordinada; y debe hacerse tanto para el largo como para el corto plazo. Los objetivos especifican los resultados esperados y señalan lo que se tiene que hacer en definitiva, a qué habrá de darse prioridad y qué deberá lograrse mediante la red de estrategias, políticas, procedimientos, reglas, presupuestos y programas. Los objetivos se enuncian jerárquicamente.
3. *Desarrollo de premisas.* Son los pronósticos, las políticas básicas aplicables y los planes existentes de la compañía, suponiendo el contexto en el cual se llevarán a cabo los planes. El principio básico de las premisas de planeación es lograr que todas las personas encargadas de la planeación comprendan y estén de acuerdo en utilizar dichas premisas de planeación, con el fin de lograr de manera más coordinada la planeación de la empresa. A veces deberán buscarse opciones alternativas, examinando sus puntos fuertes y débiles, evaluando aquellos que se ajusten a las premisas y metas de la compañía.

4. *Seleccionar un curso de acción.* Se adopta el plan más acorde con los objetivos de la empresa; en ocasiones el análisis y la evaluación de cursos alternativos dan por resultado que seguir dos o más planes simultáneos es más aconsejable que practicar solamente uno, aunque aparente ser el mejor.
5. *Expresión numérica de los planes.* Después de tomar las decisiones y establecer los planes, estos deben ser interpretados en presupuestos que expliquen estadística y financieramente las ventajas y desventajas de su implantación.
6. *Control de la producción.* Permite desarrollar una metodología de seguimiento comparativo que evalúa el trabajo ejecutado en relación a los planes previamente establecidos.

2.1.4. Planeación industrial relacionada con filosofías de calidad

2.1.4.1. *Kaoru Ishikawa*⁵²

Fue uno de los primeros pioneros en la revolución de la calidad en Japón, se le considera el padre del análisis científico de las causas de problemas en procesos industriales, dando nombre al diagrama *Ishikawa*, cuyos gráficos agrupan por categorías todas las causas de los problemas.

El doctor *Ishikawa* fue profesor de ingeniería en la universidad de Tokio durante muchos años, donde fue responsable del desarrollo de los lineamientos principales de la estrategia de calidad japonesa y del proceso de auditoría utilizado para determinar si se selecciona una empresa para recibir el premio *Deming*⁵³.

Sus principales conceptos están resumidos en los siguientes puntos:

1. La calidad empieza y termina con la educación.
2. El primer paso en la calidad es conocer las necesidades de los clientes.
3. El estado ideal del control de calidad ocurre cuando ya no es necesaria la inspección.
4. Eliminar la causa raíz, y no los *síntomas*.
5. El control de calidad es responsabilidad de todos los trabajadores en todas las divisiones.
6. No confundir los medios con los objetivos.
7. Poner la calidad en primer término y enfocarse a las utilidades a largo plazo.

⁵² Ingeniero, químico y teórico de la administración de empresas (Japón, 1915 – 1989), experto en el control de calidad. Fue el primer autor que intentó destacar las diferencias entre los estilos de administración japonés y occidental, manteniendo como hipótesis que las diferentes características culturales de ambas sociedades fueron la clave del éxito japonés en temas de calidad. En su libro *¿Qué es el control total de calidad?: la modalidad japonesa*, afirma que el *Control Total de Calidad* (CTC) se caracteriza por la participación de todos los involucrados en los procesos productivos, desde los más altos directivos hasta los empleados de más bajo nivel.

⁵³ Es el premio más prestigioso que una empresa japonesa puede obtener. Se entrega una vez al año a la empresa que haya realizado el mayor avance en calidad, sobre la base de estándares que sobrepasen ampliamente el ISO 9000 o cualquier otro estándar en el campo. La mayor parte de los avances en calidad y administración de las últimas décadas (como *Hoshin Kanri*, *JIT*), derivan de estudios realizados por empresas en el mundo occidental a empresas ganadoras de este premio. El nombre del premio es un tributo a quien iniciara los avances en calidad en Japón, *Edwards W. Deming*.

8. La mercadotecnia es la entrada y salida de la calidad.
9. La gerencia superior no debe mostrar enfado cuando sus subordinados les presenten hechos.
10. El 95% de los problemas de una empresa se pueden resolver con simples soluciones y herramientas sencillas de análisis.
11. Aquellos datos que no tengan información dispersa, es decir variabilidad, son falsos.

2.1.4.2. Philip (Phil) Bayard Crosby⁵⁴

Fue vicepresidente corporativo de la calidad en el *International Telephone and Telegram Company* (ITT). A su retiro en 1979 estableció la empresa *Philip Crosby Associates* para desarrollar y ofrecer programas de capacitación en términos de calidad empresarial. La administración de la calidad de *Crosby* se resume en los puntos siguientes:

1. Calidad significa ir conforme a las necesidades.
2. No existen los problemas de calidad; las dificultades deben ser identificadas por aquellos individuos o departamentos que las causan; una empresa puede experimentar problemas de contabilidad, de manufactura, de diseño o de relaciones con los clientes, pero no de calidad.
3. Siempre es más económico hacer bien el trabajo desde la primera vez. La calidad es gratuita, lo que cuesta dinero son todas aquellas acciones que involucra no haber hecho los trabajos correctamente desde el principio.

La única medición del desempeño aprobada por *Crosby* es el costo de la calidad, es decir el desembolso por falta de conformidad. La mayoría de las empresas desembolsan entre el 15% y el 20% de su utilidad en costos de calidad. Una empresa con un programa bien operado de administración la calidad puede conseguir reducir sus costos hasta en un 2.5% de su utilidad por ventas, principalmente en las áreas de evaluación y prevención.

El único estándar de desempeño es la filosofía de *Cero Defectos* (*ZD*, por sus siglas en inglés, *Zero Defects*). *ZD* no es un programa de motivación, es una norma de competencia que consiste hacer bien las cosas desde la primera vez, lo cual significa concentrarse en evitar defectos, y no simplemente localizarlos y corregirlos.

2.1.4.3. Joseph Moses Juran⁵⁵

Al igual que *Edwards Deming*, *Juran* enseñó principios de calidad a los japoneses en los años 50, siendo un impulsor importante en su reorganización de la calidad. *Juran* definía a la calidad como *el rendimiento del producto que da como resultado satisfacción del cliente*;

⁵⁴ Autor y hombre de negocios norteamericano (Wheeling, West Virginia; junio 18, 1926 – Winter Park, Florida; agosto 18, 2001), que contribuyó a la *teoría de la administración y práctica de calidad empresarial*. Inició el programa *Cero Defectos* en el *Martin Company* de Orlando, reduciendo en un 25% la tasa de fallas en la producción y disminuyendo un 30% los costos por desperdicios.

⁵⁵ Ingeniero eléctrico, ingeniero industrial corporativo, administrador y consultor (Brăila, Rumania; diciembre 24, Rye, New York, USA; 1904 – febrero 28, 2008), que trabajó con la *Western Electric Company* en la década de 1920, desarrollando métodos estadísticos para la calidad. En 1951 publicó su libro *Quality Control Handbook*, el cual resulta ser uno de los manuales de calidad más completos que existen, de gran vigencia en la actualidad.

la liberación de deficiencias en el producto, evita la falta de satisfacción del cliente. Esta definición abarca tres conceptos:

- a) Calidad en el diseño de conformidad con las especificaciones.
- b) Disponibilidad del producto.
- c) Existencia en el mercado.

Los postulados de *Juran* se enfocan en tres procesos principales de calidad, conocidos como la *trilogía de la calidad*:

1. *Planeación de la calidad*. Es el proceso de preparación para cumplir con las metas de calidad.
2. *Control de calidad*. Es el proceso de cumplir con las metas de calidad durante la operación y ejecución.
3. *Mejora de calidad*. Elevación de la calidad a niveles óptimos de rendimiento.

La planeación de la calidad empieza con la identificación de los clientes, tanto externos como internos, determinando sus necesidades y desarrollando las características del producto que respondan a estas necesidades.

Juran especificó un programa detallado para lograr la mejora de la calidad. Se trata de un programa que pretende demostrar las necesidades de mejora, identificando proyectos específicos, organizando el apoyo para los proyectos, diagnosticando las causas de posibles fallas dando soluciones preventivas para ellas, y demostrando que las rectificaciones son efectivas bajo condiciones de operación que proporcionen el control para mantener dichas mejoras.

2.2. Técnicas de planeación industrial

2.2.1. Modelos teóricos de análisis

Existen algunos modelos teóricos del proceso de planeación industrial; es conveniente mencionarlos con el fin de establecer un marco referencial del tema, aunque no sea objeto de esta investigación profundizar detalladamente en cada uno de ellos.

2.2.1.1. Teoría del *despegue (Take-Off)*, de *Rostow*

*Walter Whitman Rostow*⁵⁶ afirmaba que para tener éxito en el proceso de industrialización, se debían reunir tres condiciones previas: tener de base una alta productividad, la existencia de mercados interesados y cierta estabilidad política que permitiera establecer una legislación favorable. Si estos tres requisitos se cumplían, el proceso se iniciaría con un periodo de despegue (*take-off*); una etapa de 20 a 30 años en la que se lograría una

⁵⁶ También conocido como *Walt Rostow* (Nueva York, EUA; octubre 7, 1916 – febrero 13, 2003); economista, historiador y político norteamericano conocido por su oposición al comunismo y creyente de la eficacia del capitalismo y la libre empresa. Su obra más conocida se titula "*Las etapas del crecimiento económico*", publicada en 1960, en la cual expone las cinco fases por las que deben pasar las economías para lograr su desarrollo: la *sociedad tradicional*, *condiciones previas* al despegue (*preconditions*), el *despegue (take-off)*, *proceso de madurez* y la *era de consumo en masa*.

industrialización acelerada y progresiva dentro de una comunidad. En algún momento de la historia hubo países que cumplieron estos requisitos; la industrialización de cada uno se produjo en épocas distintas.

2.2.1.2. Teoría de la *industrialización tardía*, de *Gerschenkron*

*Alexander Gerschenkron*⁵⁷ rechazó el modelo de *take-off* de *Rostow*, debido a su debilidad teórica y empírica; creando el concepto del *atraso relativo*, afirmando que el proceso de desarrollo de un país de industrialización *tardía* diferirá, debido a su atraso, del experimentado por el país más desarrollado; es decir, el atraso industrial de un país en desarrollo es relativo, en comparación, al país altamente industrializado que se toma por referencia. En este sentido, la historia desempeña un papel importante al determinar el patrón de industrialización. Los postulados de *Gerschenkron* pueden resumirse en tres puntos:

1. Los procesos de industrialización tardíos son mucho más cortos que los de los países precedentes; los países que empiezan más tarde pueden ahorrar tiempo y recursos para el desarrollo de tecnología y la acumulación de capital, al poder disponer de transferencias de tecnología e importaciones de capital.
2. Una industrialización tardía es capaz de desarrollar industria química pesada en etapas más tempranas que las de los países avanzados, ya que los países atrasados están carentes de mano de obra cualificada, pero sí capacitada para establecer nuevas tecnologías a través de importaciones, y pueden implantar nuevas instituciones de inversión a gran escala, mientras que los países avanzados tienen dificultades para deshacerse de las instalaciones obsoletas.
3. La industrialización se conforma desde arriba, esto es, el gobierno, el estado o los elementos industriales como bancos industriales o bancos de inversión, debido a que los países menos desarrollados no tienen un número suficiente de empresarios con capacidad para responder a requerimientos a alto nivel. Especialmente, la industrialización rápida en industria química pesada necesita más recursos de los que el sector privado pueda proporcionarles.

2.2.2. Modelos prácticos (logística y el patrón japonés)

Desde los inicios de la revolución industrial, los artesanos que tiempo atrás poseían sus talleres y realizaban su trabajo a mano no pudieron seguir elaborando sus pequeñas industrias, pues las grandes fábricas realizaban rápidamente y a menor costo la labor que ellos hacían empleando más tiempo y gasto de energía. Y aunque muchas veces cerraban sus talleres y solicitaban empleo en las fábricas, el trabajo resultaba inseguro pues a veces los dueños de las empresas despedían a sus obreros si los almacenes estaban repletos de mercancía o si no tenían pedidos para fabricar nuevos productos.

⁵⁷ Economista e historiador judío (Odessa, Rusia; 1904 – Cambridge, Massachusetts, EUA; octubre 26, 1978), reconocido por su teoría *del desarrollo económico lineal*, donde habla de la coexistencia entre países desarrollados y no desarrollados, añadiendo que estos últimos podrían saltarse ciertas etapas de desarrollo por las que los países más avanzados tuvieron que pasar, adaptando su tecnología.

Podría decirse que aquí inicia el interés por proponer medios de control necesarios para regular los almacenes y los inventarios de una fábrica. El tema de la logística se ha desarrollado a través del tiempo y es en la actualidad un aspecto tan importante que las empresas han comenzado a crear áreas específicas para su tratamiento. Anteriormente la logística representaba solamente tener el producto solicitado, en el sitio requerido, en el tiempo establecido y al menor costo posible; actualmente estas actividades aparentemente sencillas han sido redefinidas y ahora se han convertido en todo un proceso.

Bajo esta concepción de estudiar a la logística como un nuevo método de trabajo, se han desarrollado paralelamente filosofías como el *Just in Time*⁵⁸, herramientas como el *Kan-Bar*⁵⁹, o metodologías como *Hosin Kanr*⁶⁰. La logística en la actualidad es una actividad de planeación industrial que se caracteriza por:

- a) Administrar estratégicamente la adquisición, el movimiento y el almacenamiento de productos, así como controlar los inventarios; todo esto mediante un flujo de información asociado a través del cual la organización del proceso y su canal de distribución son encauzados de tal modo, que la rentabilidad de la empresa se maximiza en términos de costos y efectividad.
- b) Se encarga de la distribución eficiente de los productos de una determinada empresa con el menor costo y un excelente servicio al cliente.
- c) Determinar y coordinar en forma óptima la elección del producto correcto, el cliente correcto, el lugar correcto y el tiempo correcto.

La logística no es por lo tanto una actividad funcional sino un modelo, un mecanismo de planificación; y una derivación de su estudio se ha convertido en la filosofía de planeación industrial conocida como *Just In Time*.

2.2.3. *Just In Time* (planeación justo en tiempo)

El *Just in Time* (*JIT*) es un término anglosajón acuñado para describir la forma de fabricar los productos estrictamente necesarios, en el momento preciso y en las cantidades debidas. Es una filosofía industrial basada en la eliminación continua de todo lo que implique desperdicio en el proceso productivo, desde la adquisición de la materia prima, hasta la distribución final del producto terminado.

⁵⁸ Ideología industrial que propone la fabricación de un grupo de productos dado, en el momento preciso y en las cantidades estrictamente necesarias. Es un modelo de producción japonés creado por el ingeniero *Taiichi Ohno*, a partir de los conceptos de *Kiichiro Toyoda*, presidente de *Toyota*, en los años 50 cuya aportación define la teoría del *Inventario Cero* y la *Sincronización de Operaciones*, y que comenzó a utilizarse por diversas compañías japonesas después de la crisis petrolera de 1973.

⁵⁹ Sistema a base de tarjetas codificadas que permiten dar un seguimiento preciso de cada movimiento que se hace dentro y fuera de los almacenes de una obra, y sirve de apoyo a la planeación *Just In Time*.

⁶⁰ Sistema que busca el aseguramiento en la sincronización del proceso a partir de la alineación de áreas, funciones, indicadores y objetivos de negocio.

El *JIT* se desarrolló en Japón en los años 70. Fue adoptado por el ingeniero japonés *Taiichi Ohno*⁶¹, quien después de la Segunda Guerra Mundial fue trasladado a la empresa automovilística *Toyota Motors Company*, cuyas plantas industriales sirvieron de plataforma para la implantación de esta filosofía. Después de esta primera introducción del *JIT*, muchas otras compañías (por ejemplo, *Kawasaki*) manifestaron su interés por estudiar y adaptar esta metodología alrededor del mundo. Los sistemas *JIT* son conocidos con muchos nombres diferentes:

- Producción sin inventario
- Inventario Cero
- Manufactura Sincronizada y Producción Ligera (*Hewlett-Packard*),
- Materiales según se necesiten (*Harley-Davidson*)
- Manufactura de Flujo Continuo (*IBM*).

2.2.3.1. Definición y consideraciones generales

Es conveniente hacer una reflexión *semántica*⁶² importante. Muchos autores han optado por traducir el término *Just In Time* como *Justo A Tiempo* (JAT), menguando así su verdadero significado. Hablar de una producción JAT, nos refiere a la forma más simple de esta filosofía: producir solamente las unidades necesarias, en las cantidades precisas, y en el momento justo. Sin embargo, producir una unidad de más, es tan malo como producir una de menos; de igual forma terminar la producción un día antes de lo previsto, es tan malo como acabarla un día después. El JAT nos dice que todos los elementos deben ser suministrados en la medida en que son necesarios, pero no pone atención en la metodología de trabajo que debe seguirse para llegar al resultado esperado.

Bien podemos traducir el *JIT* como *Justo En Tiempo*, haciendo referencia a la precisión que debe observarse en el seguimiento y control de todas y cada una de las actividades que conforman un proceso productivo, haciendo que el sistema y todas sus partes, lleguen a cumplir la meta fijada.

La aparición *JIT* se da como consecuencia de algunas circunstancias que definían la situación de la industria automovilística japonesa en los años 50. El reducido volumen de sus operaciones no permitía la implantación eficiente de los sistemas de producción masiva que funcionaban óptimamente en los Estados Unidos; además, también existía escasez de capital y de espacio de almacenamiento.

En estas circunstancias, parece natural que los esfuerzos de mejora se concentraran en un factor que implicaba un fuerte consumo de los dos recursos citados: los inventarios. Cabe destacar que este sistema diseñado originalmente para reducir los niveles de existencias, con el tiempo se convirtió en una vía para la mejora continua en todos los aspectos de una actividad productiva determinada.

⁶¹ Pionero en la implantación del *Just In Time* (Dalian, China; febrero 29, 1912 – Toyota City, Japón; mayo 28, 1990). Ingeniero graduado del departamento de Tecnología Mecánica de la Escuela Técnica Superior de Nagoya en 1932, entró a trabajar a la planta de hilados y tejidos de la familia *Toyoda*. En 1943, luego de la Segunda Guerra Mundial, entró a trabajar como jefe del taller de máquinas en *Toyota Motors Company* donde comenzó a introducir el funcionamiento de máquinas en líneas paralelas y estableciendo la multiespecialización de los obreros.

⁶² Del griego *σημαντικός*, significativo. Perteneciente o relativo al significado de las palabras.

2.2.3.2. Objetivos del *JIT*

Este concepto aparentemente simple puede llegar a ser la base de una revolución en la producción industrial. Para que el *JIT* funcione es necesario que se den simultáneamente muchas circunstancias: producción fluida, recursos flexibles, alta calidad, ausencia de averías en las máquinas, proveedores de confianza, adaptación rápida de las máquinas y sobre todo, una enorme disciplina por parte de todos los recursos humanos implicados en el proceso.

La filosofía *JIT* intenta mejorar la eficiencia y reducir *tiempos muertos*⁶³ de los sistemas de producción, a fin de mejorar continuamente dichos procesos y la calidad del producto o servicio correspondiente, sin interrupciones de la manufactura; teniendo como objetivo un desarrollo continuo para producir un alto volumen de bienes a bajo costo y mejorando la competitividad de la empresa mediante la reducción de costos de operación y la eliminación de actividades innecesarias, es decir, aquello que sea distinto al uso óptimo de los recursos mínimos (materiales, maquinaria y mano de obra) necesarios para agregar valor al producto.

El método *JIT* ayuda en gran parte a consolidar los actuales éxitos de las empresas japonesas. Sus bases son la reducción de los desperdicios, es decir, de todo aquello que no se necesita en el preciso momento incluyendo las holguras en la capacidad de almacenaje o grandes lotes acumulados en los inventarios.

Conseguir este objetivo supone la minimización del tiempo total necesario desde el comienzo de la fabricación hasta la facturación del producto. Otros objetivos del sistema *JIT* son mejorar la competitividad de la empresa y reducir los costos, eliminar todos los desperdicios siempre y cuando sea distinto a la concepción clásica de prescindir de todo lo que sea distinto a los recursos mínimos de materiales, máquinas y mano de obra, todos ellos necesarios para dar el valor agregado al producto.

2.2.3.3. Componentes de la metodología *JIT*

No debemos estudiar el sistema *JIT* como si fuera un paquete de computación, como es el caso del MRP (*Material Requirements Planning* - Programa de Requerimientos de Material), sino que debemos entenderlo como una filosofía, ya que no únicamente afecta al proceso productivo, sino que también lo hace directamente sobre el personal y su forma de trabajo, incluyendo a los proveedores.

El *JIT* como ideología, pretende una búsqueda continua por mejorar los procesos de producción, hecho que no siempre es tomado en cuenta en la mayoría de las empresas, algunas de las cuales realizan una equívoca comparación entre sus medidas de minimizar costos con las eliminación de prácticas que no suponen ningún beneficio para la empresa (aunque a primera vista si lo parezca) como la reducción de financiamientos o peor aún, recortes de personal.

⁶³ Los *tiempos muertos* son lapsos o periodos donde un proceso productivo está inactivo; este concepto puede aplicarse a cualquier recurso involucrado a dicho proceso (material, económico, humano, maquinaria). Estos tiempos pueden ocasionarse por circunstancias programadas y controladas (mantenimientos, horas de descanso), o por situaciones emergentes o no controladas (descomposturas, accidentes).

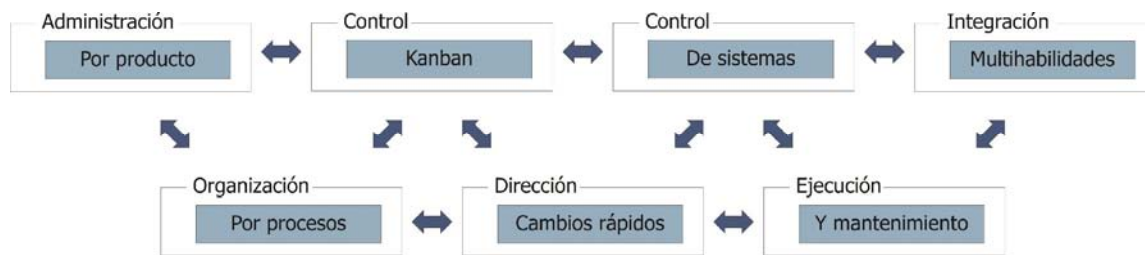


Figura 6. Diagrama que representa la sincronización de operaciones entre todos los elementos que pueden integrarse a partir de la filosofía *JIT*.

