

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
SECCION DE POSTGRADO**



IMPACTO DE LOS ACTUALES SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE  
MATERIALES EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS  
DE EDIFICACIÓN

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN  
GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Ing. Vandeik V. Velásquez Montoya

LIMA – PERÚ

2,009

Este trabajo va dedicado a mis padres, porque siempre me alentaron y apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi carrera profesional. Todas las alegrías y éxitos obtenidos en mi profesión se los debo a mis padres. Muchas gracias por todo ello.

A los Ingenieros de la Sección de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería por sus enseñanzas y las asesorías recibidas., Un especial agradecimiento a los Ingenieros Javier Arrieta y Rodolfo Duran.

## ÍNDICE

<b>Lista de figuras</b>	<b>iv</b>
<b>Lista de cuadros</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xii</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
Objetivos	8
Objetivo principal	8
Objetivos secundarios	8
Hipótesis	8
Metodología	9
<b>Capítulo 1 – Análisis del sector construcción en el País</b>	<b>12</b>
1.1 PBI del sector	12
1.2 Ciclo de vida de los proyectos	19
1.3 Componentes de la construcción	20
1.3.1 Marco legal	20
1.3.2 Marco tributario	21
1.3.3 Marco normativo	22
1.3.4 Instituciones	23
1.4 Subsector edificaciones	24
<b>Capítulo 2 – Análisis del sistema productivo en la construcción</b>	<b>26</b>
2.1 Lean Production	28
2.1.1 Principios básicos	29
2.2 Lean Construction	30
2.2.1 Conceptos y principios básicos del Lean Construction	31
2.2.2 Incertidumbre y variabilidad	35
<b>Capítulo 3 – La Logística y su incorporación en la construcción</b>	<b>41</b>
3.1 Evolución del concepto de logística	41
3.2 Los objetivos de la gestión logística	49
<b>Capítulo 4 – Logística de suministro de materiales</b>	<b>56</b>
4.1 Planificación de materiales	57
4.1.1 El plan maestro de producción	59
4.1.2 Gestión de producción.	62
4.1.3 Protegiendo la producción.	64
4.1.4 Planificación Lookahead	66
4.1.4.1 Propósitos de la Planificación Lookahead	67
4.1.4.2 Proceso de Planificación Lookahead	68
4.2 El proceso de adquisición de materiales	73
4.2.1 Descripción del requerimiento	74



4.2.2 Proveedores	78
4.3 Inventarios de materiales	82
4.3.1 Sistema de clasificación ABC	94
4.4 Almacenamiento de los materiales	97
<b>Capítulo 5 – Logística interna de materiales</b>	<b>99</b>
5.1 Plan operacional de obra	100
5.1.1 Plan de obra	104
5.1.2 Planificación de instalaciones auxiliares	106
5.1.3 Planificación Operacional de Recursos (First Run Studies)	109
5.1.3.1 Diagrama de Flujos	110
5.2 Planificación de corto plazo	113
5.2.1 Planificación de compromiso	114
5.2.2 Midiendo y mejorando el desempeño del proyecto	117
<b>Capítulo 6 – Flujo de información de la logística de materiales</b>	<b>120</b>
6.1 Información	121
6.2 Comunicación	123
6.2.1 Comunicación eficaz y eficiente	125
6.3 La importancia de la información en el proceso de toma de decisiones	127
6.4 Proyectando e implantando un sistema de información logística	131
6.5 La Tecnología de la Información (TI) en el sector construcción	133
<b>Capítulo 7 – Productividad</b>	<b>138</b>
7.1 Productividad	140
7.2 Pérdidas	141
7.3 Seguimiento y control de la productividad en obra	145
7.4 Herramientas para el seguimiento y control de la productividad en obra	145
7.4.1 Muestreo del trabajo	147
7.4.2 Cuestionarios y encuestas	150
<b>Capítulo 8 – Estudio de casos</b>	<b>152</b>
8.1 Metodología de exploración de campo	153
8.1 Empresa X	157
8.1.1 Caracterización de la empresa y el proyecto	157
8.1.2 Caracterización de la gestión logística de materiales	159
8.1.2.1 Logística de suministro de materiales	159
8.1.2.2 Logística interna de materiales	163
8.2 Empresa Y	166
8.2.1 Caracterización de la empresa y el proyecto	166
8.2.2 Caracterización de la gestión logística de materiales	169
8.2.2.1 Logística de suministro de materiales	169
8.2.2.2 Logística interna de materiales	173
8.3 Empresa Z	175
8.3.1 Caracterización de la empresa y el proyecto	175
8.3.2 Caracterización de la gestión logística de materiales	178

8.3.2.1 Logística de suministro de materiales	178
8.3.2.2 Logística interna de materiales	182
<b>Capítulo 9 – Análisis de casos estudiados y directivas de gestión logística de materiales</b>	<b>185</b>
9.1 Principales problemas e interferencias comunes encontrados en la gestión logística de materiales	185
9.1.1 Logística de suministro de materiales	185
9.1.2 Logística interna de materiales	193
9.2 Principales directivas para la mejora de la gestión logística de materiales.	209
9.2.1 Logística de suministro de materiales	211
9.2.2 Logística interna de materiales	230
9.3 Análisis de costo - beneficio	237
9.3.1 Costo	237
9.3.2 Beneficio	238
9.4 Recomendaciones finales	242
<b>Conclusiones</b>	<b>247</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	
<b>Anexo A:</b> Caracterización de la empresa	
<b>Anexo B:</b> Logística de suministro	
<b>Anexo C:</b> Logística interna	
<b>Anexo D:</b> Cuestionario para trabajadores	
<b>Anexo E:</b> Cuestionario para proveedores	

## I. LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.1	Evolución del PBI Real Construcción 1991 – 2008 (CAPECO).	13
Figura 1.2	Red Vial Nacional (CAPECO).	14
Figura 1.3	Producción de Cemento 1985 – 2008 (CAPECO).	15
Figura 1.4	Producción de Barras de Acero de Construcción 1985 – 2008 (CAPECO).	15
Figura 1.5	Cuadro comparativo de los valores de las Licitaciones Públicas y Obras Privadas Autorizadas (CAPECO).	17
Figura 1.6	Composición del PBI en el Sector Construcción (Boletín de Estadísticas Ocupacionales 6. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo).	19
Figura 1.7	Ciclo de Vida de los Proyectos de la Construcción (Gómez, Rubén. 2002).	20
Figura 2.1	Modelo del Sistema Productivo (Serpell, 1993).	27
Figura 2.2	El Sistema Productivo según el Modelo de Conversión (Koskela, 1992 a).	31
Figura 2.3	El Sistema Productivo según el Modelo de Flujo de Actividades y Procesos (Koskela, 1992 a).	32
Figura 2.4	Niveles del sistema de producción Lean Construction (Koskela, 1992 a).	33
Figura 2.5	Gestión de Calidad Total en el Sistema Productivo (Elaboración propia).	35
Figura 2.6	Proceso de Interacción (Howell, 1999).	37
Figura 3.1	La integración de la cadena logística (Casanovas; Cuatrecasas, 2001).	44
Figura 3.2	Subdivisión de la logística en construcción civil (Borges, 2000).	46
Figura 3.3	Etapas del ciclo de vida de un proyecto de edificaciones (Elaboración propia).	48
Figura 3.4	Objetivos de la Logística (Elaboración propia).	50