En suma, la metodología *Just in Time* es una filosofía industrial que busca lograr la fabricación de los productos estrictamente necesarios, en el momento preciso y en las cantidades debidas, eliminando todo lo que implique desperdicio en la construcción, desde las compras de los materiales hasta la distribución del producto terminado. El *JIT* incluye una estrategia de flujo de línea para lograr una producción de alto volumen a bajo costo y tiene como objetivo un procesamiento continuo, sin interrupciones.

Para poder operar correctamente, el *JIT* necesita tres elementos principales: las personas, la planta de producción y las herramientas de control:

- Necesita de las personas para materializar los objetivos del programa.
- Requiere de un lugar físico donde puedan implementarse los procedimientos de manufactura.
- Utiliza herramientas auxiliares, como puede ser un programa de computadora que ayude a la planeación, perfeccionamiento y control del de cada una de las partes que componen al proceso.

2.2.3.4. Principios fundamentales del *JIT*

Existen seis puntos en los cuales se pueden resumir el proceso completo que da origen a la filosofía del *Just In Time*.

- Igualar la oferta y la demanda para obtener un tiempo de entrega cercano a cero.
- Evitar cualquier tipo de desperdicio; esto incluye además de los materiales que participan en la fabricación, a todos los productos terminados y desde el punto de vista administrativo a cualquier actividad que no agregue valor al producto o servicio.
- El proceso debe ser continuo y no por lotes, esto significa que se debe producir solo las unidades necesarias en las cantidades necesarias, en el tiempo necesario.
- La búsqueda de la mejora continua, la cual debe ser constante, tenaz y perseverante para así lograr las metas propuestas.

5. El elemento activo más importante del proceso es la persona. En el *JIT* se considera que el hombre es el recurso clave en las decisiones de equipo que en su conjunto logra llevar a cabo los objetivos de la empresa.
6. La sobre-producción es sinónimo de ineficiencia. Aquí se involucran otros principios como son la calidad total, estructura organizacional del personal, organización del lugar de trabajo, la simplificación de actividades y limpieza en la comunicación.

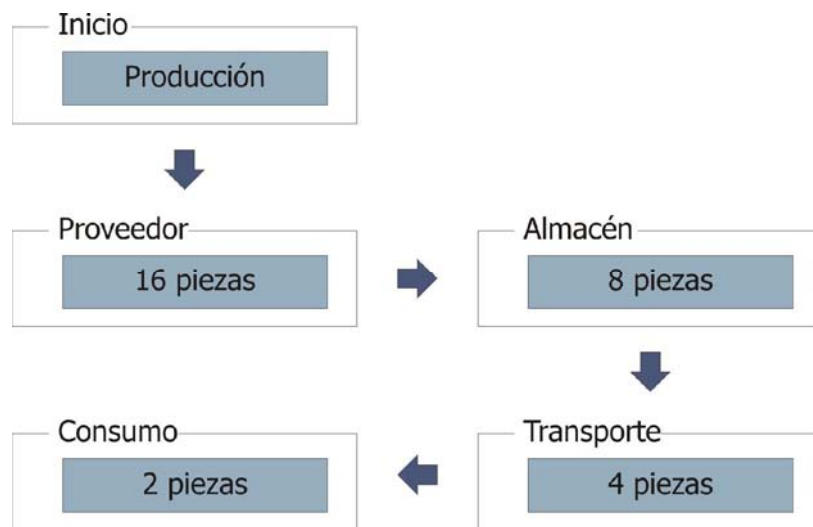


Figura 7. Secuencia de producción y distribución. El proceso inicia con la fabricación del material y se canaliza a la primera distribución, entre el proveedor y el almacén de la obra. El lote recibido se optimiza en paquetes que permitan su fácil manejo para ser posteriormente transportados hasta el lugar donde serán utilizados.

El procedimiento de la metodología *JIT* consiste en:

1. Comprar los materiales justo a tiempo para transformarlos en partes.
2. Disponer de las partes fabricadas justo a tiempo para incorporar a los montajes.
3. Suministrar los montajes justo a tiempo para complementar los procesos de los artículos terminados.
4. Producir artículos terminados justo a tiempo para su entrega final al cliente.

Todas las mejoras que incluye el sistema *JIT* se pueden englobar en la Teoría de los 5 ceros:

1. Cero inventarios (control económico).
2. Cero pérdidas de tiempo en el proceso de fabricación (organización de actividades).
3. Cero papeleo en el trabajo (reducción de actividades y líneas de comunicación).
4. Cero tiempos en respuesta al mercado demandante (entrega oportuna).
5. Cero defectos en los productos terminados (control de calidad total).

2.2.4. Herramientas de planeación industrial (*Kanban*)

Una de las herramientas principales del *JIT*, es el sistema denominado *Kanban* (*Kan* = tarjeta, *Ban* = señal; que bien puede traducirse como *tarjetas de señal* ó *etiqueta de instrucción*). Consiste en un método basado en tarjetas individuales diseñadas para cada actividad dentro de la línea de producción, ayudando a que el inventario del producto en proceso, se limite a tener solamente la cantidad necesaria en los contenedores disponibles.

Cuando se carga un material dentro del recipiente, una tarjeta *Kanban*⁶⁴ especificará qué tipo de material es, a dónde va y de dónde procede⁶⁵; de este modo, existirán tarjetas *Kanban* de producción, movimiento y retiro. En teoría, este sistema permite dar un seguimiento claro del movimiento de los recursos dentro de la empresa, agilizando procesos y controlando el abastecimiento, dando seguimiento a entregas pequeñas y frecuentes, definiendo las especificaciones del producto requerido, ofreciendo respuesta casi inmediata a las necesidades de variación.



Figura 8. Ejemplo de una tarjeta del sistema *Kanban*.

La información que contiene el *Kanban* no debe cambiar durante el proceso. La misma tarjeta puede rotar muchas veces hacia atrás y hacia adelante entre dos estaciones de trabajo consecutivas. Debe hacerse notar que este sistema no sirve para programar la ejecución de los trabajos, sino para sistematizar el funcionamiento; no hay fabricación ni traslado de materiales o componentes, si no lo respalda un *Kanban*.

Puede caerse en el error de considerar solo los aspectos técnicos del sistema, dejando de lado su meta última, es decir, la reducción del nivel de inventarios. Este sistema es bastante similar a los de punto automático de pedidos; sin embargo, no se trata de crear una política de

⁶⁴ Originalmente estas tarjetas se elaboraban en un formato impreso; en la actualidad se han sustituido por medios electrónicos (correo e-mail) o audiovisuales (alarmas o barras de luz).

⁶⁵ Adicionalmente estas tarjetas podrán incluir todas las especificaciones físicas y técnicas del material en cuestión.

reaprovisionamiento, sino más bien influir en todas las actividades (producción, abasto, transporte y consumo) que estimulan la disminución de los niveles de inventario. Para explicar como se puede lograr, a continuación se describe la fórmula empleada para determinar el número de *Kanban* necesarios entre dos estaciones de trabajo (almacén y obra).

$$K = \frac{d * t * fs}{l}$$

Donde:

K = Número de *Kanban*

d = Demanda diaria promedio ó fabricación diaria promedio para cada pieza.

t = Tiempo de ciclo (tiempo de demora para obtener una pieza por producción o compra).

fs = Factor de seguridad (porcentaje propuesto como medida de precaución).

l = Tamaño del lote del contenedor (número de partes que tiene cada contenedor).

El objetivo es reducir el número de tarjetas, por lo tanto, implica reducir no sólo el inventario, sino también actividades en todo el proceso, manteniendo controladas solo aquellas que son verdaderamente productivas. De la fórmula anterior, se deduce que para disminuir el número de *Kanban* (manteniendo constante el tamaño del contenedor), se deben reducir los *stocks* de seguridad o el propio tiempo de ejecución.

La necesidad de mantener stocks de seguridad se reduce en la medida en la que la demanda y los suministros se conocen mejor. No obstante debe considerarse la flexibilidad en el manejo de los recursos con el fin de permitir a la empresa adaptarse a las posibles fluctuaciones de la demanda, las cuales pueden ser anticipadas mediante pronósticos estadísticos.

En el ámbito operativo, las entregas pequeñas y frecuentes de material son la clave del sistema, y pueden ser realizadas sin costo adicional, mediante relaciones de cooperación entre proveedores próximos a la planta. Esta situación puede ayudar a mejorar el control, la comunicación, el costo y la puntualidad de las transacciones, permitiendo mantener inventarios mínimos de entrada.

2.3. Control de la planeación industrial

Para valorar la eficiencia de cualquier método de trabajo, los objetivos propuestos deben ser evaluados y sus resultados comparados con los deseables en tiempo, forma y economía. Como parte complementaria a la implantación de una filosofía de trabajo como el *JIT*, se pueden incorporar herramientas que ayuden a valorar las consecuencias derivadas de la implantación de esta filosofía en un proceso de obra.

Un ejemplo de ello es el *Control Estadístico de Procesos (CEP)*, también conocido por sus siglas en inglés *SPC (Statistic Process Control)* el cual es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos. Es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios, siempre y cuando cumplan con dos condiciones: que se mensurable, es decir que pueda medirse, y que sea repetitivo.

El propósito fundamental del *CEP* es identificar y eliminar las causas especiales de los problemas (variaciones) para llevar a los procesos nuevamente bajo control. El *CEP* sirve para llevar a la empresa del *Control de Calidad Correctivo* (llevado a cabo por la simple inspección, dependiente de una sola área) al *Control de Calidad Preventivo* (atribuido a la fabricación, dependiente de las áreas productivas), y finalmente al *Control de Calidad Predictivo* (definido desde el diseño y que depende de todas las áreas de la empresa).

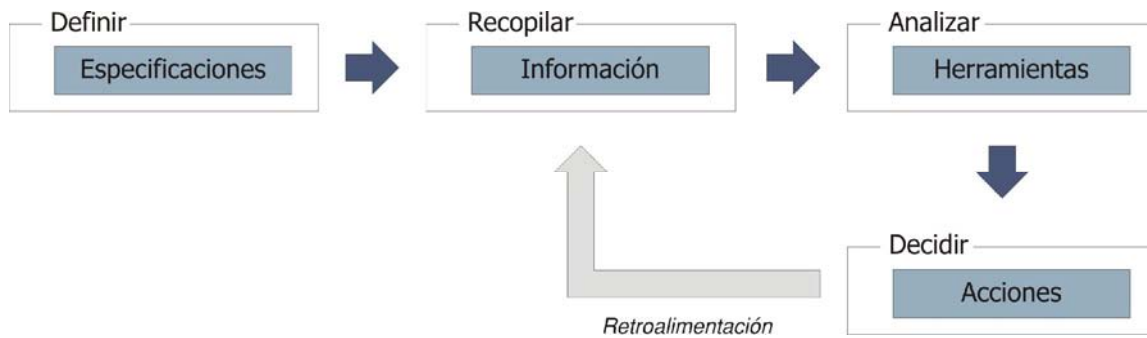


Figura 9. Ciclo de aplicación del *CEP* (pasos del *Control Estadístico de Procesos*)

Una empresa que cuenta con Control Estadístico puede mejorar sus procesos y reducir re-trabajos y desperdicios, generando una minimización de costos ya que el *CEP* implica asegurar que los procesos internos son llevados apropiadamente, que al equipo se le da el mantenimiento adecuado y que los recursos suministrados son los necesarios.

El *Control Estadístico de Procesos* puede ser utilizado por todo el personal que tenga o pueda tener en sus manos la posibilidad de mejorar algún proceso; por lo que puede aplicarse a las áreas de compras, edificación, almacenistas, administración, mantenimiento, fabricación y posventa.

La implantación del *Control Estadístico* dentro de una empresa no es sencilla, principalmente si es la primera vez que se utiliza, ya que siempre existe el factor cultura y algunos usuarios pueden mostrar resistencia a su uso.

Esta oposición esta originada principalmente por la negativa de algunas personas respecto al uso de la tecnología; sin embargo, esto puede ser evitado si se cuenta con un buen plan de acción donde la capacitación al personal sea un elemento clave.

2.4. *Lean Manufacturing*

En los últimos años, diversas herramientas de producción han sido empleadas para hacer más eficientes a los negocios; una de estas herramientas es la filosofía de gestión *Lean Manufacturing*. Este término de puede ser traducido como *Manufactura Delgada* o *Manufactura Esbelta*. Su propósito es el de reducir las actividades que no agregan valor de los procesos para agilizarlos.

Las herramientas *Lean* incluyen procesos continuos de análisis (*Kaizen*), producción (*Kanban*), y elementos y procesos a prueba de fallos (*Poka Yoke*).

A través de ciertos principios y técnicas de depuración, esta filosofía trata de eliminar la mayoría de las actividades que no agreguen valor al producto final que recibe el cliente. Tuvo su principal aplicación en las industrias automotrices.

2.4.1. Principios y objetivos básicos del *Lean Manufacturing*

Los principios básicos de esta filosofía son:

- *Valor*. Determina lo que el cliente está dispuesto a pagar.
- *Cadena de Valor*. Modelado y registro de todas las acciones específicas requeridas para eliminar las actividades que no añaden valor.
- *Flujo*. Eliminación de las interrupciones para lograr que el flujo de la cadena no tenga interrupciones.
- *Dinamismo*. Capacidad de innovar los productos y los procesos a través del análisis que brinda la evaluación de su uso por parte de los clientes.
- *Perfección*. Habilidad para lograr que las cosas se hagan bien desde el primer momento hasta la aplicación del esfuerzo de mejora continua.

Los objetivos básicos de esta filosofía son:

1. Reducción de Costos. Identificar procesos innecesarios y subprocesos se pueden rediseñar tareas para que puedan ser más eficientes y consecuentemente utilizar menos recursos.
2. Incrementar el Valor: Al igual que los costos, se deben identificar las cadenas de valor de las cuales es parte la Tecnología de Información, esto permite a los gerentes de TI participar de manera proactiva en las iniciativas para crear valor.
3. Reducir Tiempos de Espera: Un principio fundamental detrás de la transformación del Lean TI, es la eliminación de retrasos, *cuernos de botella* y retrasos sistemáticos. Se deben diseñar los procesos de manera para reducir estos retrasos lo mas posible, considerando la cultura organizacional y los perfiles del personal para que el cambio organizacional no sea tan drástico.
4. Reducción de Errores: Uno de los resultados más significativos de hacer eficientes los procesos y reducir la espera, es la subsiguiente reducción de errores.
5. Eliminación de Barreras: Se eliminan las barreras entre el departamento de sistemas y el resto de los departamentos de la organización.

Resumen

En este capítulo se detallaron las características de la planeación, pero bajo una perspectiva industrializada, buscando remarcar la importancia que esta etapa tiene por encima del resto que conforma el proceso administrativo sistémico, pues es aquí donde se gestan los planes y programas que marcarán la pauta para el desarrollo de una actividad industrializada. También se mencionaron de manera general algunos aspectos particulares de la fase del control, pues a través de esta herramienta se puede determinar si el trabajo ejecutado se está desarrollando cabalmente de acuerdo a los planes establecidos para el inicio, desarrollo y término de una acción productiva.

Los planes son los instrumentos fundamentales de la planeación. Son la propuesta que representa lo que se desea hacer y la forma en cómo debe realizarse. La planeación es el medio por el cual se proyectan y se fijan las bases de las actividades con el objeto de minimizar riesgos y aprovechar las oportunidades y los recursos. Decide el cuándo, dónde y quién debe realizar un proyecto o una etapa del mismo, incluyendo la elaboración de pronósticos, el establecimiento de metas y la selección de los procedimientos para la toma de decisiones.

Existen algunos modelos teóricos del proceso de planeación industrial como son el caso de la Teoría del *despegue (Take-Off)*, de *Rostow ó la Teoría de la industrialización tardía*, de *Gerschenkron*, las cuales desde el punto de vista de los autores, enuncian las condiciones ideales (políticas, económicas, culturales y de referencia) que una empresa ó un país deben poseer para poder procurar su propio desarrollo industrializado.

Desde los inicios de la revolución industrial, los artesanos que poseían sus talleres y realizaban su trabajo a mano, no pudieron seguir elaborando sus pequeñas industrias; las grandes fábricas realizaban rápidamente y a menor costo la labor que ellos hacían empleando más tiempo y gasto de energía. Con la conformación de las nuevas fábricas inició el interés por proponer medios de control necesarios para regular los almacenes y los inventarios de una fábrica. Anteriormente la logística representaba solamente tener el producto solicitado, en el sitio requerido, en el tiempo establecido y al menor costo posible; actualmente estas actividades aparentemente sencillas han sido redefinidas y ahora se han convertido en todo un proceso.

Bajo esta concepción de estudiar a la logística como un nuevo método de trabajo, se han desarrollado paralelamente filosofías como el *Just in Time*, herramientas como el *Kan-Ban*, o metodologías como *Hosin Kanri*.

La metodología *Just in Time* es una filosofía industrial que busca lograr la fabricación de los productos estrictamente necesarios, en el momento preciso y en las cantidades debidas, eliminando todo lo que implique desperdicio en el proceso constructivo, desde las compras de los materiales hasta la distribución del producto terminado. El *JIT* incluye una estrategia de flujo de línea para lograr una producción de alto volumen a bajo costo y tiene como objetivo un procesamiento continuo, sin interrupciones.

Para valorar la eficiencia de cualquier método de trabajo, los objetivos propuestos deben ser evaluados y sus resultados comparados con los deseables en tiempo, forma y economía. Como parte complementaria a la implementación de una filosofía de trabajo como el *JIT*, se pueden incorporar herramientas que ayuden a valorar las consecuencias derivadas de la implantación de esta filosofía en un proceso de obra. Un ejemplo de ello es el *Control Estadístico de Procesos (CEP)*, el cual es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten analizar la información de procesos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos.

“...La naturaleza ofrece todos los materiales que la gente del campo necesita para la construcción de sus viviendas y es pródiga en cuanto a la variedad, abundancia y calidad de los mismos. Estos materiales son fáciles de obtener, preparar y utilizar, razón por lo que el problema económico de su adquisición se elimina y solo se requiere trabajo personal para recogerlos y utilizarlos.

...Los procedimientos de construcción de las razas aborígenes son muy variados debido a las diversas condiciones climáticas y a la profusión de materiales locales. Estos procedimientos de construcción determinan características dominantes de la arquitectura de la vivienda, de tal manera que es fácil saber qué región y algunas veces a qué raza pertenece un cierto tipo de casa...”

La vivienda indígena de México y del mundo⁶⁶
(Víctor José Moya Rubio)

CAPÍTULO 3

La industria de la construcción

- 3.1 ¿Por qué la construcción en arquitectura es una industria?
- 3.2 Parámetros de la construcción industrializada

3.1. ¿Por qué la construcción en arquitectura es una industria?

Para responder a esta pregunta, basta recordar los conceptos que caracterizan a la *industrialización*, revisados en el primer capítulo de esta investigación, y llevar su esencia a la estructura de una obra. Mediante su institución en un proceso constructivo se pueden obtener recursos materiales, transformarlos para generar materiales prefabricados, llevarlos al punto donde serán utilizados y a veces volverlos a transformar, derivando en procedimientos más complejos.

Para lograrlo, también es necesario promover la tecnología (materiales, maquinaria), contar con mano de obra calificada y tener líneas investigación que ayuden a mejorar los sistemas tradicionales (nuevos materiales, modernos modelos administrativos para gestionar los recursos).

La *industria de la construcción* ó *construcción industrializada*, también tiene como características la especialización de la mano de obra, la concentración de planes y procesos en una unidad de mando, la prefabricación y estandarización de los materiales constructivos, y la extensión de la mano de obra a través de maquinarias que potencien el rendimiento de los trabajos.

⁶⁶ MOYA Rubio, Víctor José. *La vivienda indígena de México y del mundo*. Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinación de Humanidades. 3ª Edición. México, 1988.

Al igual que cualquier procedimiento industrial, el objetivo de la construcción industrializada tiene como premisas básicas mejorar la productividad en la ejecución de los trabajos, optimizando costos y recursos, y aumentando considerablemente la calidad del producto terminado en obra.

3.1.1. Antecedentes de la industrialización en la arquitectura

Aunque podemos afirmar que la *construcción industrializada* tuvo su auge después de la Segunda Guerra Mundial de 1942, cuando para reconstruir en el menor tiempo posible a las ciudades devastadas por los ataques, los países afectados necesitaron crear nuevos sistemas constructivos con un manejo controlado de los recursos materiales y mano de obra coordinada; conviene aclarar que desde casi un siglo antes, el concepto de industrialización comenzó a influir considerablemente en los procesos constructivos.

Para sustentar esta afirmación es necesario mencionar a dos personajes que al respecto hicieron aportaciones importantes en el ramo de la arquitectura.

3.1.1.1. *Sir Joseph Paxton*⁶⁷

En 1851 con motivo de la *Gran Exposición* ó *Exposición Universal* de Londres (*Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations*), proyectó en 10 días y construyó en 6 meses un edificio de aproximadamente 72,000 metros cuadrados, conocido como el *Crystal Palace* (Palacio de Cristal); para edificarlo utilizó en su totalidad elementos prefabricados de vidrio y metal.

Esta exhibición fue promovida por el *Príncipe Alberto* (esposo de la *Reina Victoria*) con la finalidad de exponer el progreso de todo el mundo en cuanto a maquinaria, productos manufacturados, materias primas y artes, todo ello fruto de la creciente industrialización mundial.

Además, esta exposición también quería mostrar a los demás países europeos a una Gran Bretaña muy superior en temas como la industria, la milicia y una sólida economía, producto del momento histórico que los ingleses vivían como consecuencia de la *Revolución Industrial*.

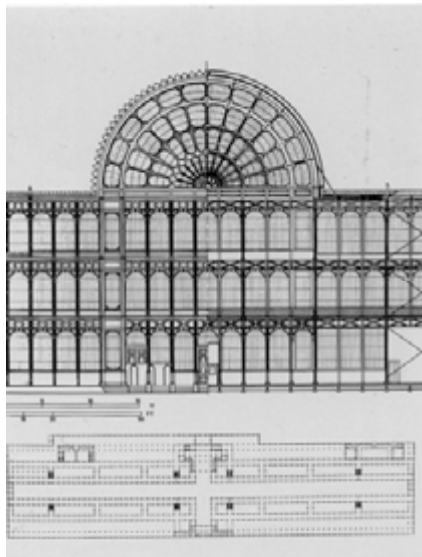
El *Crystal Palace* es considerado como uno de los primeros edificios rentables de la historia, pues parte de los materiales con los que estaba construido podían desmontarse para posteriormente darles un nuevo uso. Debido al material utilizado para su estructura, hierro y cristal, fue la primer edificación proyectada a base de una composición geométrica establecida por módulos montables (segmentos metálicos y placas de cristal).

⁶⁷ Arquitecto y paisajista inglés (agosto 3, 1803 – junio 8, 1865), quien en sus inicios trabajó como jardinero de *William George Cavendish* (sexto duque de *Devonshire*) en Chatsworth, *Derbyshire*, en donde comenzó a construir numerosos jardines públicos y privados, y grandes invernaderos a base de hierro y vidrio



Figura 10. Representación pictórica del exterior del *Crystal Palace* diseñado por *Joseph Paxton* para la *Exposición Universal* de Londres de 1851.

Desde el punto de vista estético, también es considerado como un espacio de vanguardia pues supone la ruptura del espacio interior y exterior; la transparencia del cristal le proporcionaba gran luminosidad al inmueble, haciendo posible mirar el exterior desde el interior y viceversa, convirtiéndolo en una gran ventana de exhibición.



Figuras 11 y 12. Plano con una sección de la fachada principal del *Crystal Palace* y planta arquitectónica (izquierda); y fotografía del acceso principal del edificio poco antes de su destrucción en 1936 (derecha).

Originalmente el edificio se encontraba en *Hyde Park*, pero en 1854 fue trasladado a una zona del sur de Londres conocida como *Upper Norwood*, donde permaneció hasta su destrucción por un incendio en 1936.

3.1.1.2. *Walter Adolph Gropius*⁶⁸

Su continuo interés en el impacto ejercido por la industria sobre la arquitectura, lo llevó a realizar estudios para la construcción de casas en serie (problema nuevo en el diseño) y prefabricadas (método innovador de llevarlo a cabo); por su trabajo es reconocido como pionero respecto al desarrollo de los alojamientos alemanes.

A partir de 1926 *Gropius* se dedicó intensamente al diseño de grandes bloques de viviendas, en los que veía la solución a los problemas urbanísticos y sociales. También abogó en favor de la racionalización de la industria de la construcción, para permitir la edificación de forma más rápida y económica⁶⁹. Diseñó conjuntos de viviendas, en los que aplicó sus ideas; entre sus proyectos se encuentran los apartamentos para clase media de *Siemensstadt* (1929) y el proyecto de un edificio de pisos elevados en *Wannsee* (1931).



Figura 13. Construcción *Siemensstadt* (edificios de la *Siemens* para vivienda). Berlín 1929.

⁶⁸ Arquitecto, urbanista y diseñador alemán (Berlín, Alemania; julio 5, 1883 – Cambridge, Massachusetts, EUA; julio 5, 1969). Fundador de la escuela de diseño Bauhaus, en la que se enseñaba a los estudiantes a utilizar materiales modernos e innovadores para crear edificios, muebles y objetos originales y funcionales. Se ocupó de esta escuela, primero en *Weimar* y luego en *Dessau*, desde 1919 hasta 1928. En 1934 abandonó Alemania después de sufrir agresiones de los nazis a su trabajo y a la escuela Bauhaus. Después de trabajar durante tres años en Inglaterra, se trasladó a los Estados Unidos, donde fue profesor de arquitectura en la escuela de diseño de *Harvard*. En 1946 fundó un grupo de jóvenes arquitectos conocido como *The Architects Collaborative, Inc. (TAC)*.

⁶⁹ FITCH, James Marston. *Walter Gropius*. Colección *Maestros de la arquitectura mundial*. Trad. Víctor Scholz. Editorial Bruguera, S.A. Barcelona, España; 1964.

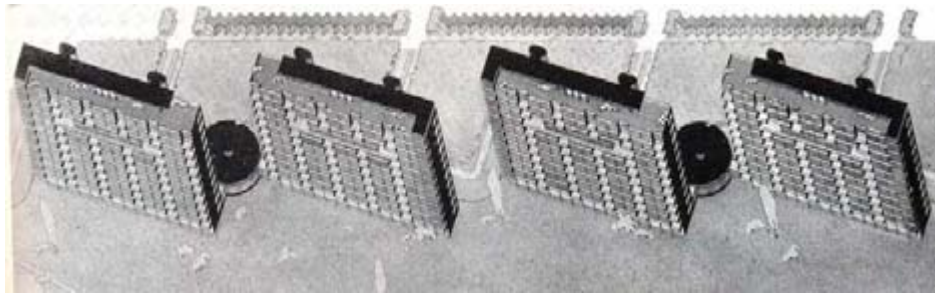


Figura 14. Bloques de apartamentos (proyecto con *Marcel Breuer*); *Wannsee*, Berlín, 1931.

Durante sus años de trabajo en Alemania (1907 a 1934), *Gropius* efectuó estudios de diseños ahorradores de trabajo tanto en la construcción como en el uso de sus viviendas.

En 1909 redactó una propuesta para la aplicación de técnicas industriales avanzadas a la producción de forjados estandarizados en virtud de las cuales pudiesen ajustarse diversos diseños de casas. Este tema lo retomó con sus proyectos en *Weimar* (1921) y con las viviendas para trabajadores en *Toerten, Dessau* (1926-27).

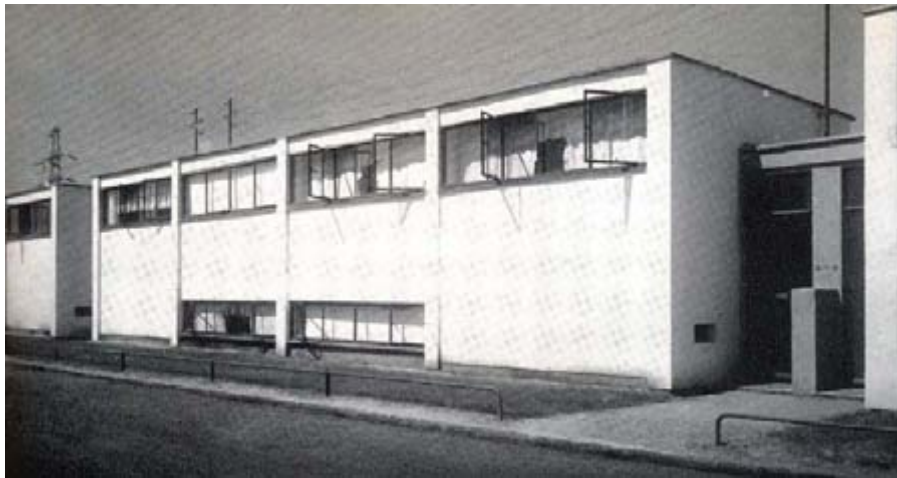


Figura 15. Hilera de casas para trabajadores. *Toerten, Dessau*, de 1926 a 1927.

Para la exhibición de viviendas de *Werkbund* en 1927, diseñó y construyó una casa prefabricada muy ligera con estructura de metal y muros de corcho y amianto, una variedad de asbesto. Posteriormente diseñó otra casa prefabricada a base de muros de cobre para un industrial alemán en 1931 y otro proyecto similar para la *General Panel Corporation*, en América, en 1945.



Figuras 16, 17 y 18. Casa prefabricada a base de paneles de obre (1931). Construcción y ensamblaje de paredes (arriba); vista exterior (en medio) y vista desde la terraza (abajo).

3.2. Parámetros de la construcción industrializada

La evolución de la construcción industrializada puede clasificarse en dos grandes grupos: la edificación tradicional y la moderna. El primero, que aún sigue operando en muchas partes del mundo, utiliza materiales del lugar y la mayoría de las veces emplea mano de obra propia (autoconstrucción); este grupo evidentemente no cuenta con algún programa de planeación estratégica o de control que evalúe productividad, costos y calidades de la obra.

El segundo, en cambio, sigue un proceso de trabajo diseñado desde la etapa de la planeación administrativa mediante un programa temporal, especializando la mano de obra y coordinando jerárquicamente a un grupo de personas que conjuntan equipos de labor administrativa, operativa y de ejecución, además de incluir en los procesos maquinarias de fabricación y transportación, así como también una clasificación de los materiales utilizados en la obra.



Figuras 19 y 20. Ejemplos de los dos grandes grupos de edificación: el tradicional (izquierda), y el industrial (derecha).

Dos características importantes que invariablemente deben estar presentes dentro de un proceso industrial son la *continuidad* y la *cantidad*.

La primera se refiere a evitar cualquier tipo de cambio que afecte el proceso. No obstante, todo proceso industrial debe ser lo suficientemente flexible como para adecuarse a las modificaciones que de manera natural se van dando, dependiendo de la evolución conjunta de todas las variables y de todos los factores que participan de una actividad constructiva en particular; sin embargo es necesario procurar un estado de continuidad en los planes, programas y diseños que rigen el desenvolvimiento de la obra, ayudando a garantizar la máxima eficiencia de todo el sistema.

Por *cantidad* se entenderá el *volumen* de la obra. Entre mayor sea el número de objetos que integran el conjunto a construir, podrá asegurarse un trabajo ejecutado bajo los criterios de estandarización que caracterizan la producción en serie de cualquier proceso industrializado.

La actividad en la que estos dos conceptos son más fácilmente ejemplificados es en la construcción de vivienda, principalmente de interés social y medio residencial. Casi siempre se estiman conjuntos habitacionales con un gran número de viviendas (en el caso de las de interés social van de las 300 hasta 5,000 unidades por zona), y todas ellas siempre –o casi siempre- tienen el mismo diseño por lo que pueden compararse con la fabricación de artículos en serie, conformadas por piezas similares a manera de refacciones idénticas, y siguiendo el mismo proceso constructivo.

3.2.1. Componentes de la construcción industrializada

Se identifican tres componentes principales que conforman todo el concepto de construcción industrializada: la construcción en pirámide, la especialización de la mano de obra y la selección técnica de los materiales.

3.2.1.1. Construcción en pirámide

En ocasiones las dimensiones de las obras son tan grandes, que estas suelen dividirse o fraccionarse en varios frentes. Esta división permite iniciar los trabajos en un primer bloque, por ejemplo, con la preparación y compactación de plataformas para posteriormente seguir con los trabajos de excavación, habilitado de acero, salidas de instalaciones sanitarias y por último el colado de la losa de cimentación.

Al terminar esta primera etapa, puede comenzarse el desplante de los muros y el colado de los castillos; y mientras esto sucede, al mismo tiempo en un segundo bloque iniciarían los trabajos de cimentación descritos en el párrafo anterior. Posteriormente se procede al colado de la losa de azotea o entrepiso, según sea el caso, mientras en el segundo frente comienza el desplante de los muros estructurales. Al mismo tiempo se inicia en un tercer bloque los trabajos de cimentación.

Siguiendo esta cadena, en la misma obra se tendrán frentes distintos y todos presentarán diferentes niveles de avance según la partida que se esté desarrollando. Esta distribución del trabajo nos lleva a clasificar al personal que trabaja en cada frente, según su actividad principal; es decir, tendremos una mano de obra especializada.



Figuras 21, 22 y 23. Producción en cadena, en la que se intervienen distintos frentes de manera simultánea, alcanzando diferentes niveles de avance, de acuerdo a la programación de las partidas de la obra.

3.2.1.2. Mano de obra especializada

Especializar la mano de obra, consiste en asignarle un trabajo el cual van a desarrollar durante todo el proceso que dura la obra, generando una curva de rutina. De esta manera se conformarán grupos de trabajo en donde solo se dedicarán habilitar acero, colar losas de concreto o levantar muros.

También es posible combinar sus actividades para que en el supuesto de que la partida en ejecución haya concluido, la misma cuadrilla puede dedicarse ahora a realizar un trabajo distinto, por ejemplo si antes construía losas de cimentación, después podrá colar losas de entepiso. La actividad en sí es la misma, y puede seguir interpretándose como una rutina similar pero con adaptaciones particulares.



Figuras 24 y 25. Ejemplo de la especialización de la mano de obra, donde cada uno de los trabajadores dominan una sola actividad.

3.2.1.3. Clasificación de los materiales

Para poder desarrollar un plan de trabajo organizado en el cual se especialice la mano de obra, junto con la congruente ejecución del proyecto dividido en etapas (partidas), es necesario entender la función y uso de los materiales constructivos. A grandes rasgos, podemos clasificarlos en cuatro rubros diferentes:

- I. *Aglutinantes y de fabricación programada.* Concretos, morteros, aplanados, yesos, pastas, recubrimientos; y en general todos aquellos que para ser utilizados en obra necesitan pasar previamente por un proceso de transformación química o física.
- II. *Materiales manufacturados y prefabricados.* Tabiques, bloques, viguetas, bovedillas, habilitados, secciones de acero pre-habilitado; es decir, todos aquellos elementos que no requieren de una transformación directa, pero que tampoco pueden funcionar como elementos aislados en la obra.
- III. *Instalaciones generales.* Tuberías de cobre (agua y gas), plásticas (sanitaria y eléctrica), conexiones y accesorios. No requieren de preparación directa previa, pero que forman parte de toda una red de infraestructura.

IV. *Colocación simple*. Tinacos, calentadores, lavaderos, tarjas, lavamanos, excusados, accesorios de baño, llaves, apagadores, contactos y muebles en general; solamente requieren de ser colocados a las salidas correspondientes.



Figuras 26, 27 y 28. Clasificación de los materiales utilizados en obra, de acuerdo a su fabricación y uso.

3.2.2. Materiales prefabricados

El término *prefabricación* en el campo de la construcción, significa *fabricación antes ser puesto en obra*. En su sentido más general, esta denominación se aplica a toda fabricación de elementos de construcción hecha en taller a partir de materias primas o de semi-productos juiciosamente escogidos y utilizados⁷⁰, para posteriormente ser transportados a la obra donde concurre la edificación del trabajo.

En estricto sentido, todo material ocupado en obra es prefabricado. Al sitio no llegan camiones de arcilla para ser convertidos en tabiques, ni tampoco llegan cantidades de cobre necesarias para ser transformadas en tubería. De acuerdo a este razonamiento aparentemente no hay nada nuevo en el concepto de la *prefabricación*, sin embargo el empleo de la palabra es relativamente reciente, pues su uso data de los primeros años posteriores a la *Segunda Guerra Mundial*. Con este vocablo se designan en la actualidad a los materiales de *concreto armado*, *concreto presforzado* (*pretensado* y *postensado*) y las armaduras metálicas.

La *prefabricación* se da en todos los niveles de quienes toman parte de la construcción, tanto en la fase de concepción como en la de realización, siguiendo ideas directrices en cuanto a la aplicación y condiciones óptimas de ejecución.

Hay motivos para pensar que, en razón de los resultados tangibles que puedan obtenerse al analizar el uso de estos materiales en una obra, la *prefabricación* esté encaminada a proponer un

⁷⁰ Ver la *figura 1* en el *punto 1.1.1.* del primer capítulo de este documento, la cual representa la *gestión de la producción* como referencia inmediata a los sistemas industrializados.

cambio radical de los antiguos procedimientos, obligando a los contratistas a modificar sus métodos tradicionales para sustituirlos en todos los casos posibles por el trabajo industrial⁷¹.

La planeación estratégica de procedimientos industriales, también tiene influencia en el campo de los materiales prefabricados, pues a través de ella se puede gestionar el uso, manejo, transportación y empleo de este tipo de elementos, de manera combinada con todas las demás actividades y sujetos involucrados en la tarea constructiva.

3.2.3. Integración de los componentes de la construcción industrializada

Una vez que se tiene definido el proyecto, se ha organizado al personal y se han determinado las especificaciones de los materiales, se debe proceder a diseñar un programa de trabajo, en el cual se establecen los tiempos de ejecución de la obra. Se divide todo el emplazamiento por bloques, según el plan maestro y cada uno se agrupa en frentes a cargo de los cuales estarán residentes de obra coordinados por uno o varios superintendentes. Los residentes también podrán estar divididos según el lugar físico o por especialidades (estructura, instalaciones, acabados, urbanización).

Este programa de obra es seguido lo más apegadamente posible por el personal operativo, quien a su vez va a estar en contacto con el departamento encargado de suministrar los materiales necesarios para la ejecución del proyecto. Este departamento –compras, adquisiciones- estará en negociación constante con los diferentes proveedores de materiales a quienes, mediante solicitudes de pedido u órdenes de compra, estará requiriendo periódicamente el material o producto necesario para el oportuno avance de la obra.

En México existen empresas que de una u otra forma han comenzado a incorporar estas estrategias de trabajo entre sus procedimientos; la gran mayoría son constructoras dedicadas al desarrollo de vivienda de interés social, medio residencial y obra de infraestructura urbana. Enlistadas en función de sus ventas obtenidas durante el año 2007⁷², estas firmas son:

1. Empresas ICA / Distrito Federal (22,489.0 millones de pesos)
2. Homex / Sinaloa (16,166.1 millones de pesos)
3. Casas Geo / Distrito Federal (14,975.6 millones de pesos)
4. CÍCSA / Distrito Federal (12,863.5 millones de pesos)
5. Urbi Desarrollos Urbanos / Baja California (2,209.3 millones de pesos)
6. Consorcio ARA / Distrito Federal (9,257.3 millones de pesos)
7. ICA Construcción Civil / Distrito Federal (7,744.0 millones de pesos)
8. Grupo Garza Ponce / Nuevo León (5,617.9 millones de pesos)
9. SARE / Distrito Federal (4,879.0 millones de pesos)
10. CÍCSA Fabricación y Servicios / Distrito Federal (4,623 millones de pesos)

El sistema de trabajo en ellas es muy similar; solo cambia según los departamentos o dependencias que forman parte de su estructura empresarial, sin embargo sus operaciones son afines.

⁷¹ REVEL, Maurice. *La prefabricación en la construcción*. Urmo, S.A. de Ediciones. Bilbao, España; 1973.

⁷² "100 Constructoras más importantes en México". *Revista Obras*. Editorial Expansión. México D.F. Año XXXVI, número 429 (septiembre 2008). Pág. 66.

Resumen

La *industria de la construcción* ó *construcción industrializada* tiene como características la especialización de la mano de obra, la concentración de planes y procesos en una unidad de mando, la prefabricación y estandarización de los materiales constructivos, y la extensión de la mano de obra a través de maquinarias que potencien el rendimiento de los trabajos. En un proceso constructivo pueden obtenerse recursos materiales, transformarlos para generar materiales prefabricados, llevarlos al punto donde serán utilizados y a veces volverlos a transformar, derivando en procedimientos más complejos.

Al igual que cualquier procedimiento industrial, el objetivo de la construcción industrializada tiene como premisas mejorar la productividad en la ejecución de los trabajos, optimizar costos y recursos, y aumentar considerablemente la calidad del producto terminado en obra.

Aunque podemos afirmar que la *construcción industrializada* tuvo su auge después de la Segunda Guerra Mundial de 1942, casi un siglo antes el concepto de *industrialización* comenzó a influir considerablemente en los procesos constructivos, y como ejemplo pueden mencionarse a *Joseph Paxton*, quien en 1851 con motivo de la *Exposición Universal* de Londres proyectó un edificio de aproximadamente 72,000 metros cuadrados conocido como el *Crystal Palace*, utilizando en su totalidad elementos prefabricados de vidrio y metal; y a *Walter Gropius*, quien a partir de 1926 se dedicó al diseño de grandes bloques de viviendas, abogando por la racionalización de la industria de la construcción, promoviendo la edificación de forma rápida y económica.

La evolución de la construcción industrializada puede clasificarse en dos grandes grupos: la edificación tradicional y la moderna. El primer grupo utiliza materiales del lugar y la mayoría de las veces emplea mano de obra propia. El segundo, en cambio, sigue un proceso de trabajo diseñado desde la etapa de la planeación administrativa mediante un programa temporal, especializando la mano de obra y coordinando jerárquicamente a un grupo de personas que conjuntan equipos de labor administrativa, operativa y de ejecución, además de incluir en los procesos maquinarias de fabricación y transportación, así como también una clasificación de los materiales utilizados en la obra.

Son tres los componentes principales que conforman a la construcción industrializada: la construcción en pirámide, la especialización de la mano de obra y la selección técnica de los materiales.

El término *prefabricación* en el campo de la construcción, significa *fabricación antes ser puesto en obra*. En su sentido más general, esta denominación se aplica a toda fabricación de elementos de construcción hecha en taller a partir de materias primas o de semi-productos juiciosamente escogidos y utilizados, para posteriormente ser transportados a la obra donde concurre la edificación del trabajo.

La *prefabricación* se da en todos los niveles de quienes toman parte de la construcción, tanto en la fase de concepción como en la de realización, siguiendo ideas directrices en cuanto a la aplicación y condiciones óptimas de ejecución.

Una vez que se tiene definido el proyecto, se ha organizado al personal y se han determinado las especificaciones de los materiales, se debe proceder a diseñar un programa de trabajo, en el cual se establecen los tiempos de ejecución de la obra.

“...Podemos ver y comprobar fácilmente el derroche de las cosas materiales. Pero los movimientos torpes, ineficientes o mal dirigidos de los hombres no dejan nada visible o tangible detrás de ellos...”

Principios de la Administración científica⁷³
(Frederick W. Taylor)

CAPÍTULO 4

Modelo de planeación industrial

- 4.1 ¿Cómo aplicar el modelo en un proyecto arquitectónico?
- 4.2 Diseño del modelo de planeación
- 4.3 Cultura y cambio de actitud

4.1. ¿Cómo aplicar el modelo en un proyecto arquitectónico?

El modelo de planeación industrial aplicado a la edificación de espacios arquitectónicos, debe tener por objeto evitar grandes movimientos en la organización de la obra durante su ejecución, y permitir la capacitación de los trabajadores para que puedan manejar los materiales requeridos, los cuales deberán controladamente almacenarse y transportarse hasta el lugar específico donde serán utilizados, evitando desperdicios y supervisando su rotación durante todo el proceso constructivo; esto permitirá establecer una línea de desarrollo secuencial y repetitiva, constituyendo un criterio de especialización y fomentando a su vez la eficiencia de todas las demás actividades.

Esta investigación pretende acercarse al estudio de las etapas a través de las cuales se desenvuelve un proyecto arquitectónico, desde su concepción inicial hasta su divulgación como sistema de construcción, desde un punto de vista administrativo enfatizado por la planeación, pues en esta fase se establecen los procedimientos y se diseñan los programas de acción que regirán globalmente el proceso constructivo.

En términos universales, la finalidad de todo sistema industrializado implica generar un producto cuya colocación en obra sea sencilla, controlada y repetitiva, permitiendo sin mayores restricciones el desarrollo de una gran variedad de soluciones constructivas diseñadas por los arquitectos.