Figura 3.5	Flujos logísticos en construcción civil (Borges, 2000).	54
Figura 4.1	Configuración genérica de una tradicional cadena de suministro en edificaciones (Vrijhoef; Koskela, 1999).	56
Figura 4.2	Ejemplo de Plan Maestro (Elaboración propia).	59
Figura 4.3	Niveles de planificación de un proyecto de construcción (Ballard, 1997 a).	62
Figura 4.4	Sistema de Planificación y Control de Producción (Ballard, 1999).	65
Figura 4.5	Nivel de detalle del Lookahead Schedule (Elaboración propia).	68
Figura 4.6	Control de Calidad de los Materiales (Calidad en la Construcción, 2000)	76
Figura 4.7	Sistema de señalización Kanban (Anaya, 2000).	84
Figura 4.8	Registro fotográfico del sistema de planificación por lotes de producción (Constructivo, Feb. 2004).	86
Figura 4.9	La reserva de inventario en la relación Obra - Proveedor	89
Figura 4.10	Aplicación del JIT en la adquisición de materiales en construcción civil (Borges, 2000).	93
Figura 4.11	Clasificación de Materiales ABC (Serpell, 1993).	95
Figura 5.1	Elementos de los Procesos (Serpell, 1993; Koskela, 1992 a).	99
Figura 5.2	Estudios de preparación en el proceso de producción de edificaciones (Borges, 2000).	101
Figura 5.3	Flujograma de las actividades que componen un planeamiento de obra (Borges, 2000).	105
Figura 5.4	Registro de distancias entre instalaciones (Serpell, 1993).	107
Figura 5.5	Ciclo de Mejoramiento Continuo desarrollado por Walter Shewhart – 1930 (Ballard, 1994 d).	112
Figura 5.6	Sistema de Planificación semanal y Control de la Producción (Ballard, 1999).	114

Figura 5.7	Nivel de detalle de la Planificación de Compromiso (Elaboración propia).	115
Figura 6.1	Sistema de Información y de Decisión, en el Sistema de la Empresa (Borges, 2000).	122
Figura 6.2	Proceso de Comunicación (Gerencia de la Información, 2002).	128
Figura 6.3	Grado en el cual el proceso de decisiones puede ser programado o no programado (Villagarcía, 2000).	128
Figura 6.4	Jerarquía de las necesidades de un sistema de información (Borges, 2000).	132
Figura 7.1	Relación entre factores y la productividad (Elaboración propia).	139
Figura 7.2	Proceso y productividad (Serpell, 1993).	140
Figura 7.3	Tipos de productividad (Serpell, 1993).	141
Figura 7.4	Principales categorías de pérdidas de productividad (Serpell, 1993).	142
Figura 7.5	Ciclo de mejoramiento de la productividad (Serpell, 1993).	145
Figura 8.1	Relación entre subfactores de la gestión logística de materiales y la productividad (Elaboración propia).	154
Figura 8.2	Proceso de obtención de información (Serpell, 1993).	153
Figura 8.3	Estudio de caso: Residencial Serenizza (Empresa X, registro de obra).	157
Figura 8.4	Organigrama (Empresa X, registro de obra).	158
Figura 8.5	Materiales en inventario (Empresa X, registro de obra).	162
Figura 8.6	Área de construcción y distribución de instalaciones (Empresa X, registro de obra).	164
Figura 8.7	Transporte manual de materiales (Empresa X, registro de obra).	165
Figura 8.8	Estudio de caso: Edificio multifamiliar Inclán IV (Empresa Y, registro de obra).	166
Figura 8.9	Organigrama (Empresa Y, registro de obra).	167
Figura 8.10	Almacenes de la obra: Edificio Multifamiliar Inclán IV	172

	(Empresa Y, registro de obra).	
Figura 8.11	Área de construcción y distribución de instalaciones auxiliares (Empresa Y, registro de obra).	174
Figura 8.12	Estudio de caso: Edificio multifamiliar Mendiburo (Empresa Z, registro de obra).	175
Figura 8.13	Organigrama (Empresa Z, registro de obra).	176
Figura 8.14	Materiales en inventario (Empresa Z, registro de obra).	181
Figura 8.15	Almacenes (Empresa Z, registro de obra).	182
Figura 8.16	Área de construcción y distribución de instalaciones auxiliares (Empresa Z, registro de obra).	183
Figura 9.1	Materiales dispersos por diferentes lugares de la obra en construcción (Registro de obra).	190
Figura 9.2	Materiales inadecuadamente protegidos contra daños y sustracciones (Registro de obra).	194
Figura 9.3	Ejemplos de Trabajo Productivo (Registro de obra).	195
Figura 9.4	Unidades productivas realizando transporte manual (Registro de obra).	196
Figura 9.5	Unidades productivas realizando mediciones (Registro de obra).	196
Figura 9.6	Habilitación de materiales (Registro de obra).	197
Figura 9.7	Actividades de limpieza (Registro de obra).	198
Figura 9.8	Viajes (Registro de obra).	199
Figura 9.9	Esperas (Registro de obra).	199
Figura 9.10	Unidad de producción corrigiendo una actividad - Trabajo Rehecho. (Registro de obra).	200
Figura 9.11	Necesidades fisiológicas y viajes (Registro de obra).	200
Figura 9.12	Descanso (Registro de obra).	201
Figura 9.13	Resultado del muestreo de trabajo: caso empresa X (Registro de obra).	202

Figura 9.14	Resultado del muestreo de trabajo: caso empresa Y (Registro de obra).	203
Figura 9.15	Resultado del muestreo de trabajo: caso empresa Z (Registro de obra).	204
Figura 9.16	Resumen del muestreo general del trabajo de los casos estudiados (Registro de obra).	205
Figura 9.17	Cuadro comparativo de trabajo productivo (Serpell, 1993)	207
Figura 9.18	Replanteo del enfoque del sistema productivo (Elaboración propia).	210
Figura 9.19	Replanteo del enfoque del sistema de planificación (Elaboración propia).	210
Figura 9.20	Principales procesos de la logística de suministro (Elaboración propia).	211
Figura 9.21	Etapas del flujo de información del proceso de planificación de materiales (Elaboración propia).	213
Figura 9.22	Principales etapas del flujo de información del proceso de compras (Elaboración propia).	220
Figura 9.23	Etapas del flujo de información del proceso de almacenes (Elaboración propia).	228
Figura 9.24	Principales actividades de la planificación de las instalaciones auxiliares (Elaboración propia).	231
Figura 9.25	Flujo de información del proceso logístico (Elaboración propia).	234
Figura 9.26	Gráfico comparativo de Costo – Beneficio (Elaboración propia).	240
Figura 9.27	Ejemplo de Actividades Precedentes Culminadas – Inventario (Elaboración propia).	241
Figura 10.1	Densificación del trabajo de la administración de la obra (Hirano, 1990).	248
Figura 10.2	Mejoramiento Continuo (Elaboración Propia).	250