4.1.1. Antecedentes de la aplicación del modelo

Frederick W. Taylor en su libro *Principios de la Administración Científica* cita un estudio realizado por *Frank B. Gilbreth* quien en su juventud había estudiado la construcción a base de tabiques⁷⁴. Analizó a detalle cada uno de los movimientos del albañil, y comenzó por eliminar, una a una, todas

⁷³ TAYLOR, Frederick Winslow. *Principios de la administración científica: Administración industrial y general*. Ed. Ateneo. Buenos Aires, Argentina; 1973.

⁷⁴ *Ibidem*.

las actividades innecesarias, reemplazando aquellas lentas por otras más rápidas. Realizó experimentos con todas las causas que de alguna manera afectaban la rapidez de la acción y propiciaban el cansancio del trabajador.

Como resultado de su estudio⁷⁵, determinó que los tabiques al ser descargados y antes de ser entregados al colocador, fueran cuidadosamente ordenados por un peón y colocados con su mejor borde hacia arriba sobre una tarima simple de madera, de manera tal que permitiera al albañil tomar cada pieza en el menor tiempo y con la posición más ventajosa; evitando de esta forma un segundo acomodo del material para examinarlo antes de utilizarlo, ahorrando también el tiempo invertido en decidir cuál era el mejor borde y el mejor extremo para ser colocado en la parte externa de la pared.

Definió también la altura más conveniente para el cubo de mezcla y el montón de tabiques, para luego diseñar un andamio con un banco sobre el cual se colocarían todos los materiales de manera que, tabiques, mezcla, obrero y pared, tuvieran una posición relativa apropiada.

Estos andamios, a medida que la pared crecía, iban a ser regulados por otro albañil especialmente preparado, y de esta forma el colocador se ahorraría el esfuerzo de agacharse hasta el nivel de sus pies para tomar tabique y cucharada de mezcla, para luego enderezarse nuevamente.

Inclusive llegó a determinar la posición exacta que cada uno de los pies del oficial debían ocupar con respecto a la pared, al contenedor con la mezcla y a la pila de tabiques, evitando así tener que dar un paso o dos hacia donde se encontraba el material y regresar nuevamente cada vez que lo colocaba.

Gilbreth debía construir una pared de 30 cm de espesor con dos tipos de tabiques diferentes y con un acabado aparente en ambos lados del muro; después de haber seleccionado e instruido con sus nuevos métodos a un grupo de albañiles consiguió que en la obra se tuviera un rendimiento de 350 tabiques colocados por trabajador en una hora⁷⁶, demostrando así que en la construcción de un gran edificio hecho a base de muros de tabique, podía obtenerse una ganancia considerable en cuanto a tiempos, a partir de la aplicación práctica de un estudio científico.

El análisis de los medios empleados por *Gilbreth* para reducir tiempos en el trabajo de sus albañiles, demuestra que este perfeccionamiento podía obtenerse de tres maneras diferentes:

1. Eliminando por completo ciertos movimientos que los albañiles creían necesarios pero que en sus estudios y ensayos demostraron su inutilidad.
2. Enseñando a sus albañiles a ejecutar movimientos simples, con ambas manos a la vez, en actividades donde anteriormente realizaban un movimiento con la mano derecha y luego otro con la izquierda.
3. Introduciendo aparatos simples (como sus andamios regulables y sus contenedores para sostener los tabiques), mediante los cuales con cierta cooperación por parte del obrero, se eliminarían completamente muchos movimientos fatigosos y consumidores de tiempo.

⁷⁵ Conocido también como *La Ciencia de Colocar Tabiques*.

⁷⁶ Antes de poner en práctica sus estudios, el rendimiento era de 120 tabiques colocados por albañil en cada hora.

En suma, puede deducirse que el éxito de esta mejora en la productividad del trabajo realizado por un albañil que construye un muro de tabique aparente, se debe a la interpretación de cuatro elementos componentes de la administración científica:

- a) Desarrollo por administración y no por empleado, determinando reglas rígidas para cada movimiento del albañil, buscando la estandarización de todas las herramientas y condiciones de trabajo.
- b) Selección cuidadosa del personal y su adiestramiento posterior, para convertirlos en obreros de primera clase, y consecuentemente eliminando a todos los trabajadores que se rehusaran o fueran incapaces de adoptar nuevos métodos.
- c) Identificación del albañil con categoría de oficial, mediante la ayuda y vigilancia constante de la dirección, pagándole un sueldo diario justo por trabajar rápidamente haciendo lo que se le ordena.
- d) División casi igual del trabajo y compartiendo la responsabilidad entre el obrero y la administración.

¿Por qué razón en un oficio como este, que ha sido ininterrumpidamente practicado del mismo modo desde hace tanto tiempo y utilizando instrumentos prácticamente iguales a los de ahora, la simplificación de actividades no ha sido analizada anteriormente?

Es muy probable que en muchas oportunidades algún albañil haya reconocido la posibilidad de eliminar algunos movimientos innecesarios en su trabajo. Pero aún cuando hubiera ideado cada una de las mejoras propuestas por estos postulados, tal vez jamás habría aumentado por sí mismo la velocidad de su trabajo, pues cuando varios trabajadores laboran conjuntamente en grupo alineados a lo largo de los muros que se están construyendo, deben mantener el mismo promedio de velocidad; es decir, ninguno de ellos podía reducir su ritmo de actividad del que se encuentra a su lado. Tampoco tenía la suficiente autoridad para forzar a los demás a efectuar el trabajo con mayor rapidez.

La mayoría de las personas prácticas que conocen la oposición de los artesanos a efectuar cambios en sus métodos y hábitos, considerarían con escepticismo la posibilidad de lograr resultados mediante un estudio científico basado en el análisis de los tiempos de ejecución. Solo con la estandarización forzosa de los métodos, la adopción precisa de las mejores herramientas y condiciones de trabajo y la cooperación obligatoria, puede obtenerse un trabajo industrializado con más celeridad.

4.1.2. Consideraciones previas a la aplicación del modelo

Antes de comenzar a hablar de la incorporación de modelos de planeación y control a la edificación de conjuntos arquitectónicos en serie, deben hacerse algunas reflexiones dentro del marco de producción industrial desde el punto de vista del diseño:

- ¿Es posible realizar proyectos constructivos aplicando sistemas prefabricados a través de un método de planeación y control de obra, respetando la idea original del arquitecto?
- ¿Industrializar la construcción implica la desaparición de la libertad de proyectar?

Previamente a establecer respuestas que satisfagan las interrogantes anteriores, conviene estudiar cómo ha evolucionado el concepto de industrialización en la construcción y cuáles han sido los modelos aplicados a través del tiempo; destacando tres etapas principales basadas en los tipos de prefabricación utilizados:

1. El uso de sistemas prefabricados de grandes paneles; los cuales fueron desarrollados en Europa a principios de los cincuenta para solucionar el problema de la vivienda ocasionada por su destrucción masiva ocurrida durante las guerras mundiales. Al principio, este sistema no tuvo muy buen recibimiento pues los altos costos iniciales de las plantas de producción y el reducido radio de acción para sus traslados, hacían más difícil su implantación.
2. El desarrollo de sistemas prefabricados semi-pesados y livianos; destacando la incorporación de componentes industrializados de tamaño medio, con las facilidades que ello conlleva en cuanto a traslado y montaje. Los requerimientos de capital para el desarrollo de una industria de estas características eran menores que para el caso de las fábricas requeridas por los sistemas pesados; el radio de acción de producción de una fábrica era mayor que el de los sistemas de grandes paneles. Ambos no se tratan de sistemas con gran libertad de diseño, pero en aquel entonces comenzaban a utilizarse con otros enfoques.
3. La elaboración de componentes procesados en talleres; los cuales poseían una gran flexibilidad de ejecución, sin limitaciones de tamaño y con costos adecuados. La ventaja fundamental de los sistemas de esta etapa es que existieron proveedores de piezas básicas industrializadas, que posteriormente eran procesadas en talleres con bajo costo de instalación, donde se armaban los diferentes componentes requeridos por el sistema para luego ser montados en obra.

Analizando estas etapas de evolución de los sistemas constructivos, se encuentran diferentes potencialidades en los sistemas prefabricados con relación a la creatividad:

- Primero, se pueden desarrollar productos con un diseño constructivo y soluciones muy rígidas que verdaderamente limitan los procesos creativos de quienes adoptan estos sistemas como recurso. La búsqueda de soluciones arquitectónicas se basa fundamentalmente en la organización espacial del conjunto por encima del diseño del espacio individual.
- Segundo, se desarrollan productos que permitan una limitada elección de diseño, dado que el objetivo de esos sistemas debe ser el crear sistemas de componentes semiabiertos, que posibiliten el desarrollo de una variedad limitada de tipologías por parte de los proyectistas a partir de diseñar componentes muy elaborados de poca flexibilidad.
- Finalmente, debe manifestarse la tendencia al uso de sistemas prefabricados dirigidos a aquellos sistemas abiertos que brindan un abanico de posibilidades de desarrollo de diseño muy amplio.

La industria de la construcción puede desarrollar un conjunto de operaciones especializadas que al hacer un mejor uso de herramientas, equipos y máquinas, comience gradualmente a sustituir el trabajo en obra por operaciones mecánicas más efectivas, obteniendo resultados constructivos óptimos, en tiempos adecuados a las necesidades de los programas de construcción y en un ambiente de trabajo más aceptable para la mano de obra.

Ante la posibilidad de repetir procesos de producción tomando en cuenta los progresos de la industria manufacturera, debe aprovecharse la oportunidad de crear las condiciones que permitan adoptar métodos de la producción seriados. Los componentes definidos por estas líneas de producción pueden llevarse directamente a la obra, y a través de un montaje sistematizado adecuado a las características de cada sistema constructivo se lograría un producto final de rápida ejecución con un adecuado nivel de calidad. Esta concentración de las operaciones especializadas permite trasladar a talleres permanentes las tareas que no tienen por qué ejecutarse en el obrador.

En la actualidad, el concepto de construcción industrializada ofrece un único prototipo de elaboración en el cual es complicado realizar modificaciones o mejoras a las propuestas de diseño. Esta tendencia debe ir desapareciendo paulatinamente transformándose en un proceso de amplias posibilidades para el diseño individual, sin quitar las ventajas técnico-constructivas que brinda la industrialización.

Pero el logro de este objetivo implica un desarrollo de diseño previo con alto nivel de detalle, una especialización de personas para realizar las operaciones, un contexto adecuado a dichas operaciones y una dinámica de trabajo dentro de las empresas constructoras acorde a esta ideología.

4.2. Diseño del modelo de planeación

En el capítulo segundo de este documento⁷⁷ se incursionó en el estudio del *Just In Time (JIT)*, definiéndolo como un proceso industrial relacionado con la producción en serie. Debemos partir de la base de que el *JIT* no es solamente un método productivo sino toda una filosofía, de la cual deben mostrarse tanto sus virtudes como sus inconvenientes, al momento de aplicar y adaptar sus reglas a cualquier sistema de trabajo donde se reconozcan las fases del proceso administrativo (prevención, planeación, organización, integración, ejecución, dirección y control).

En la actualidad, una empresa que no es lo suficientemente flexible para adaptarse a los cambios del mercado, podría decirse que estará fuera de competencia en muy poco tiempo. Este concepto de flexibilidad, aplicado a la industrialización de procesos, se entiende como la integración de cada una de las actividades que participan en la producción, incluyendo el diseño, la calidad y la entrega de la obra. El eje central de la aplicación del *JIT* o en cualquier empresa constructora que pueda adaptarse a procesos industrializados, gira en torno a planes flexibles que pueden modificarse según se necesite.

La aplicación del *JIT* puede darse de manera general, particular o combinar ambas. Uno de los ejemplos más directos de evaluar en una construcción, es la entrega de los materiales determinados para cada una de las etapas de la obra (cimentación, estructura, instalaciones, acabados), y cada etapa a su vez puede ser supervisada de forma individual. Los planes y programas desarrollados para cada fase involucran otras áreas que intervienen directamente en los procesos de la construcción, como por ejemplo a los proveedores, supervisores de obra, talleres de diseño, almacenistas y el personal que labora directamente en la obra.

Ahora bien, un plan de producción es influenciado tanto externamente como internamente; externamente intervienen agentes como los proveedores de materiales o el cliente mismo, y

⁷⁷ Ver punto 2.2.3 en el segundo capítulo de esta investigación.

algunas situaciones imprevistas e imposibles de controlar como el escenario financiero del país o las condiciones climáticas. Conviene reiterar que en la aplicación de una metodología como el *JIT* en el proceso constructivo, debe constituirse por planes flexibles que contemplen estas variables.

Internamente las condiciones del mercado cambian constantemente y para responder a estas variaciones, constantemente deben darse instrucciones al área de trabajo; pues si se pretende laborar bajo un esquema *justo en tiempo*, es necesario coordinar a todas las áreas que participen en la toma de decisiones, fortaleciendo las vías de comunicación y definiendo con claridad las responsabilidades y alcances de cada una.

4.2.1. Preparando la implantación del *Just In Time* en la obra

Se considera que son 4 las fases principales que deben seguirse para lograr una buena implantación del *JIT* en una obra:

Fase 1. Entrenar a todo el personal en los principios esta filosofía, para alinear objetivos y estar conscientes del posible beneficio de su uso.

Fase 2. Implantar la herramienta *Kanban* en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para evidenciar los *vicios ocultos*⁷⁸. El entrenamiento con el personal sigue su curso en la línea de producción.

Fase 3. Complementar el sistema en el resto de las actividades. En este punto los trabajadores ya debieron haber evaluado y descubierto las ventajas del método.

Fase 4. Esta fase consiste de la revisión del sistema y los puntos de reorden⁷⁹.

Antes de comenzar a trabajar bajo el esquema del *JIT* es necesario diseñar un plan de producción tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Se debe establecer una ruta del sistema que refleje el flujo de materiales; esto implica designar lugares para que no haya confusión su manejo, exhibiendo cuando el material esté fuera de su lugar.
2. Para poder hacer uso de la herramienta del *JIT*, el *Kanban*, el proceso debe estar ligado a sistemas de producción que ocupen lotes pequeños de materiales.
3. Se debe tener una buena comunicación, desde el departamento de compras a obras, sobre todo para el control de aquellos materiales cíclicos que requieren mucha producción por temporada, de manera que se programe su suministro con anticipo.
4. El sistema debe actualizarse mediante una retroalimentación constante y también debe ser mejorado continuamente.

⁷⁸ Se entenderá por *vicio oculto* aquellos defectos que no son detectables a primera vista, y que solo cuando están en operación salen a la luz los errores.

⁷⁹ Ver punto 5.3.2.1 en el capítulo quinto de este documento.

Un primer paso para comenzar con la puesta en marcha del JIT en una obra, podría ser organizando los materiales que se van a usar, agrupándolos en las cantidades exactas que por proyecto se definan para cada frente, como por ejemplo a través de la integración de *paquetes* o *kits*⁸⁰ de materiales que pueden ser entregados en cada parte de la obra y que contengan todo lo necesario a ocupar, en el tiempo de trabajo definido.

4.2.2. Beneficios del modelo *JIT*

El objetivo principal del modelo busca mejorar los procesos facilitando la ejecución de las diferentes actividades en la empresa constructora, dando por resultado:

- *Reducción de los niveles de inventario.* Al utilizar solamente los materiales en cantidades precisas y lugares exactos, se reduce la necesidad de tener un área de almacenamiento, minimizando así las pérdidas por robo, rupturas, caducidades o maltratos.
- *Eliminación de desperdicios.* Debido a que desde el planteamiento inicial del proyecto, se han determinado las características del material a utilizar, incluyendo un análisis detallado de especificaciones técnicas, propiedades particulares y dimensionales.
- *Organización del área de trabajo.* Establece los principios y la estructura de la corporación, delimitando las funciones de los departamentos técnicos, de planificación y de gestión de los diversos gabinetes; también marca la pauta reguladora de derechos y obligaciones en la relación laboral y la adquisición de los conocimientos necesarios para abordar el trabajo en condiciones de seguridad.
- *Reducción del set-up*⁸¹. Evita *tiempos muertos* como resultado de la espera que por el cambio o adecuación, por cuestiones de mantenimiento operativo, debe hacerse a una maquinaria, deteniendo así todo el proceso constructivo.
- *Utilización de maquinarias con base a la demanda.* La renta o adquisición del equipo especial, se hace bajo una calendarización específica que se sigue de acuerdo al avance real de la obra, y se evita tener un almacenaje innecesario de la maquinaria y por ende, se reducen sobre-costos por mantenimiento excesivo.
- *Manejo de multiprocesos.* Permite ejecutar diversas actividades simultáneamente, bajo una programación precisa que indica el inicio y término de cada una, sin descuidar el control necesario para supervisar la correcta realización de las mismas.
- *Mecanismos a prueba de error.* Contribuyen a garantizar que los planes se ejecuten tal como fueron pensados, evitando desviaciones en el proceso; y si por alguna variable ajena a él se diera una desorientación, estos mecanismos deben permitir retomar el curso natural de la actividad.

⁸⁰ Término anglosajón usado en el comercio para nombrar al conjunto de piezas que vienen con instrucciones del fabricante para su montaje. Otros sinónimo puede ser equipo de elementos o paquete que contiene todos los elementos necesarios para realizar alguna cosa.

⁸¹ Es la cantidad de tiempo necesario para modificar algún dispositivo de un equipo o maquinaria, y prepararlo para ejecutar una actividad diferente, sin incurrir en costos adicionales para la compañía, logrando con esto reducir el tiempo de producción en todo el proceso.

- *Mantenimiento preventivo.* Coadyuva a anticiparse a las posibles fallas que el sistema pueda presentar, permitiendo el ejercicio de acciones provisorias en lugar de correctivas.
- *Mantenimiento productivo total.* Permite tener el control absoluto de todo el sistema, incluyendo cada una de las partes o actividades que lo componen.

4.2.3. Situaciones desfavorables para la aplicación del *JIT*

Existen también situaciones que por cultura o tradición, se tienen arraigados en las formas de trabajo de una empresa constructora; estos deben ser considerados para poder implementar correctamente una metodología con los postulados que propone el *JIT* para modificar y mejorar sus procesos.

- *Escala del proyecto.* Desconocer sus dimensiones y sus alcances, propicia que las actividades relacionadas directamente con el área de compra de material y los departamentos encargados de la ejecución de la obra se vean afectados por retrasos debido al control que sobre el volumen debe tenerse.
- *Suministro de materiales.* Los proveedores que entreguen materiales en obra deben surtir (a diferencia de como están acostumbrados) en pequeños lotes y con una periodicidad diaria.
- *Retrasos en obra.* Ocasiona acumulación de pedidos pendientes y alteraciones en el control de inventarios en el almacén; el proceso de obra queda sujeto a variaciones de tiempo, dinero, mano de obra y hasta de situaciones climáticas, que no son consideradas desde la planeación del proyecto.
- *Sistemas de planificación de compras.* Orientados a la producción por grandes lotes, que no permiten operar conforme a un sistema *JIT*. A veces puede considerarse las ventajas de obtener de un paquete de computación –*software*– que ayude a llevar ordenadamente este sistema de adquisiciones.
- *Falta de control en el material existente.* Impide coordinar las requisiciones de compra a los proveedores, de acuerdo a los avances reales de la obra, tomando en cuenta el material con el que ya se encuentra en almacenes internos.
- *Falta de control en la producción por frentes.* Sin establecer tiempos de la obra, ni planes para la secuencia en la ejecución de la misma por partidas, frentes, manzanas o lotes.
- *Conformismo entre los directivos de la empresa constructora.* Difícilmente tienen contemplada una opción de cambio, y menos si es que la empresa funciona correctamente desde su perspectiva.
- *Falta de Interés del personal.* En todos los niveles de trabajo: directivos, gerentes, almacenistas, residentes, trabajadores.

4.2.4. Herramientas de evaluación y control industrial

Los modelos son una representación física y lógica de una realidad o de un problema. Estos modelos pueden ser sencillos o complejos y se basan en mediciones de efectividad para establecer si una determinada solución tiene posibilidades de lograr metas establecidas.

En el modelo se incorporan todas las variables del problema, o al menos aquellas que parecen ser las más importantes para la solución. Estas variables, limitantes y metas se establecen en términos matemáticos para que puedan identificarse con claridad y sean fácilmente utilizables para los cálculos mediante la sustitución de símbolos.

Estos modelos deben permitir cuantificar las variables de un problema hasta el mayor grado posible, aunque a veces esto no pueda hacerse por completo debido a que exista mucha información o por el contrario, no esté disponible. Las principales herramientas de evaluación y control industrial son:

- a) *Investigación de operaciones*. Es la aplicación de métodos científicos al estudio de alternativas en una situación de problema, con el propósito de obtener una base cuantitativa para llegar a la mejor solución. Se insiste en el uso de información cuantitativa, en las metas y en la determinación de los mejores medios para alcanzarlas. La herramienta básica de la *investigación de operaciones* es la construcción y uso de modelos conceptuales.
- b) *Programación Lineal*. Técnica para determinar la combinación óptima de recursos limitados para obtener la meta deseada, es una de las aplicaciones más exitosas de la investigación de operaciones. Se basa en la suposición de que exista una relación lineal, o de línea recta, entre las variables y que se pueden determinar los límites de las variaciones.
- c) *Simulación*. Es un modelo de un fenómeno real que contiene una o más variables que pueden manipularse a fin de valorar su impacto, mediante esta herramienta se pueden estudiar varias opciones al mismo tiempo y evaluar sus resultados probables, permitiendo la identificación de una solución óptima. Esta técnica puede usarse solo para predecir o describir que pasaría bajo un conjunto dado de circunstancias, y suele emplearse en situaciones que son demasiado costosas o difíciles de experimentar en el mundo real.
- d) *Probabilidad*. Consiste en el empleo de técnicas estadísticas para analizar patrones previsibles, reduciendo el riesgo de los planes futuros para mejorar la toma de decisiones actuales y futuras. La *probabilidad* implica la frecuencia relativa con la cual ocurre un suceso específico cuando una acción se ha repetido varias veces.
- e) *Árbol de Decisiones*. Descripción de la secuencia de las decisiones a tomar y de la posibilidad de aparición de sucesos aleatorios. Representa en forma gráfica varios sucesos posibles que pueden afectar a una decisión y los valores relativos para los resultados pronosticados de cada decisión son evaluados y tomados en cuenta. El resultado al final tenga el valor más alto deseable, es el curso a seguir ya que es probable que produzca el mayor rendimiento.
- f) *Línea de espera*. Con frecuencia se presentan problemas en la administración debido a que se hace esperar a empleados, máquinas o materiales, debido a instalaciones insuficientes para darles salida de inmediato. Por ejemplo, la inesperada llegada o no llegada de materiales que emplea la construcción provoca pérdida de tiempo, mano de obra no

utilizada y costos excesivos; el objetivo de esta técnica es minimizar estas pérdidas. Esta herramienta compara el costo de tener una actividad en espera de recibir atención, contra el costo de atenderla.