## II. LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1	PBI por sectores económicos 1994 – 2008 (INEI)	14
Cuadro 1.2	Inversión Pública en Sector Vivienda ( <a href="http://www.andina.com.pe">http://www.andina.com.pe</a> )	18
Cuadro 1.3	Colocación de créditos Mivivenda ( <a href="http://www.mivivenda.com.pe">www.mivivenda.com.pe</a> )	24
Cuadro 2.1	Principios fundamentales del Lean Construction (Koskela, 1992 a).	33
Cuadro 2.2	Principales componentes del Sistema de Calidad (Calidad en la Construcción, 2002).	34
Cuadro 4.1	Ejemplo de formato de Lookahead Schedule (Elab. propia).	69
Cuadro 4.2	Formula de evaluación de proveedores (Elab. propia).	79
Cuadro 4.3	Principales Actividades del Proceso de Compras (Serpell, 1993).	81
Cuadro 4.4	Clasificación de los proveedores según sus características (O'Brien, 1995).	92
Cuadro 4.5	Aspectos a considerar según la clasificación de materiales ABC (Serpell, 1993).	96
Cuadro 5.1	Esquema para la confección de un plan de operaciones (Serpell, 1993).	102
Cuadro 5.2	Símbolos usados en diagramas de flujos (Serpell, 1993).	111
Cuadro 5.3	Ejemplo de formato de Planificación Semanal (Elab. propia).	117
Cuadro 7.1	Pérdidas en Construcción (Koskela, 1992b).	144
Cuadro 8.1	Lima Metropolitana: Distribución de las empresas y los trabajadores según tamaño de empresa en el sector construcción, 2007 (MTPE- Hoja de Resumen de Planilla, 2007 / MTPE- Programa de Estadísticas y Estudios Laborales )	152
Cuadro 9.1	Principales problemas comunes en la logística de suministro (Elaboración propia).	192
Cuadro 9.2	Porcentaje absoluto de utilización del tiempo por cada categoría (Registro de obra)	208
Cuadro 9.3	Indicadores de gestión (Elab. propia).	236
Cuadro 9.4	Análisis de Costo del Esquema Propuesto	238



Cuadro 9.5	Análisis del Beneficio del Esquema Propuesto	239
Cuadro 9.6	Herramientas potenciales para la mejora del flujo logístico de materiales (Elaboración propia).	245

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar la influencia de la administración de materiales en la Productividad en la Construcción de Obras de Edificación y exponer instrumentos de mejora, mediante la revisión de un marco o modelo teórico existente, que permita asegurar un flujo continuo y sin interferencias, de materiales y componentes a obra, en la cantidad requerida, con la calidad especificada, en el lugar preciso, en el momento oportuno, al menor costo total.

Para tal fin, se debe reconocer inicialmente que el sistema productivo en la construcción se basa en la existencia de flujos de actividades y procesos de conversión. Mientras que todas las actividades demandan costos y consumen tiempo, solo los procesos de conversión añaden valor al producto (obra de construcción). De esta manera, se define el sistema productivo en la construcción como la formación progresiva y detallada de los flujos de materiales e información en la producción física del proceso. Este modelo de enfoque de flujo de actividades y procesos permitirá visualizar el potencial de mejoramiento en el sistema productivo en la construcción.

Por otro lado, tomando en consideración los alcances y el objetivo de la logística de materiales como el proceso de proveer la información y los materiales requeridos al mejor precio y en el momento oportuno, con el objeto de mantener el nivel de servicio deseado a un mínimo costo, se concluye que una apropiada administración de los flujos de materiales e información (gestión logística) brindará al sistema productivo de la construcción mejoras substanciales en su desempeño operativo.

Asimismo, sobre la base de estudios de caso realizados en tres empresas constructoras, fueron analizados los flujos logísticos relacionados con la administración de materiales que se realizan dentro de las mismas. De esta manera, se identificaron los principales factores que dificultan e interfieren los flujos de materiales a obra y que repercuten en el desempeño del proceso productivo. Una vez analizados estos factores, se propone directivas administrativas, que permitan corregir las deficiencias de la gestión logística de materiales encontradas en los estudios de caso.

## ABSTRAC

The objective of the current work is to evaluate the influence of the administration of materials in the performance of the productive system in the construction of buildings and expose instruments of improvement, by means of the revision of a existing theoretical model (conceptual) that allows to assure a continuous flow and without interferences, of materials and components to sites, in the required quantity, with the specified quality, in the precise place, in the oportune moment, at the smallest total cost.

For such goal, it should be recognized initially that the productive system in the construction is based on the existence of flows of activities and conversion processes. While all the activities demand costs and they consume time, alone the conversion processes add value to the product (construction site). This way, it is defined the productive system in the construction like the progressive and detailed formation of the flows of materials and information in the physical production of the process. This model of focus of flow of activities and processes will allow to visualize the potential of improvement in the productive system in the construction.

On the other hand, taking in consideration the reaches and the objective of the logistics of materials as the process of providing the information and the materials required to the best price and in the accurate time, in order to maintaining the level of service wanted at a minimum cost, it is concluded that an appropriate administration of the flows of materials and information (logistical administration) will bring to the productive system of the construction substantial improvements in their operative performance.

Also, on the base of case studies carried out in three construction companies, they were analyzed the logistical flows related with the administration of materials that are carried out inside the same ones. This way, the main factors were identified that difficult and interfere the flows of materials to place and that rebound in the performance of the productive process. Once analyzed these factors, it is proposed directives of administration, that allow to correct the deficiencies of the logistical administration of materials found in the case studies.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la mayoría de países de la región de América Latina han abierto sus mercados, esto ha obligado a los productores de bienes transables<sup>1</sup> a elevar la productividad para poder competir en un mercado abierto. Frente a este incremento de la competencia internacional, las empresas han reaccionado aumentando su productividad tanto a través de la importación de nuevas tecnologías como también a través de la introducción de nuevos métodos de trabajo más productivos.

Frente a esta creciente competencia internacional, la Oficina Internacional del Trabajo, OIT, señala: para que los países de la región puedan enfrentar este desafío, debe lograrse un modelo de desarrollo más competitivo, con alto crecimiento económico y con reducción de las desigualdades internas. El motor de este modelo de desarrollo e integración a la economía mundial lo constituye la *mayor competitividad*, que está asociada principalmente a más altos niveles de productividad y al mantenimiento de los equilibrios macroeconómicos. Asimismo la OIT, ha reconocido que el aumento de la productividad puede contribuir a elevar el nivel de vida de los trabajadores y de las comunidades en su conjunto, mediante la participación en los beneficios de este nuevo modelo de crecimiento, a través de mejoras salariales. Además, si se produce más al mismo costo o si se obtiene la misma cantidad de producción a un costo inferior, resulta beneficioso para la comunidad en su conjunto, que puede reflejarse en mayores ingresos reales y mejoras en las condiciones de trabajo. Así adquiere legitimidad social este modelo de desarrollo. [50, 52, 53]

En el caso peruano, la transición de una economía regulada a una de libre mercado y la apertura económica que redujo las elevadas barreras al comercio exterior han permitido un funcionamiento más competitivo de la economía. No obstante, para que el país pueda convertirse en un país realmente competitivo, debe tener la capacidad de ganar posiciones en los distintos mercados internacionales. Esta capacidad depende del nivel de productividad del país y está asociado al sistema productivo de los diversos sectores interrelacionados entre sí que integran el país, tales como: la industria manufacturera,

---

<sup>1</sup> Se considera como parte del sector transable de la economía a la agricultura, minería y manufactura, mientras que el sector no transable está conformado por los sectores de comercio, electricidad, gas y agua; transportes y comunicaciones y el resto de sectores de servicios.

la construcción, la minería, la infraestructura vial, los servicios de telecomunicaciones, etc. Es decir la productividad de un país es una cuestión sistémica.