- g) *Planeación y control de inventarios.* Se toma en cuenta las metas deseadas y la necesidad de asignar valores a los productos e insumos. Esta herramienta en particular no incorpora otros subsistemas como la planeación de la producción, de la distribución o de las ventas. Funciona para determinar las cantidades a pedir cuando la demanda es predecible y bastante constante a través del tiempo; sin embargo son las empresas constructoras quienes determinan los niveles de existencia de los materiales usados para algunos procesos de producción.
- h) *Inventarios justo en tiempo.* En este sistema, el proveedor entrega los componentes y las piezas a la línea de producción *a tiempo* para su montaje. Para que este sistema funcione la calidad de las piezas debe ser muy alta, pues una pieza defectuosa puede detener la línea de montaje. También debe existir una relación confiable y una amplia cooperación entre la constructora y los proveedores.
- i) *Logística de la distribución.* Técnica que planifica, organiza y ordena la combinación más factible de los recursos, áreas de trabajo, personal y tiempos necesarios para llevar a cabo los objetivos, políticas y procedimientos.
- j) *Redes de tiempo-eventos.* El análisis secuencial e interrelacionado de los tiempos y eventos es una ampliación de la gráfica de *Gantt*, y es conocida con como la *Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (TERP)*, la cual utiliza como herramienta el método de la *Ruta Crítica*.
- k) *Simplificación del trabajo.* Es el proceso para lograr la participación de los trabajadores en la simplificación de sus labores. Se llevan a cabo sesiones de capacitación para enseñar conceptos y principios de técnicas como los estudios de tiempos y movimientos similares a los descritos por *Gilbreth*.
- l) *Círculos de Calidad.* Son grupos de personas de la misma área organizacional, que se reúnen periódicamente para solucionar problemas a los que se enfrentan en el trabajo. Sus participantes están capacitados en la aplicación del control de calidad estadístico y en el trabajo por grupos.

4.3. Cultura y cambio de actitud

Más que cerrar el campo hacia la creatividad, la construcción industrializada y el desarrollo de sistemas prefabricados nos abre camino a nuevas formas de diseño, permitiendo al mismo tiempo el inicio de nuevas especializaciones en el ámbito de la profesión, como puede ser el caso de los técnicos dedicados al diseño de sistemas.

Este nuevo tipo de especialización profesional tiene un estrecho vínculo con el desarrollador de especificaciones constructivas. Una adecuada difusión en la manera de aplicar estos sistemas, permite su mayor aplicación por parte de los arquitectos optimizando y fomentando la retroalimentación del sistema junto con los diseñadores y los ejecutores de la obra, con el fin de generar una mejora continua.

La actividad de todos los que participan del proceso son estrechamente interdependientes; en ellos la creatividad nunca está ausente, pero se apoya en posturas diferentes; la planeación del proyecto debe estar por tanto, muy relacionada con las directrices del diseño constructivo.

Un modelo de planeación como este, puede volverse una herramienta de diseño; y si ha sido bien concebido, será suficiente para dar solución a la gama de problemas que originaron la necesidad de crear un espacio.

El grado de libertad que puede obtenerse al proyectar con un sistema de materiales prefabricados depende de dos factores: en el primero se trata de una creatividad espacial y formal sujeta a una rígida disciplina en el proceso de diseño arquitectónico.

En el segundo, el diseño fomenta la creatividad tecnológica y formal, entendiéndose aquí por formal la capacidad de crear elementos con máxima posibilidad combinatoria; todo depende de las posibilidades de organización que brinde el sistema y de la capacidad innovadora y creativa del proyectista.

Para investigar y llegar a crear un nuevo modelo de planeación constructivo se necesita un equipo de trabajo multidisciplinario. *Walter Gropius* desarrolló la necesidad ineludible para el arquitecto de la época actual de formar parte de un equipo conformado por el ingeniero, el industrial y los asesores especialistas en instalaciones complementarias del edificio.

El grupo de trabajo que tenga por finalidad diseñar un sistema de prefabricados útiles en costo, forma, resistencia y estética para la construcción de una obra determinada, debe tener cuatro características en común⁸²: espíritu de cambio, creatividad, ingenio y habilidad, y perseverancia.

Es importante que el personal encargado de la construcción, control de producción y compras comprenda que el objetivo de un planteamiento de este tipo, va encaminado a facilitar su trabajo y a mejorar su eficiencia mediante la reducción de la supervisión directa.

4.3.1. El ser humano como primera inversión

*Francis Bacon*⁸³ afirmó que *el conocimiento es poder*; las empresas que saben manejar la información, tienen la capacidad de tomar decisiones que las benefician, dándoles una ventaja competitiva que les permita estar por encima de sus competidores. Sin embargo, hay organizaciones que han fallado al no implantar ideas innovadoras para mejorar el papel que juegan los sistemas de planeación dentro de sus estructuras.

⁸² FITCH, James Marston. *Op. Cit.*

⁸³ Canciller de Inglaterra y filósofo, también conocido como *el Barón de Verulam, Vizconde de San Albano* (enero 22, 1561 – abril 9, 1626). Su filosofía influyó en la creencia de que la verdad no se deriva de la autoridad y que el conocimiento es fruto, ante todo, de la experiencia. Se le reconoce haber aportado a la Lógica el *método experimental inductivo*, ya que anteriormente se practicaba la inducción mediante la simple enumeración, es decir, extrayendo conclusiones generales de datos particulares. El método de *Bacon* consistió en inferir a partir del uso de la analogía, desde las características o propiedades del mayor grupo al que pertenece el dato en concreto, dejando para una posterior experiencia la corrección de los errores evidentes; este método representó un avance fundamental en el método científico al ser muy significativo en la mejora de las hipótesis científicas.

Algunos de estos errores podrían resumirse en:

1. Resistencia al cambio por parte del personal.
2. Deficiencias para reconocer situaciones competitivas.
3. Carencias de los sistemas de información.
4. Escasez de recursos apropiados
5. Incertidumbre del cómo o por qué automatizar procesos.

Para los japoneses, calidad significa ser *adecuado para uso de los consumidores*. La innovación técnica se propone corregir el producto desde el punto de vista del consumidor, pero no es una finalidad en sí misma. Uno de los principios de la gerencia japonesa ha sido el *Control de Calidad Total (Total Quality Control –TQC-)*, el cual enfatiza el control sobre el proceso de calidad.

La gestión de *calidad total* es una manera de mejorar constantemente la producción en todos los niveles operativos, en cada área funcional de una organización, utilizando todos los recursos humanos y de capital disponibles. El mejoramiento está orientado a alcanzar metas amplias, como la optimización de los costos, la calidad, la participación en el mercado, los proyectos y el crecimiento.

Se trata de una filosofía dentro de un conjunto de principios rectores que representa el fundamento de una organización en constante mejoramiento. La *calidad total* debe traducirse en la aplicación de métodos cuantitativos y recursos humanos para mejorar el material y los servicios suministrados a una obra, los procesos dentro del proceso constructivo, y la respuesta a las necesidades del usuario final en el presente y en el futuro. Debe integrar los métodos de administración fundamentales con los esfuerzos de perfeccionamiento existentes y los recursos técnicos en un enfoque corregido, orientado al mejoramiento continuo.

Cualquier programa de planeación, para poder ser instituido con el mejor aprovechamiento, debe tomar en cuenta los siguientes valores:

- a) Dedicación, compromiso y participación de todos los involucrados en el proceso.
- b) Desarrollo y mantenimiento de una cultura comprometida con el mejoramiento continuo.
- c) Búsqueda por satisfacer las necesidades y expectativas del consumidor.
- d) Compromiso de cada individuo en el mejoramiento de su propio proceso laboral.
- e) Fomento al trabajo en equipo y relaciones laborales constructivas.
- f) Reconocimiento al personal como el recurso más importante.
- g) Empleo de las prácticas, herramientas y métodos de administración más eficientes.

Las estrategias de planeación deben estar orientadas hacia el proceso, es decir, hacia cómo se están haciendo las cosas, y no hacia el resultado; al estar orientados hacia el proceso, se puede influir sobre el resultado en una etapa preliminar. El hecho de trabajar sobre el desarrollo de la actividad, implica analizar cada etapa que constituye al sistema completo, y de eso se encarga la filosofía *JIT*, apoyada por los planes previamente establecidos y por las herramientas de control que se encargarán de verificar su correcta ejecución y terminación.

Como resultado, puede mejorarse de manera constante la realización de los procesos internos y externos, mejorando el aspecto de la propia tarea, a través de un método corregido y ordenado con miras a perfeccionar cada proceso. En la gestión de calidad el énfasis está puesto en la prevención de las fallas, a través de herramientas de identificación y solución de problemas.

Cada trabajador⁸⁴ es, de algún modo, un cliente; y como tal deben ser claramente identificados, así como sus necesidades, aspiraciones, expectativas y deseos. Debe existir también una visión compartida de los objetivos que en común deben guiar a toda la organización; cualquiera que sea la meta a lograr (ética y legalmente factible), todo el personal debe conocerla y trabajar a favor de ella.

La más importante y valiosa inversión de toda empresa es su personal; los trabajadores constituyen el componente esencial para el proceso de mejoramiento continuo. La capacitación, la formación de equipos, y el mejoramiento de las condiciones de trabajo son elementos importantes para crear una situación en la cual los empleados puedan prosperar, obtener experiencia y capacidad, y contribuir al crecimiento de la empresa en escala progresiva.

Es necesario capacitar permanentemente a todo el personal. Puede resultar conveniente promover las habilidades cognoscitivas, como el control estadístico de la calidad, o incrementar las habilidades de índole afectiva, como la comunicación verbal o escrita y los conceptos de formación de equipos. Sin trabajo en equipo, la gestión de calidad está destinada al fracaso antes de que pueda ser puesta en práctica; los equipos modernos funcionan en conjunto, como una sola entidad, y no como un comité donde uno o determinados miembros hacen o dirigen la tarea.

La gestión de la calidad implica tanto el despliegue de políticas, como la construcción de sistemas de aseguramiento de calidad, estandarización, entrenamiento y educación, administración de costos y círculos de calidad. Esta mejora de la calidad también se aplica al control de calidad en el proceso de producción incluyendo cosas tales como seguridad en la calidad, reducción de costos, eficiencia, cumplir con los programas de entrega y seguridad.

Resumen

La industria de la construcción puede desarrollar un conjunto de operaciones especializadas que al hacer un mejor uso de herramientas, equipos y máquinas, comience gradualmente a sustituir el trabajo en obra por operaciones mecánicas más efectivas, obteniendo resultados constructivos óptimos, en tiempos adecuados a las necesidades de los programas de construcción y en un ambiente de trabajo más aceptable para la mano de obra.

El análisis de los medios empleados por *Gilbreth* para reducir tiempos en el trabajo de sus albañiles, demuestra que este perfeccionamiento podía obtenerse eliminando por completo ciertos movimientos que los albañiles creían necesarios pero que en sus estudios y ensayos demostraron su inutilidad, enseñándoles a ejecutar movimientos simples, e introduciendo aparatos simples mediante los se eliminarían completamente muchos movimientos fatigosos y consumidores de tiempo.

La mayoría de las personas prácticas que conocen la oposición de los artesanos a efectuar cambios en sus métodos y hábitos, considerarían con escepticismo la posibilidad de lograr resultados mediante un estudio científico basado en el análisis de los tiempos de ejecución. Solo con la estandarización forzosa de los métodos, la adopción precisa de las mejores herramientas y condiciones de trabajo y la cooperación obligatoria, puede obtenerse un trabajo industrializado con más celeridad.

⁸⁴ Arquitecto, proyectista, constructor, ingeniero, gerente de compras, supervisor, residente, maestro de obras, maestro de especialidades, oficiales, peones, almacenistas, proveedores, inversionistas, post-venta.

“...La utopía está en el horizonte. Camino dos pasos, ella se aleja dos pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá. ¿Entonces para que sirve la utopía? Para eso, sirve para caminar...”

Eduardo Hughes Galeano⁸⁵

CAPÍTULO 5

Representación del modelo

- 5.1 Fundamentos generales del modelo
- 5.2 Competencias del modelo
- 5.3 Evaluación del modelo

5.1. Fundamentos generales del modelo

La construcción actualmente persigue un modelo de cambio constante, manifestándose con transformaciones significativas en su modo de administración, incorporando a sus procesos calidad, seguridad, especialización, productividad, tecnologías, información y otras disciplinas relacionadas con la administración sistémica.

A veces se tiene la creencia de que la planificación y el control, son sustituidos en muchas ocasiones por caos e improvisaciones causando mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos realizados, desequilibrada asignación de los recursos, falta de coordinación entre áreas de trabajo y errática toma de decisiones; pero de igual forma, muchos han sido los intentos realizados para mejorar los problemas mencionados.

Los enfoques planteados en esta investigación de alguna forma ofrecen la posibilidad de proponer técnicas que coadyuven a la solución de ciertos problemas administrativos presentados durante la ejecución de una obra. Esta base teórica, debe ser entendida como una relación entre tres diferentes modelos: producción de material para construir, logística de distribución en obra y calidad de producto, entendiéndose esta última, el nivel de satisfacción del cliente.

El presente trabajo representa un esfuerzo por conceptuar los problemas de la industria de la construcción, estructurando un marco teórico que nos permita entender mejor qué tipo de producción es la construcción. Esta referencia teórica surge de un término internacional conocido como *Lean Construction*⁸⁶ o *Construcción sin Pérdidas*, cuya función es minimizar o eliminar todas

⁸⁵ Periodista y escritor uruguayo (Montevideo, Uruguay; septiembre 3, 1940). Entre sus obras se encuentran *Las Venas Abiertas de América Latina* (1971), obra que retrata la explotación de Latinoamérica por poderes extranjeros desde el siglo XVI; y *Memoria del Fuego* (1982-1986), relato histórico de América, que describe los mitos de creación precolombinos y culmina en la década de 1980.

⁸⁶ El término se deriva del concepto *Lean Manufacturing* (para mayor referencia, revisar el punto 2.4 del segundo capítulo de este documento).

aquellas situaciones que impliquen ineficiencias en el proceso, en el entendido de que estas representan menor productividad, menor calidad y mayores costos.

Lean Construction surge como una necesidad de adoptar una serie de estándares emanados de la empresa manufacturera, aplicada a la industria de la construcción. Durante los últimos 40 años se ha observado, de manera expectante, cómo el mundo oriental desarrolla una gran cantidad de ideas y prácticas relacionadas con una nueva filosofía de producción, la cual ha demostrado que las nuevas técnicas, difundidas inicialmente con la producción automotriz, podían ser implantadas de forma exitosa en la industria de la construcción. La puesta en práctica de los postulados ofrecidos por el *Lean Construction*, puede mejorar la coordinación de todos los agentes participantes en el proyecto arquitectónico y constructivo, y por ende, aumentar la fiabilidad de éste.

Utilizando las metodologías documentadas en esta investigación, es viable suponer el apoyo que pueden llegar a brindarle a las empresas constructoras en su labor de realizar proyectos de edificación, bajo un esquema industrializado que asegure tiempos de entrega, detectando elementos o actividades que poco ayudan a asegurar resultados deseados, mediante la concentración de los recursos –con flexibilidad- para lograr una rápida adaptación en un entorno de cambios constantes de proyecto. Esto también ayudaría a evitar el sobre-costo generado por causa de los retrasos, a través de un adecuado control que supervise la correcta ejecución de los planes, estableciendo acciones contingentes de manera anticipada y efectiva.

Para lograrlo, primero se recomienda definir un método que permita una reducción de desperdicios utilizando modelos de modularización del trabajo (sincronización de actividades) y modularización de componentes (tiempos de producción, desplazamiento y utilización de los materiales). Es recomendable buscar compañías cuyos procesos se adecuen al formato industrializado de construcción del que también se ha hablado, como por ejemplo, empresas constructoras de viviendas de interés social; una vez elegida la entidad a evaluar, puede comenzar por proponer sistemas que permitan reducir los tiempos improductivos en la construcción.

En segundo lugar, conviene establecer parámetros de calidad y entrega esperada en empresas distribuidoras de materiales, permitiendo implantar sistemas de trabajo que garanticen los tiempos de respuesta y entrega, evaluando la diferencia que puede llegar a encontrarse en términos de servicio y costo.

Tercero, algunas veces los procesos de trabajo, tanto en oficinas centrales como en la obra, conservan actividades que ya son obsoletas o que nunca debieron ser incluidas porque lejos de agregar beneficios, merman la posibilidad de lograr esa mejora continua de la que ya se ha hecho referencia. Eliminando las actividades sin valor para el cliente y el negocio, puede disminuir los tiempos de ciclo, permitiendo incrementar la rentabilidad deseada.

Este planteamiento es solo un inicio a través del cual, mediante un esfuerzo ordenado, pueda lograr establecerse un proceso óptimo, utilizando herramientas que permitan detectar las áreas de mejora. Para conseguirlo, es necesario delimitar los dos enfoques principales de transformación, que pueden desvelar esta oportunidad de cambio.

5.1.1. Enfoque tradicional de transformación

El enfoque tradicional de transformación se genera desde los mandos intermedios de una estructura operacional determinada, y por lo general representa un conflicto de objetivos en las funciones; es decir, se definen gerentes, jefes y supervisores para asegurar la eficiencia de los

procesos, pero no necesariamente con un perfil de liderazgo y capacidad de transmitir los objetivos a los subordinados (que en nuestro caso, recae en la gente de la obra).

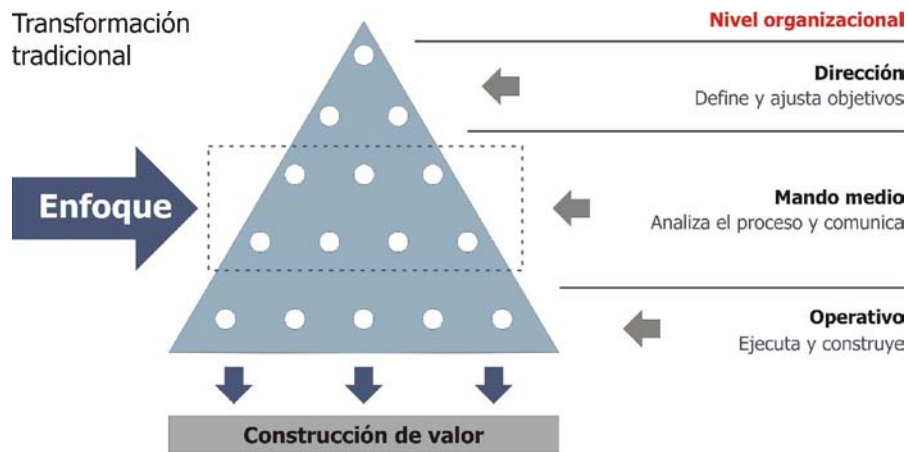


Figura 29. Esquema que representa el enfoque *tradicional* de la transformación.

5.1.2. Enfoque moderno de transformación

El modelo de planeación estratégica, basado en los *Operadores de Clase Mundial (OCM)*⁸⁷, centra los esfuerzos directamente en la transformación del personal en la base de la pirámide (quienes ejecutan); provocando un cambio que va de la *mano de obra* a *mente de obra*. En los esquemas exitosos los mandos intermedios tienen una función más bien facilitadora del proceso, proveyendo conocimiento técnico especializado referente modo de operar en la obra, definiendo objetivos a corto plazo alineados con la planeación original del proyecto.

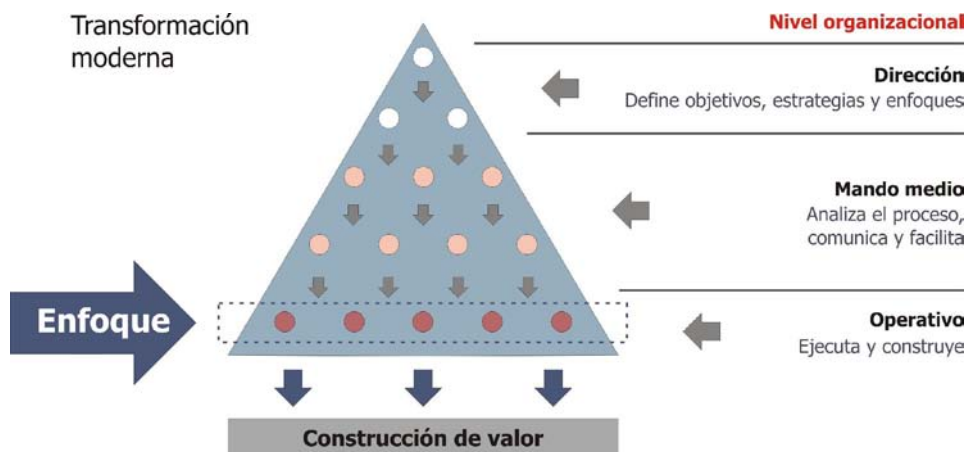


Figura 30. Esquema que representa el enfoque *moderno* de la transformación.

⁸⁷ Descritos en la *introducción* del presente trabajo.

5.2. Competencias del modelo

La situación presente de competitividad y costo que enfrenta la industria de la construcción, ha impulsado la búsqueda de formas revolucionarias para mejorar sus esquemas productivos y de gestión. Durante la implantación de estos esquemas de trabajo es necesario proveer a las organizaciones del conocimiento y experiencia necesaria para la identificación de los factores críticos de éxito que garanticen su permanencia, así como el logro de objetivos de reducción de costos.

En un mercado en el que la obra pública representa casi el 30%⁸⁸, la construcción de vivienda, la edificación industrial y la comercial, se han adaptado contrayendo sus márgenes y enfocándose a satisfacer las necesidades de clientes y consumidores cada vez más exigentes.

El uso de los conceptos de *OCM*, agrupados en la industria internacional de construcción *Lean Construction*, ofrece a las empresas la pauta para la posible solución de tres grandes problemas, con un impacto relevante en el logro de sus objetivos. La respuesta adecuada a estos tres conflictos puede significar beneficios que reflejan en una mayor participación de mercado, elevando continuamente sus estándares de calidad.

5.2.1. Reducción de Desperdicios

Se ocupa de atender directamente a los sistemas de trabajo, que continuamente generan proyectos llevados a cabo por el mismo personal operario, orientados a la reducción de costos producido por los desperdicios en:

- Tiempos de cambio de producto.
- Demoras por ajustes de equipo.
- Sobre-inventario de materiales.
- Demoras por Mantenimiento.

Este proceso también implica la redefinición de procesos de mantenimiento, coordinando la implantación de ERP⁸⁹ para la administración y control de las actividades tanto del mantenimiento preventivo como del correctivo, reduciendo y eliminando actividades que no aportan valor al proceso. A través de analizar las actividades de los procesos en toda la cadena, se permite reducir los tiempos de respuesta, reflejándose en una disminución de inventarios, con un efecto de mejora en la rotación de los productos y en la vida de almacén, ya que el producto tarde menos en la distribución.

Por otro lado, se encuentra el análisis de las actividades de los procesos de almacén, producción, empaque y distribución de los materiales de la obra, logrando la optimización de inventarios de materia prima, así como la mejora en los procedimientos operativos de acomodo y almacén, traduciéndose en una considerable reducción de costos de operación y administración.

⁸⁸ "100 Constructoras más importantes en México". *Revista Obras*. Editorial Expansión. México D.F. Año XXXVI, número 429 (septiembre 2008). Pág. 62.

⁸⁹ Los sistemas de Planificación de Recursos de la Empresa (en inglés ERP, *Enterprise Resource Planning*) son sistemas de gestión de información que integran y automatizan muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa.

5.2.2. Solución de desbalances en el proceso

La intervención en empresas de distribución de materiales (proveedores) puede implantar sistemas de trabajo que garanticen los tiempos de respuesta y entrega, provocando una diferencia en el servicio y ventajas en costo.

Aunado a esto, la estandarización de procedimientos puede maximizar las oportunidades de competencia y el valor para los participantes de toda la cadena. Mediante la aplicación JIT y su herramienta, el Kanban, es posible lograr una sincronización de operaciones, tanto entre compañías como entre procesos dentro de las mismas constructoras, disminuyendo considerablemente los costos en función de la reducción en los inventarios de toda la cadena, y garantizando la continuidad en el servicio. Esto permite tener un desempeño en:

- El costo logístico.
- Eficiencia en el manejo de productos en almacén.
- Rotación de inventario.
- Presencia y disponibilidad del material en obra.
- Control del material fabricado en obra.
- Nivel de cumplimiento en toda la cadena productiva.

5.2.3. Alineación de objetivos

La modificación del proceso a través del cual se definen los objetivos del proyecto, ayuda a reconfigurar la estructura de los costos. Si el proyecto se realiza por el mismo personal interno, se facilita la incorporación y permanencia de las soluciones implantadas, y se garantiza el enfoque de cada área asegurando los resultados importantes que el negocio requiere en un entorno cambiante.

A través de la planeación estratégica y de la alineación de objetivos de negocio, es posible reducir considerablemente el tiempo de elaboración y despliegue de planes a toda la organización, obteniendo como beneficios la consecución de los objetivos.

También pueden llegar a asegurarse los tiempos de entrega y producción de materiales constructivos en la obra, a través de detectar aquellos elementos que garanticen los resultados, concentrando los recursos flexiblemente, para lograr una rápida adaptación en un entorno cambiante del proyecto; evitando sobre-costos generados por los retrasos, gracias a herramientas orientadas al control de procesos, estableciendo acciones contingentes con una adecuada anticipación y efectividad.

5.3. Evaluación del modelo

Como se comentó al principio del presente trabajo, los alcances de la propuesta se basarían en un modelo teórico-matemático⁹⁰ en función de los objetivos originalmente establecidos, por lo que ahora es momento de establecer un axioma básico que de alguna forma permita sentar las bases para un criterio de evaluación del método propuesto.

⁹⁰ Ver los apartados *a) Objetivos de la investigación*, y *d) Limitantes del proyecto*, en la introducción del presente documento.

Este podrá evaluarse, toda vez que en una empresa constructora se hayan determinado los parámetros de calidad deseados y esperados, y las normas que delimitarán los procesos y actividades, bajo tolerancias permisibles de adaptabilidad al proyecto, y los consecuentes efectos psicológicos, culturales y sociales que propuestas como esta, buscan impactar en el desarrollo del quehacer de una compañía dedicada a la edificación de bienes arquitectónicos en serie.

5.3.1. Distribución binomial⁹¹

La distribución binomial determina qué probabilidad se tiene si se busca un resultado dado dentro de una muestra, suponiendo un número de casos esperado. La variable aleatoria representa el número de intentos a realizar en un experimento, hasta obtener un total de aciertos, suponiendo una probabilidad de éxito.

Supongamos que un experimento aleatorio tiene como característica que en cada intento realizado solo es posible obtener dos resultados: el éxito y el fracaso. El resultado obtenido en cada prueba será independiente de los demás resultados obtenidos anteriormente.

Se analiza la probabilidad del obtener el resultado esperado (éxito) como una constante, es decir, no puede variar de una prueba a otra; tomando en cuenta que el experimento consta de un número "n" de ensayos.

Todo experimento que proceda de esta forma, sigue el modelo de la distribución binomial, la cual mide el número de éxitos en una secuencia de "n" sondeos independientes, con una probabilidad determinada de ocurrencia del éxito en cada una de las pruebas.

Fórmula general del Proceso Binomial:

$$P(x \leq k) = \sum_{x=0}^k \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

Donde:

- P = Probabilidad de obtener el resultado deseado
- n = Total de la muestra
- x = Número de situaciones esperadas
- k = Valor extremo de las situaciones esperadas
- p = Probabilidad de ocurrencia del éxito en cada experimento

Analicemos ahora un ejemplo práctico, que permita entender mejor el modo en cómo este procedimiento puede ayudar a sintetizar un criterio de evaluación para un proceso determinado en obra: supóngase que un proveedor está a punto de entregar 60 calentadores a un conjunto habitacional de interés social. Para que la constructora con quien tiene el convenio de suministro acepte el envío, no debe encontrar más de 3 calentadores defectuosos (mal funcionamiento, abolladuras, piezas incompletas). La empresa determina que haya una probabilidad del 3% de que efectivamente, solo 3 calentadores cuando más, lleguen en malas condiciones.

⁹¹ REYNA Gómez, Francisco. *Probabilidad y estadística*. Seminario del programa académico de la Maestría en Arquitectura (Tecnología). Notas personales. Ciudad universitaria, 2004.

Separemos ahora las variables del problema:

$n = 60$ (total de piezas de la muestra)
 $x = 0, 1, 2, 3$ (número de elementos defectuosos esperados)
 $k = 3$ (valor extremo de elementos defectuosos esperados)
 $p = 0.03$ (eficiencia del proceso: 3%)

Sustituyendo valores en la fórmula general, y resolviendo las operaciones obtenemos:

$$P(x \leq 3) = \sum_{x=0}^3 \binom{60}{x} 0.03^x (1-0.03)^{60-x}$$
$$P(x \leq 3) = \binom{60}{0}(0.03^0)(0.97^{60}) + \binom{60}{1}(0.03^1)(0.97^{59}) + \binom{60}{2}(0.03^2)(0.97^{58}) + \binom{60}{3}(0.03^3)(0.97^{57})$$
$$P(x \leq 3) = (1)(1)(0.1608) + (60)(0.03)(0.1658) + (1770)(0.0009)(0.1709) + (34,220)(0.00003)(0.1762)$$
$$P(x \leq 3) = 0.1608 + 0.2984 + 0.2723 + 0.1628$$
$$P(x \leq 3) = 0.8943$$

Esto significa que tendremos un 89.43% de asertividad. Puede realizarse este experimento en cuantos envíos se considere necesario, y la probabilidad de obtener el éxito esperado bajo las variables definidas, no puede ser menor a este resultado.

Sin embargo, la empresa constructora puede establecer sus propias tolerancias modificando los porcentajes de eficiencia y el número de piezas dañadas máximas permitidas, en función de aproximarse a un estándar de calidad óptimo acorde con sus intereses.

5.3.2. Ingeniería de producto⁹²:

Cuando el inventario llega a una cantidad predeterminada en los registros de existencias en el almacén de la obra, se coloca una nueva orden de reposición. Existen varias formas de reabastecer el producto, en función de los inventarios propios del proyecto, y de los convenios corporativos que se tienen con las diferentes empresas proveedoras de materiales. Podemos definir tres tipos de análisis que permiten llevar el control sobre el tema de los inventarios:

5.3.2.1. Punto de reorden

Es una práctica bastante extendida en las empresas industriales y básicamente consiste en el envío de una señal al departamento encargado de colocar pedidos (compras o adquisiciones), indicando que la existencia de determinado material ha bajado a cierto nivel y que debe hacerse un nuevo pedido. El punto debe ubicarse en un momento que permita seguir produciendo mientras llega el siguiente pedido. Existen diversas técnicas para señalar el punto

⁹² GARCÍA R., Nazario. *Un sistema de manufactura MRP y justo a tiempo (Kanban) enfocado a la fabricación de tubería de acero inoxidable*. Escuela de Ingeniería (Mecánico Electricista), Tesis de Licenciatura. ULSA. México D.F., 1994.

de reorden desde papeles (tarjetas Kanban) en los estantes, anaqueles o *pallets*⁹³ a los sistemas informativos que solicitan los pedidos automáticamente cuando se llega el nivel mínimo de inventarios.

Estos puntos de reorden deben ser aprobados y estudiados por los departamentos de compras y producción para su establecimiento y serán responsabilidad del departamento de producción junto con el almacén para su control y vigilancia. Debe haber instrucciones claras y precisas de lo que debe hacerse con las requisiciones colocadas.

Para establecer la requisición que formula el punto de reorden es necesario evaluar el consumo diario del material en obra, el tiempo que tarda el responsable del área de compras en generar el pedido y el tiempo que tarda un proveedor en surtir el producto, el tiempo de transportación y entrega (recorridos entre almacenes internos y externos), el tiempo de recepción en obra y el tiempo de almacenaje.

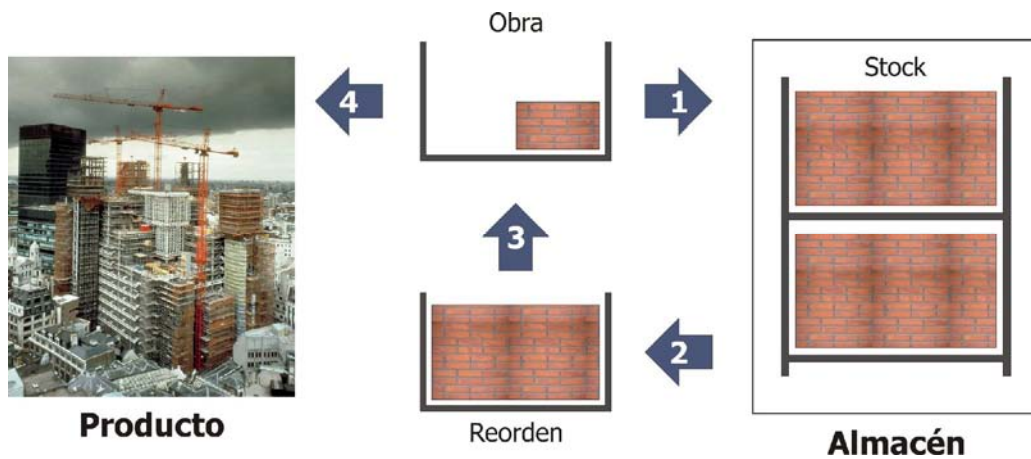


Figura 31. Ciclo de *distribución* del producto; del almacén a la obra.

Para poder calcular el punto de reorden, pueden considerarse cualquiera de las dos siguientes expresiones. La primera involucra un análisis histórico del manejo del material en función de un tiempo determinado, mientras que la segunda solo considera las cantidades deseadas y esperadas para el adecuado flujo de actividades.

Punto de reorden [Pr]

(Nivel de inventario en el cual se emite una orden de reposición interpretada en cantidades)

$$Pr = D + \left[F_s * \left(\frac{S}{1.25} \right) \right]$$

⁹³ Estructuras ligeras, generalmente hechas de madera, que permiten manipular el material en obra, ya sea para su transportación o para su almacenaje.

Donde:

D = Demanda del material durante el tiempo de entrega
Fs = Factor seguridad utilizado (que a veces viene calculado por tablas)
S = Desviación estándar de la demanda

La otra forma de calcularlo es:

$$Pr = D * [d_r + d_s]$$

Donde:

D = Demanda del material durante el tiempo de entrega
d_r = Días de respuesta por parte del proveedor
d_s = Días de seguridad

5.3.2.2. *Cantidad de orden periódica*

Se trata de otra técnica que utiliza datos de requerimientos para etapas programadas, la cual expresa la cantidad de pedido de acuerdo a los futuros requerimientos netos totales sobre un número de periodos de tiempo, basándose en la tasa promedio de consumo.

Cantidad de orden periódica [COP]

(Tasa promedio de consumo, interpretada en periodos de tiempo)

$$COP = \frac{Cp}{Cs}$$

Donde:

Cp = Cantidad total a producir o fabricar, de acuerdo al proyecto.
Cs = Consumo semanal promedio.

5.3.2.3. *Plan de producción estacional*

Es un parámetro utilizado para comparara los resultados reales con los previstos o planeados, permitiendo planificar y controlar el nivel de la producción regulando el flujo de pedidos a la fábrica. La elaboración de un plan de producción estacional puede tener tres alternativas:

1. Mantener una tasa de producción uniforme a costa de almacenar altas cantidades de existencia.
2. Mantener bajos *stocks*⁹⁴, variando la tasa de producción para satisfacer las ventas estacionales.

⁹⁴ Término anglosajón que significa material almacenado.

3. Aplicar una combinación de las dos anteriores, con pocas modificaciones en la tasa de producción, pero realizadas en los momentos oportunos para minimizar los *stocks* excesivos y satisfacer la demanda.

Con su fórmula se obtiene la cantidad de producto a fabricar, de acuerdo a un periodo de tiempo que ya se da por establecido.

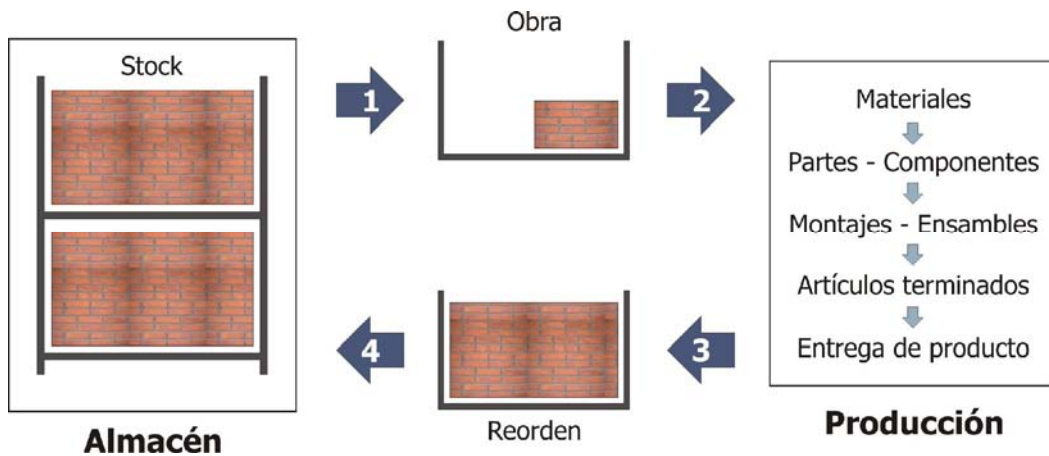


Figura 32. Ciclo de *producción* del material; del proveedor al almacén de la obra.

Plan de producción [Pp]

(Distribución de la producción total a lo largo del periodo, expresado en cantidades)

$$Pp = p + I_f - I_o$$

Donde:

p = Pronóstico

I_f = Inventario final programado

I_o = Inventario inicial

Partiendo de los stocks iniciales, y suponiendo conocidos el nivel de stocks deseados al final del periodo de planificación y el pronóstico de ventas durante dicho periodo, también podemos calcular la tasa semanal de producción mediante la siguiente relación:

$$Pp = \frac{I_f - I_o + Ct}{N}$$

Donde:

I_f = Inventario final deseado al término del periodo de planificación

I_o = Inventario inicial real al inicio del periodo de planificación

Ct = Consumo promedio previsto durante el periodo

N = Periodo de análisis

5.3.2.4. Administración del inventario

Los tres procedimientos anteriores, permiten establecer un criterio de rotación de material en una obra, ya sea a través de la relación entre almacenes exteriores (de un proveedor externo) o de almacenes internos (dentro de la misma obra); de igual forma puede aplicarse a una simple transportación del producto, o bien, puede influir en los tiempos de producción de una fábrica que se encarga de la manufactura del material.

¿Pero qué sucede una vez que el material ya está en obra? ¿Cómo se administra? Existen dos formas para hacerlo. Una, es determinando la cantidad máxima permitida dentro de los almacenes del proyecto. La otra, es la cantidad mínima requerida.

Formula del máximo [Max]

(Máxima cantidad de material permitido o aceptado en almacenes internos)

$$Max = D * [d_i + d_r + d_s]$$

Donde:

D = Demanda diaria (requerimiento real)

d_i = Días de inventario deseado

d_r = Días de respuesta por parte del proveedor

d_s = Días de seguridad

Formula del mínimo [Min]

(Mínima cantidad de material requerido en almacenes internos)

$$Min = D * d_s$$

Donde:

D = Demanda diaria (requerimiento real)

d_s = Días de seguridad

5.3.3. Desarrollo de software especializado

La tecnología avanza y nosotros como arquitectos promotores de nuevos sistemas industrializados aplicados a nuestra labor diaria, no podemos quedar atrás. Así como se habló de las nuevas señales originadas mediante el uso de medios audiovisuales y electrónicos que sustituían aquellas tarjetas físicas del Kanban, de igual forma el control de inventarios debe adecuarse a escenarios más eficientes que permitan mantener un adecuado control de su seguimiento.

La forma hasta ahora descrita de establecer los parámetros iniciales del modelo, a partir de los cuales puede comenzar a sentarse la puesta en marcha de esta metodología de un modo práctico, se ha explicado mediante algoritmos analíticos sencillos; pero en la actualidad debemos de aprovechar el beneficio que nos ofrecen otros recursos técnicos, como lo es el desarrollo de un

programa de computadora especializado el cual pueda controlar, mediante la simple captura de datos (ya sea por medios manuales o por medios electrónicos –escáneres, códigos de barras-), los niveles de inventario máximos, mínimos y deseados, permitiendo así generar de manera automática los reportes necesarios para el adecuado control de rotación en material, pudiendo llegar incluso a la propia generación de la orden de pedido que garantice el óptimo cumplimiento del punto de reorden originalmente calculado.

En el *laboratorio de cómputo* del edificio del posgrado de la *Facultad de Arquitectura de la UNAM*, se comenzó el desarrollo de un software básico⁹⁵ que permite ilustrar esquemáticamente el punto anterior.

La base de este programa consiste en identificar en una base de datos la lista completa de materiales que pueden llegar a utilizarse en un proyecto de edificación determinado. Se selecciona el material a analizar, y de manera automática en pantalla aparecen los datos de identificación del producto –precios de venta, descuentos corporativos- (figura 33).

The screenshot shows a software window titled "Selección de materiales" with a subtitle "Alta de materiales en el sistema". On the left, under "Seleccionar material", there is a list of radio buttons for different items: "Lavamanos cerámico blanco", "Taza para WC col. beige", "Tanque para WC col. beige", "Accesorios para baño", "Tarja porcelanizada Cinsa", "Tinaco 650 lts. Rotoplas" (which is selected), and "Calentador 150 lts. semiautom.". On the right, there is a section for "Costo de adquisición del producto (pesos)" with input fields for "Precio de venta" (895), "Descuento (%)" (10), "Subtotal" (805.50), and "Impuesto (IVA)" (15). A "Total" field shows 926.33. At the bottom, there are two buttons: "Calcular Precio" and "Continuar".

Figura 33. Búsqueda y selección del material de obra.

Una vez seleccionado el producto, se registran las entradas y las salidas durante un periodo de tiempo determinado (en este caso, por semana), obteniéndose por resultado las cantidades totales de inventarios iniciales, finales, y lo más importante, el costo real que representan estos movimientos para el almacén de la obra (figura 34).

⁹⁵ OCAMPO Ruiz, Ernesto. *Teoría de la computación*. Seminario del programa académico de la Maestría en Arquitectura (Tecnología). Notas personales. Ciudad universitaria, 2004.

Control de movimiento en almacén

Registro del material:
Tinaco 650 lts. Rotoplas

Fecha inicial del período: 20 / 10 / 2008
Fecha terminal del período: 25 / 10 / 2008

Seleccione la opción de registro:
 Entrada de almacén Salida de almacén

15	LUN	20	Piezas
10	MAR	18	Piezas
0	MIE	15	Piezas
15	JUE	19	Piezas
10	VIE	10	Piezas
0	SAB		Piezas
50		82	Totales

Resumen movimientos: Gráfica

Período anterior (cantidad): 85 Piezas
 Movimiento semanal (cant): -32 Piezas
 Final del período (cantidad): **53** Piezas

Precio unitario del producto: 926.33 Pesos
 Precio material almacenado: 49,095.49 Pesos

Calcular Regresar Ver Reporte

Figura 34. Captura y registro de entradas y salidas en almacén.

Finalmente, de aquí se obtienen reportes por periodos de tiempo determinados, donde puede observarse el movimiento registrado en almacén de manera automática, y a partir de ahí, posibilitar la automatización de la solicitud de materiales, ayudando así a garantizar el abasto *JIT* del producto utilizado en obra (figuras 35 y 36).

Reporte de movimientos

Reporte realizado por: **Sebastián Arturo Ruesga Pavía**
 Obra o proyecto de referencia: **Análisis tipo para suministro de material**

Fecha del análisis:
 Del 20 de Octubre de 2008
 Al 25 de Octubre de 2008

Material analizado: **Tinaco 650 lts. Rotoplas**
 Precio unitario del material: **926.33**
 Importe de material almacenado: **49,095.49**

A) Datos de registro:		B) Reporte estadístico:	
1. Cantidad existente en almacén:	85.0 piezas	1. Promedio diario de entradas:	8.33 piezas
2. Total de entradas recibidas:	50.0 piezas	Importe diario promedio:	7,719.42
3. Total de salidas registradas:	82.0 piezas	2. Promedio diario de salidas:	13.67 piezas
4. Movimiento semanal de producto:	-32.0 piezas	Importe diario promedio:	12,659.84
5. Cantidad al cierre en el almacén:	53.0 piezas		

Imprimir **Ver gráfica** **Cerrar**

Figura 35. Reporte *escrito* de entradas y salidas en almacén.