Por otro lado, la productividad de un determinado sector del país, se ve influenciada por la calidad de los empresarios. Se necesitan empresarios que revisen continuamente sus métodos de producción y adopten las novedades tecnológicas que se generan en el medio así como el empleo de nuevos productos. Aún son más necesarios, aquellos empresarios que desarrollan nuevos métodos de producción, con nuevas prácticas e insumos, nuevos productos, nuevos mercados, nuevas fuentes de insumo. Es decir se necesita empresarios innovadores.

Para el caso del Sector Construcción, la responsabilidad principal, en lo que respecta al aumento de la productividad de una empresa, como lo es una constructora, corresponde a la *administración*, ya que solamente ésta puede llevar a cabo un programa de aumento de la productividad dentro del sistema, y crear las buenas relaciones humanas para obtener la cooperación de los trabajadores lo cual es esencial para el buen éxito del programa.

Debe entenderse que la *función administrativa* dentro de una empresa del Sector Construcción, tiene por tarea que las personas dentro de la organización, actúen como un equipo tras la conquista de las metas de la empresa. Todo jefe de área tiene la obligación de buscar la eficiencia de su sector, para lo que debe empeñarse en guiar o dirigir a su grupo de trabajo hacia las metas u objetivos de la organización, es decir, debe “administrar”. La administración es una tarea que, a diferencia de las otras operaciones de la empresa, no está bajo la responsabilidad de un sector específico, todos son responsables de realizar las labores de administrar dentro de su propio ámbito [21].

No obstante no debe confundirse la *función administrativa* con la actividad de *dirección superior*, ésta última debe preocuparse de que se ejecuten bien todas las funciones de la empresa (operativas, administrativas, técnicas, comerciales, financieras, contables, etc.). Pero, también debe asegurarse de que se realice eficientemente la función administrativa en cada sector de trabajo. Si los responsables de cada sector aprecian esta diferencia, les

será más fácil comprender y aceptar que la responsabilidad de administrar no solo es de la dirección superior, sino también de ellos, de modo que deben prepararse para ejercerla dentro de su campo de responsabilidades. En suma, la administración es un proceso o forma de trabajo que consiste en guiar o dirigir a un grupo de personas hacia las metas u objetivos de la organización, en tanto que la gestión es la acción y el efecto de administrar.

La empresa constructora al igual que toda empresa productiva reúne los recursos de capital, los recursos humanos, el conocimiento del proceso y los clientes, sin los cuales sería imposible su desarrollo. No obstante, los proyectos que demandan un esfuerzo temporal y que cada uno se distinga de los demás, en alguna proporción, vienen a ser las unidades esenciales del negocio de las empresas constructoras y es su desempeño el que determina el éxito o fracaso de las mismas. Por tanto, es función de una empresa constructora *dirigir apropiadamente* cada proyecto de modo que lo planificado se pueda transformar en una realidad tangible.

En los últimos años los proyectos de construcción en el Perú y en el mundo están experimentando cambios sustanciales, los inversionistas exigen costos y plazos límite de ejecución menores, son más frecuentes los problemas con el diseño de proyecto debido a los continuos retrasos y cambios propuestos por el propietario, problemas con el suministro de recursos, altos estándares de calidad requeridos por los productos y servicios, nuevas tecnologías que emergen en el mercado, etc. Todas estas características hacen que los proyectos de construcción sean cada vez más complejos, dinámicos y donde la incertidumbre gobierna la gran mayoría de las variables.

Por otro lado, el mercado de la construcción, a diferencia de otras industrias es, en la mayoría de los casos, imprevisible y aleatoria. Las demandas de este tipo de mercado varían conforme varían las políticas estatales, la economía local, las necesidades de desarrollo de otros sectores productivos, las necesidades de desarrollo de cada región, por nombrar algunos. Frente a este contexto, las empresas constructoras o empresarios de la construcción procuran mantener sus empresas lo suficientemente adaptables como para poder cambiar de región o especialidad, reducir su tamaño, etc., a fin de sobrevivir a los diversos cambios de la demanda. En ese sentido el contratista promedio trata de

aligerar su estructura organizacional, invirtiendo lo menos posible en maquinaria, infraestructura e incluso, en capacitación de su personal. El empresario en construcción, procura ser pragmático, carente de un plan estratégico, lo que hace que generalmente se concentre en el corto plazo.

Desafortunadamente, estos objetivos de corto plazo no le brindan a las constructoras mayores posibilidades de desarrollo o supervivencia en el largo plazo. Para avizorar proyecciones de desarrollo en el largo plazo, es necesario que el contratista asuma objetivos de mediano y largo plazo, dentro del marco de un plan estratégico, afrontando el contexto de una manera distinta a la descrita anteriormente. Como se señaló inicialmente, el empresario en construcción debe estar íntimamente comprometido con las innovaciones tecnológicas de la empresa, con mejorar la productividad y la calidad, apuntando a la reducción de costos y tiempos y, por ende parte de su tiempo debe estar dedicado a mejorar la competitividad de su empresa en el mediano y largo plazo.

En los últimos años, las instituciones de formación académica en cooperación con las empresas constructoras de la Región Latinoamericana (Chile, Perú, Brasil y México), realizaron estudios de productividad. Dichas investigaciones, en general, tuvieron objetivos comunes tales como: evaluar la performance del sistema productivo y proponer mejoras relacionadas con el diseño del producto, los procedimientos de construcción y la eficacia de la administración [59, 30, 5].

Estas investigaciones, evaluaron el total de tiempo invertido por los recursos humanos en una actividad constructiva, el cual fue dividido en dos fracciones: el tiempo invertido en trabajo productivo y el tiempo no productivo total. La primera fracción representa al tiempo que invierten los recursos humanos en añadir valor al producto y se da cuando las operaciones se llevan a cabo de manera perfecta, con la utilización del mejor procedimiento constructivo, diseños óptimos y con un soporte administrativo eficiente. Por otro lado, la segunda fracción representa a todas aquellas actividades que no agregan valor, que tienen un costo y, por tanto, reducen la eficiencia del sistema productivo. Estas actividades que no agregan valor son atribuibles a deficiencias de la administración, deficiencias de la planificación, métodos constructivos ineficientes, etc.



En el estudio de productividad que se realizó en 50 obras de Lima Metropolitana [30], se indica que en promedio el 72% del total del tiempo de la mano de obra se dedica a labores no productivas, en otras palabras solo el 28% del total del tiempo de las unidades productivas añadió valor al producto. Este bajo nivel de trabajo productivo, probablemente se deba a una preocupación del contratista promedio en sus objetivos de corto plazo, lo que le impide mejorar su sistema productivo restándole competitividad en el mediano y largo plazo.

Por otro lado, el enfoque tradicional del sistema productivo como una secuencia de procesos de conversión de la industria manufacturera así como la construcción, han centrado por muchos años la atención en los procesos de conversión, con la idea errónea que se podría mejorar la eficiencia global del sistema productivo, mejorando la eficiencia individual de los procesos productivos, limitando así las mejoras reales. Pero si se contempla la producción como un flujo de actividades y procesos de conversión, se puede reconocer otras actividades componentes en este flujo como son: transporte, espera e inspección. Debe entenderse por *flujo de actividades*, al *movimiento* de recursos e insumos a través de la red de procesos de conversión, cada uno de los cuales los procesa antes de dejarlos pasar al siguiente proceso de conversión. Por tanto, la mejora del sistema productivo de una empresa constructora debe darse considerando todas las actividades y procesos que componen el sistema de producción, es decir de manera global.

Realizar estudios considerando este contexto global del sistema productivo, permitirá establecer diferencias entre los diseños de las construcciones, sus capacidades organizativas y la eficiencia de la administración de las empresas constructoras.

En este sentido las empresas tienen que asumir acciones coherentes que les permitan adquirir ventajas competitivas para poder sobrevivir en el momento actual de elevada competición dentro de cada sector. Se pueden identificar varios caminos en torno a diversos procesos conducentes a la mejora del sistema productivo de un proyecto de construcción: mejora técnico – económica del proyecto; capacidad de obtención de financiamiento; dominio de los costos de producción y elaboración precisa de los presupuestos; capacidad de preparación, planeamiento, desarrollo de métodos y



anticipación de la solución de problemas; mejora de las actividades logísticas; dominio e implantación de nuevas técnicas y métodos constructivos, etc.

Dentro de estos procesos, esta investigación estará orientada al análisis de las actividades logísticas, a través del cual se espera lograr la mejora del sistema productivo en el ámbito de la construcción de edificaciones.

En los estudios de productividad realizados en la construcción de obras de edificación en Lima por Virgilio Ghio [30], detectó que dentro de las principales causas de pérdida de productividad son la interrupción de la secuencia de servicio de los materiales, el congestionamiento de las áreas disponibles en obra, la aglomeración excesiva de operarios durante la ejecución de actividades y las dificultades de acceso y circulación en obra. Todas estas causas están asociadas a una gestión inadecuada de la logística y reducen la eficiencia de las empresas constructoras. Por otro lado, la relevancia de la gestión logística es influenciada directamente por los costos asociados a sus actividades.

Julio Anaya [4] define la logística como “*el control del flujo de materiales desde la fuente de aprovisionamiento hasta situar el producto en el punto de venta de acuerdo con los requerimientos del cliente*”, a través de la máxima rapidez en el flujo del producto con costos operacionales mínimos. Vale decir, si la entrega de materiales es correcta y oportuna, se garantizaría la producción en el frente de trabajo y por ende se eliminarían los tiempos de espera que representan pérdidas para la empresa, logrando finalmente una mejora del sistema productivo.

La logística comprende el abastecimiento de bienes y servicios, en calidad, cantidad, lugar y momento oportuno que requiere el sistema productivo para ser procesado y transformado en un producto [56, 67], no obstante en la presente investigación se enfocará particularmente en la *gestión logística de materiales*, en virtud que el costo de los materiales representan un porcentaje mayoritario dentro de la estructura de costos en una obra de edificación, asimismo el inadecuado abastecimiento del mismo puede afectar en forma importante al programa de una obra en construcción, toda vez que si un material no llega a tiempo puede significar parar parte de ella, influyendo en el desempeño de su sistema productivo.

Glenn Ballard [14] señaló, en base a un proyecto piloto con planes semanales elaborados al inicio del proyecto, que entre las causas por la que no se completaron las tareas planificadas en determinados periodos de tiempo, fue a razón que los materiales no llegaron oportunamente donde eran requeridos. En el estudio de Ballard se determinó que 70 de las 240 actividades planificadas que no se ejecutaron, fueron a razón que no contaron con los materiales oportunamente.

Por otro lado, la mayoría de las actividades que se desarrollan para la logística de materiales, como la planificación, la adquisición, la evaluación, etc., también son necesario desarrollarlas para los demás recursos requeridos en la construcción como equipos y mano de obra, evidentemente con las particularidades de cada tipo de recurso.

Por tanto, la mayor parte de las conclusiones y de las directivas de gestión que se pueda proponer en esta investigación pueden ser válidas para los demás recursos.

Sin embargo, es necesario señalar que los *materiales* dentro de una obra de edificación comprenden:

Materias primas (madera, acero, ladrillos, agregados, cemento, etc.)

Componentes (tornillos, cables, etc.)

Materiales en proceso (prefabricados de elementos de concreto, etc.)

Productos terminados (tuberías, perfiles de acero, etc.)

Insumos (combustibles, brocas, etc.)

Cabe señalar que el análisis de la logística de materiales que se desarrolla en esta investigación apunta a todos los proyectos de edificación grandes o pequeños, a razón que si bien un proyecto puede diferir respecto a las demás en tamaño y otras características, no lo es tanto al nivel de las operaciones de construcción, ya que estas tienen características similares propias en todos los proyectos. La mayoría de las actividades y procesos de conversión estarán presentes en cada una de ellas y la forma como éstas sean administradas, como ya se mencionó antes, determinará el éxito o fracaso de las mismas.

## Objetivos

### Objetivo Principal

Frente a los resultados de productividad en la construcción de obras de edificación de Lima obtenidos en el estudio realizado por Virgilio Ghio [30], el objetivo principal de esta investigación es analizar el papel de la gestión logística de materiales y su impacto en el desempeño de las unidades productivas de los proyectos de construcción de edificaciones y proponer directivas de administración sobre la base de un análisis bibliográfico, tomando como referencia el objetivo de la logística que es la de asegurar un flujo continuo y sin interferencias de materiales a obra, en la cantidad requerida y con la calidad especificada, en el momento oportuno y lugar preciso al menor costo total.

### Objetivos Secundarios

- Identificar las características de las actividades de la gestión logística de materiales en las empresas constructoras de obras de edificación.
- Identificar las causas de posibles interferencias que surgen en la gestión logística de materiales y que reducen la eficiencia en el sistema productivo.
- Discutir la aplicación de conceptos fundamentales e identificar herramientas operacionales que auxilien la gestión logística de materiales en el proceso de producción de obras de edificación.

De manera resumida, los objetivos presentados procuran responder a la siguiente pregunta central de investigación: **¿de qué manera las actividades de la gestión logística de materiales influyen en el desempeño del sistema en proyectos de construcción de edificaciones?** y se fundamenta en la siguiente hipótesis.

### Hipótesis

El nivel de administración de la logística de materiales de un proyecto de construcción guarda una relación directa con el nivel de productividad del sistema productivo del mismo proyecto.

## **Metodología**

La investigación se realizará básicamente en tres etapas principales: la primera etapa consistirá en el levantamiento de información y revisión bibliográfica; en la segunda etapa se desarrollará un trabajo de exploración en obras de edificaciones en ejecución y; en la última etapa se identificará las características y los factores que surgen en la gestión logística de materiales y que influyen en el sistema productivo en las obras de edificación y finalmente se identificará herramientas de apoyo para gestión logística de materiales.