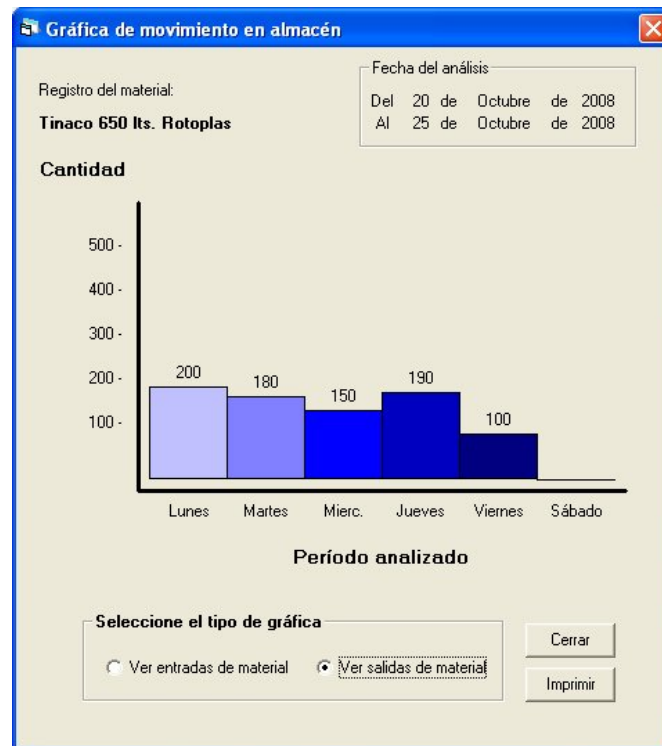


Figura 36. Reporte gráfico de entradas y salidas en almacén.

Resumen

La construcción actualmente persigue un modelo de cambio constante, manifestándose con transformaciones significativas en su modo de administración, incorporando a sus procesos calidad, seguridad, especialización, productividad, tecnologías, información y otras disciplinas relacionadas con la administración sistémica.

Este planteamiento es solo un inicio a través del cual, mediante un esfuerzo ordenado, pueda lograr establecerse un proceso óptimo, utilizando herramientas que permitan detectar las áreas de mejora. Para conseguirlo, es necesario delimitar los dos enfoques principales de transformación, que pueden desvelar esta oportunidad de cambio.

El uso de los conceptos de *OCM*, agrupados en la industria internacional de construcción *Lean Construction*, ofrece a las empresas la pauta para la posible solución de tres grandes problemas: reducción de desperdicios, evitar desbalances del proceso y la alineación de objetivos. La respuesta adecuada a estas tres premisas tendría en la empresa constructora un impacto relevante en el logro de sus objetivos.

Los resultados de la planeación podrán evaluarse, toda vez que en una empresa constructora se hayan determinado los parámetros de calidad deseados y esperados, y las normas que delimitarán los procesos y actividades, bajo tolerancias permisibles de adaptabilidad al proyecto, y los consecuentes efectos psicológicos, culturales y sociales que propuestas como esta, buscan impactar en el desarrollo del quehacer de una compañía dedicada a la edificación de bienes arquitectónicos en serie.

*“... Hay almas que no ven, como hay pupilas para las que los
soles son engendros...”*

*... Yo amo a los soñadores cuyas almas tienen sus ojos a la nada
abiertos, esperando que pasen las quimeras para brindarles vida y
sentimiento...”*

“El Castillo”
Juan Ramón Jiménez⁹⁶

CONCLUSIONES

*Tiempos Modernos*⁹⁷ es una historia que habla sobre la industria, la modernidad y la explotación en el trabajo. El personaje principal, *Charlot*, trabaja en una fábrica acerera, con máquinas casi futuristas, y con un director a quien le entusiasman las novedades tecnológicas. Si bien esta película fue rodada en 1936 representando una sátira de la *Gran Depresión* en plena época de crisis de los años 30, bajo un concepto capitalista deprimente para el obrero tradicional, vale destacar el contexto que sustenta parte de la historia, pues involucra a las fábricas que habían adoptado el teórico sistema de administración *taylorista* del trabajo en cadena.

En ella se esbozan las directrices que guían todo el proceso productivo como resultado de un plan de trabajo estructurado (aunque con fallas considerables), pero que de alguna manera intenta promoverse como una empresa tecnológicamente avanzada –para su época- y con un espíritu industrial. Delinear un plan de este tipo, es tan similar como *escribir el guión de una película*⁹⁸ en la cual se analizan todos los elementos que conforman la historia –o sistema- completamente.

La construcción industrializada tuvo su auge después de la Segunda Guerra Mundial de 1942, cuando para reconstruir las ciudades devastadas por los ataques en el menor tiempo posible, los países afectados necesitaron crear nuevos sistemas constructivos (materiales prefabricados) con un manejo controlado de los recursos materiales y mano de obra coordinada. A partir de ahí, las empresas constructoras emplearon parte de su labor en investigar sobre nuevos métodos que permitieran lograr este objetivo optimizando recursos. De una u otra forma, esta situación colocó a las compañías edificadoras dentro de un mercado internacional rodeado de una constante competencia que les ha obligado a buscar los procedimientos más efectivos para concluir sus programas de obra bajo estándares de calidad internacional.

⁹⁶ Juan Ramón Jiménez Mantecón (Moguer, Huelva, 23 de diciembre de 1881 – San Juan, Puerto Rico, 29 de mayo de 1958) Poeta español, ganador del premio Nobel de literatura en 1956. Entre sus obras más conocidas, además de las antologías poéticas se encuentra la narración lírica *Platero y yo*, de 1914 y 1917.

⁹⁷ *Modern Times*. Producida, escrita y dirigida por *Sir Charles Spencer Chaplin Jr. (Charles Chaplin)*. Reparto: *Charles Chaplin, Paulette Goddard, Henry Bergman, Chester Conklin y Lloyd Ingraham*. Fotografía: *Rollie Totheroh e Ira Morgan*. *United Artists*. Estados Unidos, 1936.

⁹⁸ FARIAS Villanueva, Consuelo. *Cinematografía y pensamiento urbano-arquitectónico contemporáneo*. Seminario del programa académico de la Maestría en Arquitectura (Diseño Arquitectónico). Notas personales. Ciudad universitaria, 2005.

Al hablar de la industrialización, necesariamente debemos referirnos a la prefabricación y viceversa; ambas constituyen en la actualidad dos de los ejes principales en el análisis del quehacer arquitectónico contemporáneo orientado a la construcción de bienes inmuebles.

La industrialización es el proceso para alcanzar los objetivos de calidad, costo y tiempo en la producción masiva de espacios, mediante el óptimo manejo de los recursos necesarios para ser llevada a la ejecución. Por prefabricación se entenderá la elaboración anticipada de elementos constructivos (componentes), o de un conjunto de ellos, que finalmente ensamblados formarán parte de lo que posteriormente se identificará como una entidad completa construida llamada sistema edificio.

Algunos autores⁹⁹ han referido en sus textos los vestigios de la prefabricación en México, mencionando, por ejemplo, aquellos elementos puntuales que se adosaban a las fachadas de las antiguas construcciones mayas y aztecas, o la concepción de espacios modulares destinados a la vivienda diseñados en la segunda mitad del siglo XIX; hasta nuestros días con el uso de materiales de alta tecnología como el concreto presforzado o el uso de cimbras metálicas.

Sin embargo, son pocos quienes metodológicamente han abordado el tema de la industrialización de la obra en nuestro país. Tal vez, porque tampoco se ha desarrollado con el mismo éxito que en otras partes del mundo. La propuesta de esta investigación, pretende sentar una base que plantee modelo teórico de planeación y control de los procesos industriales en la construcción, pero desde un punto de vista administrativo, el cual se encargue de gestionar y evaluar el uso y manejo de las distintas variables que componen todo el proceso de la edificación.

Hablar de industrialización y consecuentemente de prefabricación, nos refiere a la construcción en serie de espacios arquitectónicos, principalmente por su volumen y la viabilidad que existe en concentrar cada actividad bajo una curva de rutina (procedimiento repetitivo y constante), que permita gestionar los procedimientos constructivos con miras a lograr una mejora continua, alcanzando altos niveles de calidad, estableciendo parámetros de evaluación comunes con otras áreas.

De acuerdo a lo anterior, es posible alcanzar cinco perspectivas de control que pueden llegar a asegurar parámetros de perfeccionamiento en un proceso constructivo, a partir de la aplicación de un modelo como el planteado en esta investigación:

1. *Control del proceso*

- Reducción de problemas de calidad, es decir, el producto queda terminado de acuerdo a especificaciones.
- Conocimiento eficaz de las desviaciones en el proceso (detección y prevención de errores).
- Eliminación de actividades aleatorias o desordenadas.
- Manejo de multiprocesos (realización de varias actividades de forma simultánea).
- Mecanismos con tendencia a eliminar los posibles errores del proceso.
- Mantenimiento preventivo.
- Se descartan proveedores de material no confiables.
- Disminución de los tiempos de preparación en la maquinaria operante (*Set-Up*).

⁹⁹ NÚÑEZ Vilchez, Raúl Ernesto. *Aplicación de los sistemas prefabricados en la vivienda popular (caso Iztapalapa, Cd. De México)*. Tesis de Maestría. UNAM, Facultad de Arquitectura. México 1999.

2. *Control de producción*

- Eliminación las variaciones en obra, ya sea por sobreproducción o por detención del proceso.
- Producción de sólo lo necesario para satisfacer la etapa que se está ejecutando.
- Uso de maquinarias en base a la demanda.
- Reducción de tiempos caídos.
- Apoyo en la mejora de la calidad de la obra.
- Flexibilidad en la calendarización de la ejecución de la obra.

3. *Control de inventarios*

- Reducción en los niveles de inventario en los almacenes de la obra.
- Aumento en la rotación del material en inventario.
- Menor requisición de espacio físico para almacenamiento, mediante la entrega del material en el momento de ser utilizados y en el lugar donde son requeridos.
- Reducción en las pérdidas de material (mermas, caducidad de productos, robos).
- Eliminación de desperdicios (material que es llevado y abandonado en obra).

4. *Control del costo*

- Disminución de las inversiones para mantener el inventario en los almacenes de la obra.
- Ahorro en los costos financieros de la construcción (no se gasta en materiales que no se requieren).
- Distribución del capital de acuerdo a las necesidades reales de la obra, permitiendo un flujo económico que vaya a favor de su avance.

5. *Control administrativo*

- Mejora de la comunicación entre departamentos involucrados.
- Se evitan problemas de coordinación en actividades administrativas.
- Toma de decisiones en el momento justo, de forma preventiva y correctiva.
- Provee información rápida y precisa (óptimo manejo de los datos).
- Organización del área de trabajo y promoción del trabajo en equipo.
- Rompimiento de las barreras administrativas y burocráticas.
- Reducción en *WIP* (*Work in Process* – trabajo de escritorio).
- Incentiva la *autonomación* (libertad de decisión de cada trabajador para detener la actividad en proceso).

El *JIT* puede llegar a ser una buena opción para garantizar el establecimiento de estos controles, pues además de que permite mejorar la calidad de producción, reduce los niveles de inventario y proporciona un máximo de motivación para la solución de los problemas tan pronto como estos surgen. Con el paso del tiempo y la experiencia de varias constructoras al trabajar bajo esquemas de planeación industrial, han podido comprobar que probablemente el tiempo de respuesta a sus necesidades como empresa no son como esperaban, afectando el control de la producción ocasionando exceso de inventarios en contraparte con el producto terminado. Es por ello que puede pensarse en una estrategia de manufactura en donde la reducción de inventario y el adecuado manejo de los recursos humanos y mecánicos sean el objetivo principal.

La filosofía *JIT* implica que los materiales necesarios sean traídos al lugar correcto para elaborar los productos solicitados en el momento exacto en el que estos son requeridos; los materiales se mueven de a cuerdo a la demanda. Al combinar de manera flexible las características de esta metodología, puede obtenerse como resultado un sistema efectivo que permitirá planear, predecir y controlar los requerimientos de materiales en la obra.

El origen que motivó la realización del presente trabajo fue inicialmente de índole personal; la práctica profesional llevó al autor a relacionarse con distintas empresas del medio de la construcción, tanto en el ámbito de la edificación de vivienda de interés social (*URBI, Consorcio ARA, Casas GEO, ViveICA, Casas HIR*), como en la venta y distribución de materiales (*Cemex, Arkio de México*), buscando la forma de implantar en su forma de trabajo, planes y programas desarrollados específicamente para interactuar en un entorno industrializado, apoyados por algunas de las filosofías y técnicas descritas en este trabajo (*Just In Time, Kanban*), intentando alcanzar la mayoría de los cinco controles mencionados.

Por distintas cuestiones administrativas, la rotación de personal involucrado en el proyecto y por decisiones propias, fue imposible dar seguimiento oportuno al establecimiento de un modelo práctico que ofreciera una respuesta a la pregunta que tiempo después se convertiría en el origen de la hipótesis de esta investigación:

¿Será posible incorporar al proceso de edificación, desarrollado por empresas constructoras de vivienda de interés social, distintas técnicas y herramientas de planeación industrial, con el fin de desarrollar un nuevo modelo que optimice las actividades principales de su ciclo de trabajo, permitiendo evaluar su control de calidad de manera similar a cualquier otra empresa dedicada a la fabricación industrializada de artículos en serie?

Es factible, aunque se debe reconocer que no es una tarea sencilla. Implantar un modelo así no es posible hacerlo súbitamente buscando resultados inmediatos; existen grandes barreras que deben salvarse antes de entrar en la aventura de construir *justo en tiempo*, comenzando por las autoridades directivas y administrativas que se encargan de establecer los programas de ejecución, los planes de trabajo y de llevar a cabo la supervisión de cada una de las actividades que integran el proceso.

Después, debe continuarse con un periodo de capacitación-convencimiento-aceptación entre todos los involucrados (sociedades e individuos) para cada una de las diligencias relacionadas con la tarea constructiva, desde el proyectista hasta la última persona que participa en la ejecución de trabajos, pasando por los encargados de abastecer interna o externamente los materiales necesarios. Por último, trabajar con las personas encargadas de evaluar los resultados obtenidos, bajo un parámetro proactivo que permita establecer condicionantes de mejora continua.

En la presente investigación, se tocó el tema de la administración científica y el proceso administrativo sistémico, el cual se encuentra dividido en las etapas de previsión, planeación, organización, integración, dirección, ejecución y control, y expresamente se destacó de todas ellas a la planeación y el control. La planeación, porque precisamente de ahí surgen los planes, los planos, los presupuestos, las especificaciones y los programas que darán origen al proceso de materializar la idea de espacio. Por otro lado se encuentra el control, el cual preventiva o correctivamente, se hará cargo de la supervisión, verificando que todos los planes realizados se cumplan en tiempo y forma para garantizar la conclusión exitosa de todo el procedimiento.

Toda actividad productiva, incluyendo la construcción, está conformada por tareas internas, cada una con un inicio y un final determinado. Estas tareas se definen durante el proceso de planeación y llevan un orden de ejecución y jerarquía, generando un diagrama complejo que permite llevar un seguimiento adecuado de cada una de las actividades que participan del proceso completo. Esto nos lleva a realizar un análisis cuidadoso que determine cuál de todas las actividades agrega un valor especial al proceso y cuáles no. Cuando logran eliminarse actividades innecesarias es posible también disminuir los tiempos y por ende llegar a un grado de eficiencia muy superior que el proceso tradicional.

Una vez que se tienen identificadas las actividades que en esencia conforman al proceso, es necesario contemplar las variables que influyen en ellas, haciendo que sus tiempos y resultados sean los esperados por la planeación. Comienzan a identificarse dos variables principales: por un lado, los materiales y por otro, la mano de obra.

La maquinaria también cuenta, y como se ha visto, tiene un gran impacto dentro de todo el proceso; sin embargo en esencia, puede ser considerada como una extensión de la mano de obra, que ayuda al trabajador a realizar mayor volumen de obra, en menos tiempo; aunque en lugares como Japón, se ha llegado a sustituir la mano de obra por máquinas automatizadas que realicen el trabajo sin supervisión alguna.

Pero los materiales y mano de obra conforman un binomio inseparable. Los materiales necesitan de la mano de obra para ser colocados y la mano de obra necesita material para justificar su existencia en la obra. Toda vez que cada uno de los componentes se encuentran en su sitio, puede comenzarse la aplicación de esta metodología de trabajo.

Primero con los materiales, garantizando que sean suministrados a tiempo y bajo las condiciones óptimas para su correcta colocación, evitando sobre-inventarios que conllevarían al aumento de costos por almacenaje (ya sea por tener invertido dinero que no está produciendo, por tener que adecuar espacios para construir bodegas más grandes donde almacenarlos, daños irreparables o mermas).

Segundo, tener gente comprometida y capacitada para trabajar bajo un esquema de inventario mínimo: el almacenista que supervisa entradas y salidas de material, el residente que solicita el material y supervisa su correcta utilización en campo, la gente de compras que hace las negociaciones con los proveedores, y los proveedores mismos. Todos sincronizados con un mismo objetivo de eficiencia y productividad, acorde con los intereses particulares de cada área y cada empresa.

Una vez lograda la aceptación del proyecto, el camino sugerido para lograr la implantación exitosa del método es comenzar la puesta en marcha del programa por la base de la pirámide, es decir, con la gente que ejecuta el trabajo. Para entenderlo, pongamos dos ejemplos:

Recordemos lo que *Frank B. Gilbreth*¹⁰⁰ nos heredó respecto a su teoría para colocar tabiques. Supongamos que el rendimiento de un trabajador en condiciones normales es de 10.00 metros cuadrados para levantar un muro de tabique simple, y que para construir dicho elemento se ocupan

¹⁰⁰ Ver punto 4.1.1 del capítulo 4 de este documento.

en promedio 48 piezas sin considerar desperdicios¹⁰¹. De acuerdo a esto, en un día de trabajo se ocuparán 480 piezas, lo cual nos lleva a pensar que solamente esa cantidad será suministrada al oficial encargado de ejecutar el trabajo. ¿Qué ocurre si se ocupan más piezas? ¿Qué ocurre si se ocupan menos? ¿Qué ocurre con el material si el albañil no acude a trabajar? ¿Qué ocurre con el albañil si el material se termina antes de tiempo? ¿Qué sucede si al pie de la obra son enviadas más piezas o menos piezas de las que se han calculado?

Estas preguntas, y muchas otras más, quedarían anticipadamente contestadas si se trabaja bajo un programa *flexible* de abastecimiento de materiales, el cual involucra desde el control de inventarios existente en obra (incluyendo la relación con los proveedores de lo que podemos considerar como materia prima), hasta el personal encargado de la supervisión¹⁰² de la actividad citada en este ejemplo. Debe subrayarse el uso del término *flexible*, pues no debe perderse de vista que todo procedimiento es perfectible y debe adecuarse a las necesidades propias de cada proyecto.

Segundo caso. Pensemos en la construcción de un conjunto habitacional de varias viviendas; imaginemos que todas ellas están concebidas con el mismo diseño. El oficial plomero encargado de armar las instalaciones de cada célula, tiene un rendimiento de 4 casas al día. Previamente, se han guardado todas las conexiones y tubería que de acuerdo al proyecto ejecutivo, se requieren para una sola casa, agrupándolos en forma de *kits*¹⁰³.

Esto, en teoría, obligaría al oficial a no utilizar más material del que realmente necesita, es decir, cuatro *kits*; llegando al punto que ni siquiera se le permitiría intercambiar las piezas que vienen en cada paquete de casa. Lo anterior, acompañado de un detallado control por parte del encargado de proporcionar el material de trabajo en obra simultáneamente con el órgano de supervisión, concluye en un estado de completo control de procesos, en condiciones ideales.

Además de todo lo anteriormente mencionado, debe puntualizarse que establecer un método de planeación industrial no es un evento limitativo que solamente permite su aplicación en el campo de la construcción, sino que también puede ser transportado al origen del quehacer arquitectónico, es decir, a la conceptualización de la idea creativa generadora del proyecto arquitectónico.

Supóngase el caso de una empresa dedicada al comercio, cuya forma de operación mercantil se apoya en el establecimiento de puntos de venta (*retail*) distribuidos en distintas zonas geográficas cuyo fin está encaminado a cubrir una mayor superficie de mercado.

El arquitecto encargado del diseño de estos centros, comienza a *fabricar* o *producir* los correspondientes proyectos arquitectónicos en serie y con características similares manejando todos los recursos¹⁰⁴ necesarios para cumplir sus objetivos profesionales en cada uno.

¹⁰¹ Para esta simulación, intencionalmente se ha depurado al objeto que sirve de ejemplo, el tabique, de todos los demás componentes lógicos que intervienen en la construcción de un muro de tabique tradicional (mortero, agua, andamios).

¹⁰² De acuerdo a la estructura jerárquica operacional de cada empresa constructora: residentes, jefes de frente, supervisores, superintendentes.

¹⁰³ Término anglosajón que puede traducirse como paquete, cuyo contenido son una serie de piezas separadas que forman parte de un ensamblaje en común.

¹⁰⁴ Recursos materiales (computadoras, impresoras, papel) y humanos (dibujantes, proyectistas, calculistas, cuantificadores, ingenieros, topógrafos).

Y todo lo que sucede en torno a este procedimiento creativo, también puede verse inmerso en un proceso industrial que optimice recursos: definir materiales de trabajo, tiempos de entrega, inicio y término de actividades controladas (levantamientos topo-arquitectónicos, análisis de áreas, usos de suelo, licencias, permisos, negociación con locatarios), y produciendo solo la cantidad de proyectos que favorezca el crecimiento programado de la empresa como negocio.

Sin embargo, esta evolución no se detiene. Si bien el *JIT* desarrolla los fundamentos del *taylorismo funcional* y enseña la manera de administrar velocidad y calidad en un flujo continuo de actividades sincronizadas, *Michael Hammer*¹⁰⁵ comenzó a establecer ciertas nociones basadas en la *Ingeniería Inversa* ó *Reingeniería de Procesos de Negocios*¹⁰⁶ (*BPR*, por sus siglas en inglés de *Bussines Process Reengineering*), la cual brinda los conceptos para pensar en una organización enfocada en el cliente o en el cliente del cliente desde un punto de vista globalizado y totalmente tendiente a satisfacer las necesidades del mercado internacional desde un punto de vista económicamente redituable para cualquier compañía que lo aplique, teniendo como meta única y principal la de alcanzar un liderazgo corporativo por encima de cualquier otra compañía que produzca los mismos bienes o servicios.