Antes de abordar el marco teórico de la primera etapa, se realizará un breve análisis de la evolución del Sector Construcción en los últimos años y su influencia en la gestión logística de proyectos de construcción.

En la primera etapa, se expondrá el marco teórico de referencia, sobre el cual, se definirán los parámetros, métodos y herramientas que permitirá analizar objetivamente las obras que componen la muestra; así mismo, brindará las lineamientos que permitan alcanzar los objetivos de la presente investigación. Los temas que se consultó en esta revisión bibliográfica fueron: el sistema productivo en la construcción, la evolución del concepto de logística, la logística de materiales en la industria manufacturera, la logística de materiales en construcción civil, cadena de suministro, gestión de la producción en construcción y la productividad.

Asimismo, en esta primera etapa, se analizará el proceso y el sistema productivo en la construcción, el cual dará respuestas a las preguntas, tales como: ¿qué es la construcción de una obra?, ¿qué tipo de producción es la construcción?, etc. Este análisis permitirá adoptar un punto de vista más confiable, respecto al sistema productivo en la construcción. Sobre la base de este nuevo enfoque, se estudiará el desarrollo del concepto y los objetivos de la logística y su utilización dentro de las empresas constructoras de edificaciones.

Luego, se mostrará la evolución del concepto de logística asumido a lo largo de la historia mostrando la manera como se fue incorporando en el ambiente empresarial, interpretando este concepto en el contexto donde actúan las empresas constructoras,

debido a las particularidades del sector. Asimismo, se indicarán los objetivos de la gestión logística, presentando su relación con los conceptos de costo total, nivel de servicio y flujos logísticos; también se discutirá las posibilidades de racionalización de producción en la construcción y se describirán las principales actividades de la gestión logística de materiales en una obra de construcción. Se tratarán temas relacionados con la logística de suministro (proveedores) y la logística en la obra propiamente dicha.

En virtud que el tema de tesis es evaluar la influencia de la gestión logística de materiales en la productividad de obras de edificación, antes de finalizar esta primera etapa se describirá el concepto de productividad y las herramientas para su evaluación, a razón que es un parámetro de fundamental importancia que permite mostrar el grado de desempeño del sistema productivo en función del contenido de trabajo dentro de la misma. Estas herramientas asociadas al estudio de productividad, serán empleados en la segunda etapa durante el trabajo exploratorio de los casos estudiados, los cuales, permitirán identificar los factores que surgen en el desarrollo de las actividades de la gestión logística de materiales y su incidencia en el contenido de trabajo dentro del sistema productivo.

La bibliografía revisada cubrió, libros, tesis, disertaciones y artículos de revistas nacionales e internacionales. La idea es conseguir un amplio marco teórico de referencia que consolidase los conceptos y herramientas sobre el tema de tesis.

En la segunda etapa, la investigación tendrá un carácter exploratorio. En las empresas constructoras seleccionadas, se tomarán registros de campo, de modo que permita entender las actividades de la gestión logística de materiales que ocurren durante la construcción de una obra de edificación.

Las principales herramientas para la recolección de datos, utilizadas en cada obra visitada serán: estudios de tiempo del trabajo en el ámbito general de actividades; cuestionarios y entrevistas a los agentes que participan en la gestión logística de materiales de la empresa constructora.

En la última etapa se realizará una evaluación cualitativa y cuantitativa de la información obtenida, el cual permitirá identificar las causas o factores más relevantes que tienen sus orígenes en la gestión logística de materiales y que conducen a las pérdidas de productividad del sistema de producción de obras de edificación. Finalmente, sobre la base de este análisis y al fundamento del marco teórico presentado en la primera etapa, se propondrán directivas de gestión que permitan la mejora del sistema logístico de materiales de las empresas constructoras.

## CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN EN EL PAIS

La construcción por su efecto multiplicador presenta una gran incidencia en la evolución de la economía nacional, pues su crecimiento incide de manera directa e indirecta sobre la producción de otros sectores industriales, así como también en la absorción del empleo. La construcción, a diferencia de otras actividades industriales, es parte fundamental y motor de desarrollo de una sociedad y de un país. Alfredo Serpell [59] cita, entre las muchas razones, algunas que explican la importancia del sector en la actividad económica:

1. A través de la construcción y sus productos, se satisfacen las necesidades de infraestructura de la mayoría de las actividades económicas y sociales de un país, así como también las necesidades de vivienda de la población.
2. La construcción utiliza y consume una cantidad importante de recursos públicos y privados (generalmente escasos), ya que demanda una alta inversión para la gran mayoría de las obras que se ejecutan.
3. La construcción es una fuente importante de trabajo ya que usa mano de obra en forma intensiva.
4. La construcción genera una importante actividad indirecta en muchas otras áreas de la economía de un país.

Afortunadamente este sector ha sido impulsado en el Perú a partir de 1991 por los diferentes gobiernos de turno influenciado positivamente en la economía nacional a través de la generación de empleos y el impulso al desarrollo del país. Los años anteriores a 1991, el sector construcción no cumplió con el rol que debió tener en la economía,

### 1.1 PBI del sector

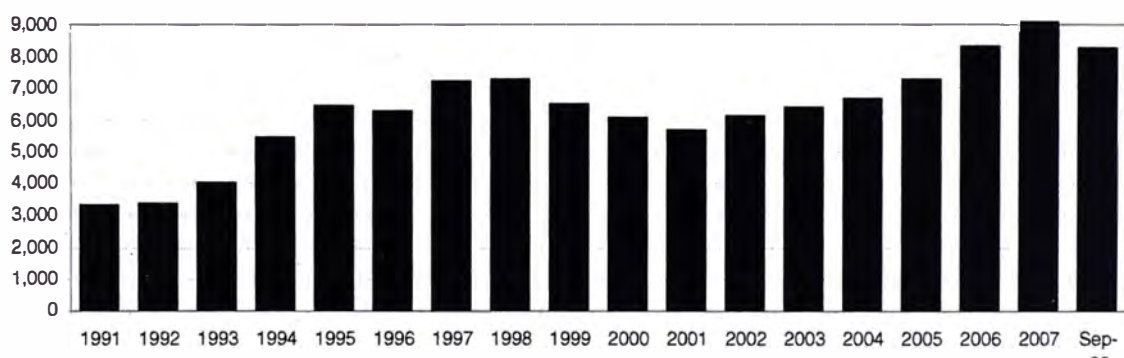
Los productos en la construcción están constituidos básicamente por *obras de Edificaciones* (viviendas, centros educativos, centros de salud, oficinas, fábricas,



hoteles, centros comerciales y de recreación, etc.) y las *obras de Infraestructura* (carreteras, puentes, túneles, canales, centrales de generación de energía, sistemas de abastecimiento y tratamiento de aguas, puertos, aeropuertos, etc.). El aporte del sector construcción en el crecimiento de la economía nacional se da a través de la contribución de los dos subsectores (Edificaciones e Infraestructura) al Producto Bruto Interno del país.

Según los datos obtenidos de la Cámara Peruana de la Construcción<sup>2</sup>, el sector tuvo un crecimiento continuo desde 1991 hasta finales de 1998, en virtud del incremento de las inversiones públicas y privadas, posteriormente se presentó un periodo de recesión que se inició a fines de 1998 y extendió hasta noviembre del 2001 como consecuencia de la caída de la inversión privada influenciado por la crisis interna y externa. Tal como se muestra en la figura 1.1, a partir de noviembre del 2001 el PBI del sector construcción ha registrado un crecimiento constante que se debió fundamentalmente al impulso que el gobierno de turno al programa de vivienda.

**Fig. 1.1 Evolución del PBI Real Construcción 1991 – 2008**  
(Millones S/. A precios 1994)



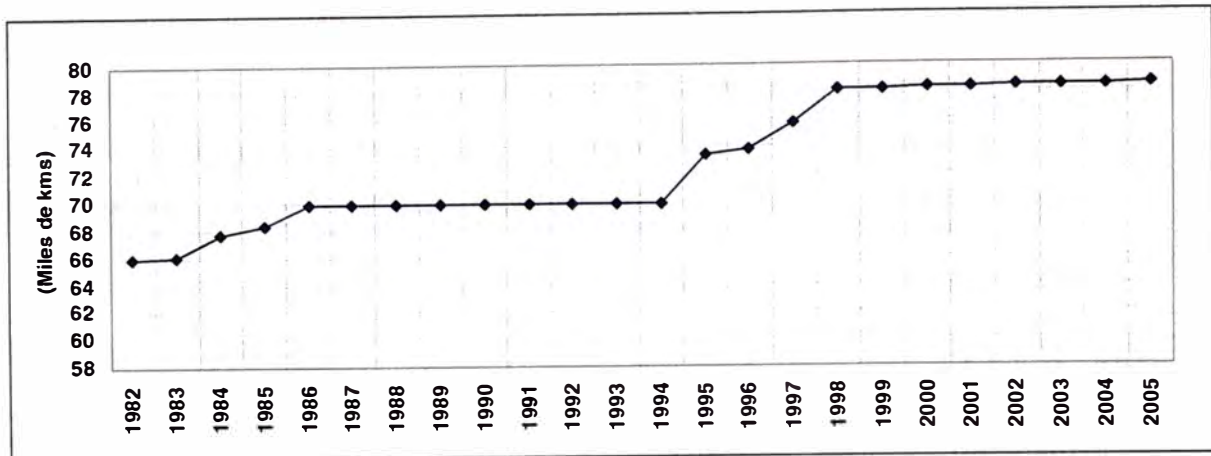
Fuente: CAPECO

Los años anteriores a 1991, las inversiones públicas y privadas fueron mínimas. Tal es así por citar un ejemplo, la Red Vial medida en términos de miles de kilómetros no se incrementó desde 1986 hasta 1994, lo cual si se dio en el periodo 1994 a 1998, incrementándose en aproximadamente 10 mil kilómetros (Fig. 1.2), esto propició el crecimiento del sector en dicho periodo.

<sup>2</sup> Información Estadística de la Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO: <http://www.capeco.gob.pe>



**Fig. 1.2 Red Vial Nacional**



Fuente: CAPECO

En los últimos años, la actividad constructora es uno de los sectores más dinámicos de la economía. En el cuadro 1.1 se muestra que el sector construcción ha registrado un crecimiento continuo desde el 2002, y en los tres últimos años el PBI del sector ha sido superior al PBI de los demás sectores y del PBI global.

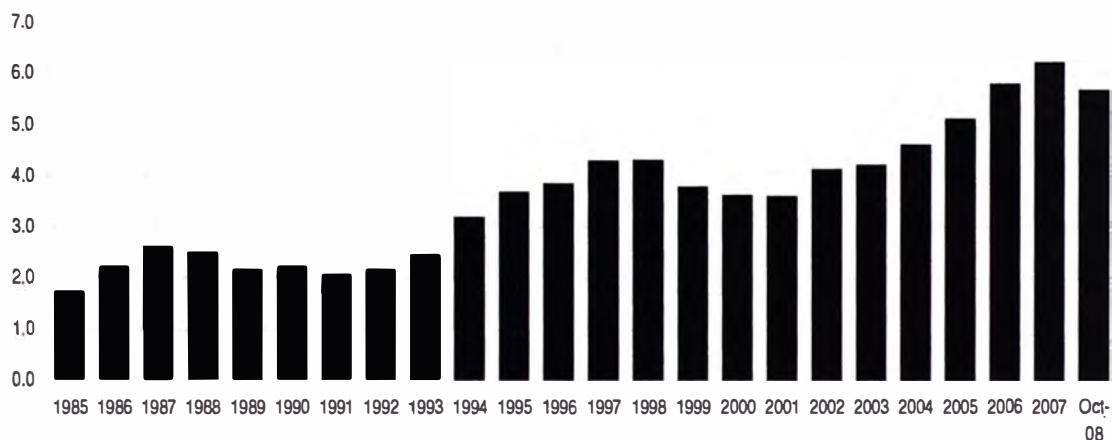
**Cuadro 1.1 PBI por sectores económicos 1994 – 2008**

SECTORES ECONÓMICOS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Agropecuario	13.2	9.5	5.2	5.4	0.5	10.1	6.6	0.7	6.1	3.0	-1.4	5.4	8.4	3.3	6.0
Agrícola	19.0	10.1	10.9	2.8	0.1	13.0	6.0	-2.1	6.6	1.3	-1.8	4.2	8.4	2.0	6.6
Pecuario	6.5	9.8	1.0	7.4	1.8	6.9	-7.9	0.8	3.8	3.0	3.0	6.9	8.2	5.3	5.1
Pesca	21.1	-13.9	-4.8	-1.8	-13.4	28.2	10.4	-9.9	5.6	-10.3	30.7	3.2	2.4	6.9	5.7
Minería e hidrocarburos	12.0	4.2	5.1	9.0	3.7	13.1	2.4	9.9	12.0	5.5	5.3	8.4	1.4	2.7	7.5
Minería metálica	14.7	7.6	6.8	10.8	4.3	16.0	3.3	11.0	13.0	6.3	5.1	7.3	1.1	1.7	7.6
Hidrocarburos	-0.6	-9.5	-4.0	-2.0	-0.2	-6.9	-6.5	-2.0	0.7	-4.3	7.1	23.4	5.7	6.5	7.4
Manufactura	16.6	5.5	1.5	5.3	-3.5	-0.7	5.8	0.7	5.7	3.6	7.4	7.5	7.5	10.8	8.6
De procesamiento de recursos primarios	15.5	-3.6	3.8	1.9	-9.9	15.9	9.1	-1.7	4.8	3.2	8.0	3.9	4.1	0.7	6.2
No primaria	17.0	8.2	0.9	6.2	-1.8	-4.7	4.9	1.4	5.9	3.7	7.2	8.5	8.5	13.0	9.0
Electricidad y agua	10.9	0.2	5.9	12.7	6.2	3.0	3.2	1.6	5.5	3.7	4.5	5.6	6.9	8.5	8.7
Construcción	36.3	17.4	-2.3	14.9	0.6	-10.5	-6.5	-6.5	-7.7	4.5	4.7	8.4	14.8	16.6	17.7
Comercio	15.9	11.1	0.9	7.8	-3.1	-1.0	3.9	0.9	3.3	2.4	6.2	6.2	11.7	9.7	13.1
Otros servicios	7.1	7.8	3.9	5.4	0.0	1.7	2.0	-0.5	4.0	4.8	4.8	6.8	6.8	8.9	9.6
PBI	12.8	8.6	2.5	6.9	-0.7	0.9	3.0	0.2	5.0	4.0	5.0	6.8	7.7	8.9	9.9