Paul O'Neill, presidente de *ALCOA, Inc. (Aluminium Company of America)* probablemente descubra con precisión la esencia del *Bussines Process Reengineering*¹⁰⁷:

“...Creo que hemos cometido un grave error en la manera de exponer nuestra posición a favor de la idea del mejoramiento continuo. El mejoramiento continuo es exactamente la idea correcta si se es el líder mundial en lo que se hace. Pero es una idea terrible si no es así. Tal vez sea una idea desastrosa si uno se encuentra en una posición retrasada con respecto al estándar mundial. No podemos sentirnos satisfechos de diseñar un plan que nos lleve al estándar mundial existente en un tiempo prolongado, porque si aceptamos tal plan, nunca seremos líderes a nivel mundial...”

Si se analiza detenidamente esta definición del *BPR*, es posible pensar que también pueden establecerse nuevos paradigmas factibles de ser incorporados al plan de desarrollo estratégico de una empresa constructora, bajo lineamientos de liderazgo mercantil distintos (más no antagónicos) y complementarios a las metodologías descritas en el presente trabajo de investigación, suponiendo la factibilidad de desarrollar un modelo de planeación industrial aplicado al proceso de edificación desarrollado por empresas constructoras, instaurando distintas técnicas y herramientas de planeación industrial, con el fin de desarrollar un nuevo modelo que optimice las actividades principales de su ciclo de trabajo, permitiendo evaluar su control de calidad de manera similar a cualquier otra empresa dedicada a la fabricación industrializada de artículos en serie.

¹⁰⁵ *Michael Martin Hammer* (Annapolis, Maryland, USA, 13 de abril de 1948 – Newton, Massachusetts, USA, 3 de septiembre de 2008). Autor que acuñó en los 80' la idea de "reingeniería" definida como un "cambio radical en los procesos de negocios para producir una mejora drástica", presenta a los procesos como los factores a partir de los cuales una organización puede integrar todos sus componentes humanos y tecnológicos para funcionar como un sistema coherente y rentable.

¹⁰⁶ JOHANSSON, Henry J.; MCHUGH, Patrick; PENDLEBURY, A. John; WHEELER III, William A. *Reingeniería de procesos de negocios*. Editorial Limusa, Noriega Editores. México D.F., 1995. Pág. 10.

¹⁰⁷ *Ibidem*. Pág. 15.

Corolario

Reflexión sobre lo aprendido, lo aportado y el futuro

Hablar de un modelo de planeación industrial, siguiendo todos sus postulados administrativos y operativos, más que cerrar el campo hacia la creatividad, la construcción industrializada y el desarrollo de sistemas prefabricados abren camino a nuevas formas de diseño, permitiendo al mismo tiempo el inicio de nuevas especializaciones en el ámbito de la profesión, como puede ser el caso de los arquitectos técnicos dedicados al desarrollo de nuevos sistemas.

Los alcances obtenidos y expresados en el contenido de este documento fueron los de registrar por escrito información relevante para las grandes empresas constructoras, contribuyendo a partir del diseño de un modelo, a controlar y supervisar una serie de actividades que de manera empírica han empezado a desarrollarse en el proceso de edificación de grandes conjuntos. Con base al estudio de técnicas ya conocidas en otros campos de estudio, se hizo una interpretación adecuada al quehacer arquitectónico, aportando un nuevo enfoque al conocimiento ya establecido, en una dirección tal vez no explorada con anterioridad.

Aquí concluye esta tesis. Pero queda claro que ningún tema ha sido agotado; por el contrario, cada proposición señalada en el presente documento, ofrece nuevas oportunidades para su análisis pretendiendo empujar su desarrollo a través de distintas áreas del conocimiento.

Hay muchos temas, ricos y variados, que fácilmente pueden ser objeto de una investigación completamente distinta como analizar el control de calidad japonés, la reingeniería de procesos o estudios más profundos relacionados con la creación y manejo de materiales prefabricados.

En esta investigación se habló de la planeación de procesos dejando muchas ventanas abiertas con miras a escudriñar en temas como el control y mejora de la calidad o liderazgo empresarial. Lo importante será que estos estudios se encaucen de tal manera que formen parte de una nueva visión para administrar, organizar, planear y sobre todo, de hacer arquitectura.

Los arquitectos del mundo contemporáneo ya no solamente debemos aprovechar las herramientas que el medio nos ofrece, sino que debemos comenzar a generar las propias de manera innovadora, apoyados por esa necesidad de ofrecer, para nosotros y para la sociedad que nos define, las respuestas que resuelvan la problemática propia de nuestra profesión, buscando ofrecer la mejor calidad en nuestro trabajo técnico y creativo, entendiendo que ningún elemento del quehacer arquitectónico, pueda ser abordado sin considerar su interacción con todas las demás variables del gran sistema que conforman.

Sebastián Arturo Ruesga Pavía
Noviembre, 2008

BIBLIOGRAFÍA

Libros

ALVEAR Acevedo, Carlos. *Historia Universal Contemporánea*. Editorial Limusa-Noriega Editores. México, 2000.

APENDINI Ida; ZAVALA Silvio. *Historia Universal Moderna y Contemporánea*. Editorial Porrúa, S.A. de C.V. 33ª Edición. México, 1990.

AGUILÓ Alonso, Miguel; ARANDES Renu, Ramón; ECHEVARRÍA Sainz, Federico. *Prefabricación, teoría y práctica*. Editorial Técnicos Asociados. Barcelona (España), 1974.

BALDÓ I Lacomba, Marc. *La Revolución Industrial*. Edit. Síntesis. Madrid, España; 1993.

BERANGER, Pierre. *En busca de la excelencia industrial: Just in time y nuevas reglas de la producción*. CDN Ciencias de la dirección. Edit. Limusa Noriega-Editores. México, 1994.

BENDER, Richard. *Una visión de la construcción industrializada*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona (España), 2001.

BERTALANFFY, Ludwig von. *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo y aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica. México, 2006.

BLACHÈRE, Gérard. *Tecnologías de la construcción industrializada*. Colección Tecnología y Arquitectura. Trad. Jesús Martín. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona (España), 1977.

BUFFA, Elwood Spencer. *Administración de la producción y de las operaciones*. Trad. Andrés Eduardo Chehade Durán. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, 1992.

Business Integrated Solutions, S.A. de C.V., *Sincronización de Operaciones (Seminario Taller)*. Monterrey, Nuevo León (México), 2002.

CEBALLOS Lascuráin, Héctor. *La prefabricación y la vivienda en México*. UNAM, Centro de Investigaciones Arquitectónicas. México, 1973.

CERTO, Samuel C. *Administración moderna*. Editorial McGraw-Hill. Trad. Jaime Gómez Mont Araiza. Segunda edición. México, 1993.

FERNÁNDEZ Arena, José Antonio. *El proceso administrativo*. Editorial Diana. México, 1991

FERNÁNDEZ Madrid, Ma. Teresa. *Historia del Mundo Contemporáneo*. Adap. Gabriela Reding Borja. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México, 2000

FEIGENBAUM, Armand Vallin. *Control total de la calidad: Ingeniería y administración*. Editorial CECSA. México, 1994.

FITCH, James Marston. *Walter Gropius*. Colección *Maestros de la arquitectura mundial*. Trad. Víctor Scholz. Editorial Bruquera, S.A. Barcelona (España), 1964.

- FLORES Meyer, Marco Antonio; FAUTSCH Tapia, Eugenio León. *Temas Selectos de Matemáticas*. Editorial Progreso, S.A. México, 1992.
- GHIO Castillo, Virgilio. *Guía para la innovación tecnología en la construcción*. Ediciones Universidad Católica de Chile / CIP – Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Ingeniería. Chile, 1996.
- GUTIÉRREZ González, Eduardo; VLADIMIROVNA Panteleeva, Olga. *Fundamentos de la Teoría de las Probabilidades para Ingeniería y Ciencias*. 2ª Edición. Editorial Libudi, S.A. de C.V. México, 2001.
- HALL, Robert W. *The soul of the enterprise: Creating a dynamic vision for american manufacturing*. Harper Business. New York (United States), 1993.
- HAY, Edward J. *Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Trad. Margarita Cárdenas. Editorial Norma. Bogotá (Colombia), 1989.
- HINES, William W.; MONTGOMERY, Douglas C. *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración*. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 2ª Edición. México, 2000.
- JIMÉNEZ Castro, Wilburg. *Introducción al estudio de la teoría administrativa*. Editorial Limusa-Noriega Editores. México, 1987.
- JOHANSSON, Henry J.; McHUGH, Patrick; PENDLEBURY, A. John; WHEELER III, William A. *Reingeniería de procesos de negocios*. Editorial Limusa - Noriega Editores. México, 1995.
- JURAN, Joseph Moses. *Planificación y análisis de la calidad*. Editorial Reverte. Trad. Israel Warleta de Quintana. Barcelona (España), 1981.
- JURAN, Joseph M.; GRZYNA, Frank M.; BINGHAM, R. S. *Manual de control de la calidad*. Trad. José María Vallhonrat Bou. Editorial Reverte. Barcelona (España), 1983.
- JURAN, Joseph Moses. *Juran y la calidad por el diseño: nuevos pasos para planificar la calidad de bienes y de servicios*. Trad. Jesús Nicolau Medina. Editorial Díaz de Santos. Madrid (España), 1996.
- KONCZ, Tihamér. *Construcción industrializada*. Ed. H. Blume. Madrid (España), 1977.
- KOONTZ, Harold; O'DONNELL, Cyril; WEIHRICH, Heinz. *Elementos de administración*. Trad. A. Díaz Mata y S. Del Coral. Editorial McGraw-Hill. México, 1991.
- KRANZBERG, Melvin; DAVENPORT, William H. *Tecnología y Cultura*. Trad. Esteve Riambau i Saurí. Editorial Gustavo Gili. Barcelona (España), 1978.
- LABOUCHEIX, Vincent. *Tratado de la Calidad Total*. Trad. José María Suárez. CDN Ciencias de la dirección. Madrid (España), 1992.
- MOUSMIER, Roland; LABROUSSE, Ernest. *El siglo XVIII: Revolución intelectual, técnica y política (1715-1815)*. Trad. David Romano y Juan Rogla. Editorial Destino. Barcelona (España), 1981.

MOYA Rubio, Víctor José. *La vivienda indígena de México y del mundo*. Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinación de Humanidades. 3ª Edición. México, 1988.

NISSEN, Henrik. *Construcción industrializada y diseño modular*. Editorial H. Blume. Madrid (España), 1976.

OLIVERI, G. Mario. *Prefabricación: 1º Metaproyecto constructivo*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona (España), 1972.

PARDINAS, Felipe. *Metodología y Técnicas de Investigación en Ciencias Sociales*. Siglo Veintiuno Editores. 35ª Edición. México, 1998.

REVEL, Maurice. *La prefabricación en la construcción*. Trad. Gonzalo de Navacerrada. Editorial URMO, S.A. de Ediciones. Bilbao (España), 1973.

REYES Ponce, Agustín. *Administración moderna*. Editorial Limusa-Noriega Editores. México, 1992.

SALAS Serrano, Julián. *Construcción industrializada: prefabricación*. Serie: Elementos de la Edificación. Fundación Escuela de la Edificación. Madrid (España), 1997.

SÁNCHEZ, Álvaro. *Sistemas arquitectónicos y urbanos. Introducción a la teoría de los sistemas aplicada a la arquitectura y al urbanismo*. Editorial Trillas. México, 1978.

SIPPER, Daniel. *Planeación y control de la producción*. Edit. McGraw Hill. México, 1999.

SUÁREZ Salazar, Carlos. *Costo y tiempo en edificación*. Editorial Limusa-Noriega Editores. México, 1998.

TAMAYO y Tamayo, Mario. *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa-Noriega Editores. México, 1994.

TAYLOR, Frederick Winslow. *Principios de la administración científica: Administración industrial y general*. Editorial Ateneo. Buenos Aires (Argentina), 1973.

UNAM Facultad de Ingeniería. *Prefabricación de la vivienda*. Centro de Educación Continua. México, 1977.

Artículos y publicaciones

"100 Constructoras más importantes en México". *Revista Obras*. Editorial Expansión. México D.F. Año XXXVI, número 429 (septiembre 2008).

DOMÍNGUEZ, Luis Ángel. "Entre arquitectura y artificio", *Arquitectonics: Mind, Land & Society*. UPC Escola Técnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, UPC (septiembre 2001).

Enciclopedia real del conocimiento universal. Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España.

ORTIZ Flores, Enrique. "Participación social en la producción de vivienda: apoyos necesarios para su desarrollo", *Anales: Desarrollo Urbano en México*, Instituto Mexicano de Cultura. México, 1997.

Arkio de México, S.A. DE C.V., *Administración del programa Justo a Tiempo*. México, 2002.

Tesis y trabajos de investigación

GARCÍA Lemus, Oliva; GALINDO Segura, Germán David. *Flexibilidad, productividad y competitividad, elementos para satisfacer el flujo de la demanda; una solución que el sistema Kanban proporciona*. Tesis de Licenciatura. UNAM, Facultad de Ingeniería. México, 1995.

GARCÍA Robles, Nazario. *Un sistema de manufactura MRP y justo a tiempo (Kanban) enfocado a la fabricación de tubería de acero inoxidable*. Tesis de Licenciatura. ULSA, Escuela de Ingeniería (Mecánico Electricista). México, 1994.

HERRERA Jiménez, Anabell. *Gestión de calidad en una microconstructora: el principio de la calidad total*. Tesis de Maestría. UNAM, Facultad de Arquitectura. México, 1999.

NÚÑEZ Vilchez, Raúl Ernesto. *Aplicación de los sistemas prefabricados en la vivienda popular (caso Iztapalapa, Cd. De México)*. Tesis de Maestría. UNAM, Facultad de Arquitectura. México, 1999.

OCAMPO Ruiz, Ernesto. *Evolución y evaluación de los nuevos materiales y sistemas constructivos (Nanotecnología y biometismo en arquitectura)*. Tesis de Maestría. UNAM, Facultad de Arquitectura. México, 1999.

OLMEDO Canchola, Horacio. *Aplicación del proceso administrativo sistémico a la formulación y desarrollo de proyectos inmobiliarios*. Tesis de Maestría. UNAM, Facultad de Arquitectura. México, 2000.

PAREDES Pérez, Martha Marcela. *Implicaciones del sistema Just in Time (JIT): Justo a Tiempo (JAT), ventajas y desventajas*. Tesis de Licenciatura. UNAM, Facultad de Química. México, 2000.

Fuentes de Internet

Alberto Villaseñor, *Introducción al JIT y aplicaciones del Kanban*
<http://www.her.itesm.mx/dge/manufactura/topicos/kanban.htm>
(2008)

Arturo Guillermo Clery Aguirre, *Usos y aplicaciones del Kanban*
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/usokanban.htm>
(2008)

Business Integrated Solutions, S.A. de C.V.,
<http://www.bios.com.mx>
(2008)

GLOSARIO

Administración	Proceso sistémico constituido por las fases de previsión, planeación, organización, integración, dirección, ejecución y control, que permite alcanzar los objetivos que dan origen a un proyecto, con óptimos resultados (HOC).
Amianto	Asbesto. Silicato hidratado de calcio y magnesio. Combinado con el cemento forma el fibrocemento.
Automatización	Operación en la que, dentro de un proceso de fabricación o en la maniobra de algún aparato, tiende a reemplazar al hombre por mecanismos artificiales (máquinas) rápidos y precisos.
Continuidad	Actividad que no cambia de sentido y sigue un ritmo o intensidad constante. Se aplica a los procesos que no requieren ser detenidos periódicamente, por efectuarse sin interrupción la carga de los materiales primeros, su tratamiento y la transportación de los productos así como la evacuación de residuos.
Control	Medición y corrección del desempeño con el objeto de asegurar que se están cumpliendo tanto los objetivos de la empresa, como los planes elaborados para lograrlos.
Dirección	En administración, es el proceso de guiar y mantener un ambiente en el cual los individuos, que trabajan juntos en grupos, logren eficientemente los objetivos seleccionados.
Eficacia	Cumplimiento óptimo de objetivos, de acuerdo a los planes diseñados.
Eficiencia	Consecución de los objetivos planteados con el menor número de recursos.
Especializar	Generar una curva de rutina, donde cada una de las personas participantes del proceso sabe qué hacer y cuándo hacerlo, bajo un proceso repetitivo y secuencial de actividades.
Estandarizar	Determinación de las reglas que rigen las dimensiones, composición, comportamiento y demás características que deben tener un objeto o producto industrial; así como su aplicación en todos los demás procesos que forman parte del ciclo de producción.
Factibilidad	Cualidad o condición de poder hacer.
Industrialización	Industria (del lat. <i>industria</i>). Maña y destreza o artificio para hacer algo. Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos.

Integración	Acción que consiste en conjuntar las partes de un todo. La integración de recursos implica obtener y articular oportuna y efectivamente los recursos económicos, materiales, humanos y de información, para lograr, a través de las etapas de planeación y control, los objetivos establecidos (HOC).
Mano de obra	Todo el personal humano utilizado para implementar la ejecución de un proyecto, alcanzando el objetivo o bien común establecido.
Manufactura	Obra hecha a mano o con auxilio de maquinaria.
Mecanización	Sustitución de la mano de obra humana por maquinaria, solo donde sea posible.
Meta	Fines hacia lo que se dirige la actividad; puntos finales de la planeación.
Método	(Del lat. <i>methōdus</i> , y del gr. μέθοδος). Modo de decir o hacer con orden. Obra que enseña los elementos de una ciencia o arte. Manera de obrar o proceder; hábito o costumbre que cada uno tiene u observa. Procedimiento que se tiene en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla.
Misión	Razón de ser de la empresa, Función o tarea básica de una empresa o alguno de sus departamentos.
Modelo	Es una representación simplificada de las propiedades clave de un objeto, evento o relación del mundo real. Abstracción que captura conceptualmente la esencia de un objeto, con el detalle suficiente para que pueda ser utilizado en una investigación; en él se hace la experimentación en lugar del objeto real (HOC).
Objetivo	Fin al que se dirige una acción, lo que se espera alcanzar en el futuro, como consecuencia de la ejecución o resultado de un proceso.
Optimizar	Perfeccionar un instrumento, aparato, producto o sistema de actividades cualquiera hasta conferirle las inmejorables cualidades posibles.
Organización	Ordenación sistemática de los recursos (humanos, materiales y financieros) dentro de un cuadro temporal de actividades interrelacionadas y orientadas a buscar la solución de un problema específico, mediante la simplificación de operaciones y definiendo líneas jerárquicas de comunicación entre los participantes.
Organizar	Agrupar ordenadamente las actividades de un grupo, para alcanzar ciertos objetivos; disponer y preparar un conjunto de personas con los medios adecuados para lograr determinado fin, mediante la creación de unidades administrativas a las que se asignan misiones y funciones, autoridad, responsabilidades y jerarquías (HOC).
Producir	(Del lat. <i>producēre</i>). Elaborar, fabricar, originar, crear o manifestar cosas o servicios con valor económico y por extensión las del entendimiento. La producción es la suma de los objetos obtenidos de la industria.

Productividad	Hacer, producir o fabricar más cosas en menos tiempo y con los recursos básicos.
Plan	Programa detallado de acción que se emplea para resolver a futuro un problema. Propósito encaminado a la consecución de un objetivo.
Planeación	Fijación del curso concreto de acción que habrá de seguirse para lograr un objetivo, estableciendo para ello los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo y la determinación de los recursos y tiempos necesarios para su ejecución (HOC).
Política	Plan vigente que establece las normas generales para la toma de decisiones.
Presupuestos	Estado cuantitativo en términos formales de los recursos económicos que se asignan a las actividades planeadas durante lapsos estipulados.
Previsión	Definición técnica de lo que se desea lograr. Busca tomar acciones en el presente para resolver anticipadamente problemas que pudieran surgir en el futuro.
Proceso sistémico	Conjunto integral de fases o etapas sucesivas y ordenadas de una operación definida, cuya implantación va encaminada al desarrollo de una actividad determinada o al logro de un objetivo particular (HOC).
Producto terminado	Material constructivo que en sí mismo posee elementos primarios, mezclados o integrados industrialmente, y cuya característica es la de tener una forma definida y prediseñada (EOR).
Programa	Plan de un solo uso que abarca un conjunto relativamente grande de actividades organizacionales y que especifica los pasos importantes, su orden el momento en que deben efectuarse, así como la unidad responsable de cada paso.
Propósito	Tarea básica de una empresa o alguno de sus departamentos.
Proyecto	Proceso sistemático y prospectivo encaminado a la búsqueda razonada de la mejor solución a un problema, a fin de resolver en el presente (con base en el pasado), una necesidad específica (HOC).
Racionalizar	Conjunto de técnicas y planificaciones organizativas, sistémicas, que persiguen el fin de incrementar la eficacia y la producción, mediante la optimización de los recursos.
Recurso	Medio de cualquier clase que sirve para conseguir lo que se pretende; es el conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad o para llevar a cabo una empresa (HOC).
Reglas	Planes vigentes que detallan las acciones específicas que deben emprenderse en una situación determinada.

Reglamento	Conjunto de reglas o normas que rigen o legislan una actividad.
Rutina	Costumbre inveterada (de mucho tiempo atrás), hábito adquirido de hacer las cosas por simple práctica y sin modificación en el razonamiento. En computación, una rutina es una sección de un programa que lleva a cabo una tarea determinada y que puede usarse en cualquier otro programa en que deba incluirse una función similar.
Set-Up	Es la cantidad de tiempo necesario en cambiar un dispositivo de un equipo y preparar ese mismo equipo para producir un objeto diferente; con la calidad requerida por el cliente y sin incurrir en costos adicionales para la compañía, logrando con ello reducir el tiempo de producción en todo el proceso
Sistema	Estructura organizacional en el que interactúan las partes con el todo. Según el diccionario, es un conjunto de reglas o principios sobre una materia, racionalmente entrelazados; es el conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objeto (HOC).
Sistema constructivo	Proceso de producción edificatorio, conocido como proceso constructivo. Transformación final del material de construcción entendido como un componente del espacio delimitante o edificado dentro del espacio arquitectónico (EOR).
Supervisión	Función administrativa que implica ver que las cosas se están haciendo como fueron planeadas y ordenadas. La supervisión sirve a la dirección como enlace o eslabón con el cuerpo de trabajadores encargado de llevar a cabo lo planeado (HOC).
Técnica	Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve un arte o ciencia. Habilidad para usar esos procedimientos.
Técnica constructiva	Conjunto de procedimientos necesarios para construir una obra.
Tecnología	Estudio de la técnica de un arte o ciencia. Ciencia de las artes y oficios en general. Estudio de los métodos, recursos y procedimientos para la producción industrializada.
Teoría	Conjunto de hipótesis cuyas consecuencias se aplican a toda una ciencia o a una parte muy importante de ella, y el cuerpo de principios relacionados que tratan un tema de manera sistemática y son capaces de explicar por qué y cómo ocurre un fenómeno (HOC).