Fuente: INEI

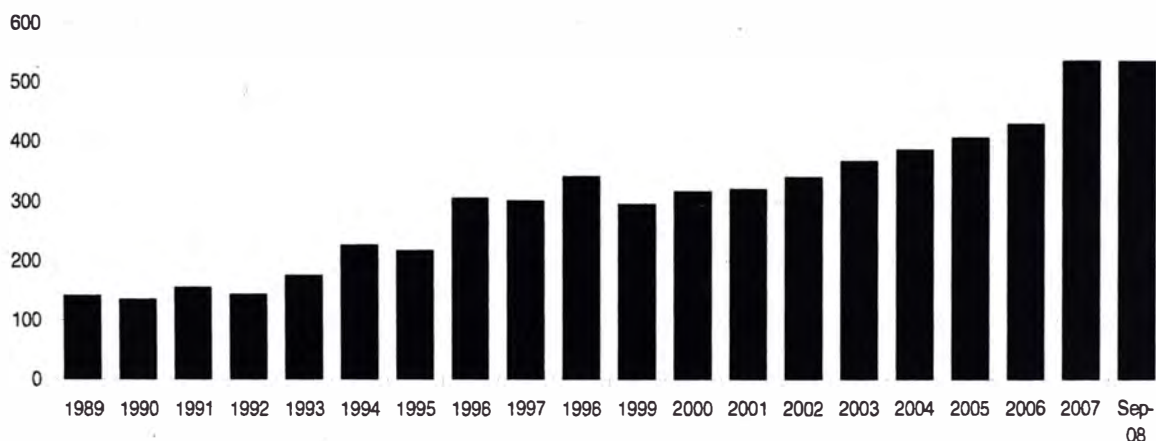
Además, según información adelantada del INEI, el consumo interno de cemento y acero – indicadores directos del sector constructor – registraron un continuo crecimiento desde el 2002, luego de la caída de la producción que tuvo el cemento desde 1998 hasta el 2001. En las figuras 1.3 y 1.4 se muestran dicho crecimiento.

**Fig. 1.3 Producción de Cemento 1985 – 2008**  
(Millones de TM)



Fuente: CAPECO

**Fig. 1.4 Producción de Barras de Acero de Construcción 1985 – 2008**  
(Millones de TM)



Fuente: CAPECO

En los últimos años, el crecimiento del sector construcción se dio en medio de un contexto macroeconómico favorable fomentado por el crecimiento del producto, la estabilidad de precios, una posición fiscal superavitaria, un mayor dinamismo del crédito y el aumento de todos los componentes de la demanda interna, principalmente del consumo privado y de la inversión privada, en medio de un clima de alto nivel de confianza por parte de empresarios y consumidores.

En el 2005, el crecimiento anual del sector construcción fue sustentado en la continuidad política sectorial que dio como resultado la mayor actividad del sector

privado en la ejecución de diversos proyectos de infraestructura, edificación de centros comerciales y oficinas. Asimismo, se incrementó la construcción de conjuntos habitacionales fruto de de la política del gobierno de turno en la promoción de los programas, “Mi Vivienda”, “Techo Propio” y “Mi Barrio”.

En el año 2006, el crecimiento del sector construcción se atribuyó a la interacción de diversos factores como la inversión pública, la inversión privada, la continuación de diversas obras, el marco regulatorio que favorece al sector construcción y la mayor demanda de viviendas por parte de las familias.

El crecimiento de la inversión pública se debió a la ejecución de diversas obras, por parte de los gobiernos locales y provinciales, sobretodo en proyectos mineros y de construcción de obras viales. Por su parte, la inversión privada se vio favorecida ante la mejora en las condiciones de acceso al financiamiento a través de los créditos hipotecarios promovidos por el Estado y otras fuentes del sistema financiero. Dicho comportamiento se reflejó en el mayor dinamismo del segmento de la autoconstrucción y en el crecimiento de los proyectos habitacionales. Además se mostró en la mayor colocación de créditos hipotecarios en el sector financiero.

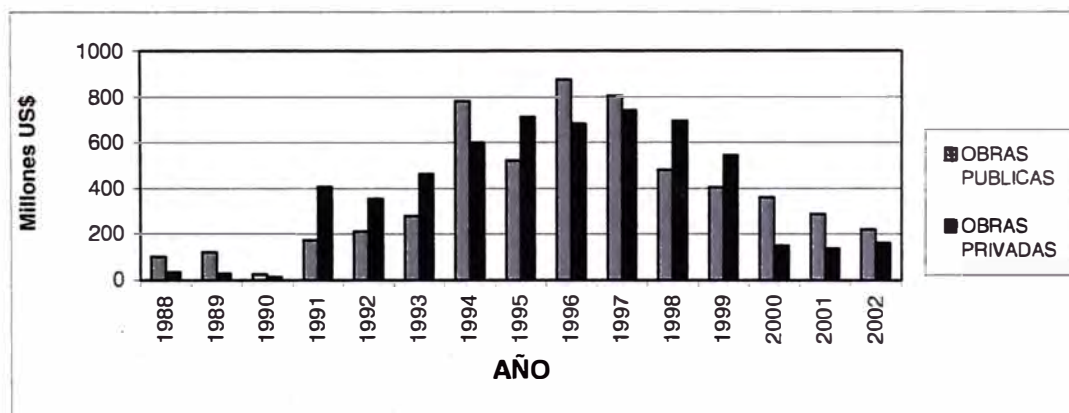
Se culminó con la ejecución de diversas obras de infraestructura (vía expresa de la Avenida Grau, rehabilitación de avenidas y construcción de intercambios viales, construcción de centros comerciales y oficinas). Finalmente, existe un notable aumento en la demanda de inmuebles en diversos distritos de la capital (estratos A, B) lo que ha ocasionado que los inversionistas decidan aumentar su inversión en el sector construcción dentro del Perú.

En año 2007, el sector construcción se expandió y su comportamiento se acerca a tasas de crecimiento superiores al 16%. Tanto el sector público y privado influyeron en este resultado. En el primer caso, debido a la continuación de las obras de los programas “Provias Nacional” y “Provias descentralizado”, orientado a la mejora y rehabilitación de carreteras en las ciudades de Chachapoyas, Tarapoto, Sicuani, Trujillo y Catahuari (Ancash), Asimismo, influyó el mantenimiento y conservación de caminos rurales y

vecinales. En Lima Metropolitana, el sector público impulsó el crecimiento del sector construcción por la ejecución de obras en la Vía Expresa de Paseo de la República. Por su parte, el sector privado incrementó el consumo interno de cemento ante la mayor demanda de obras relacionadas con la edificación de viviendas y centros comerciales, ejecutados en un contexto de fácil acceso a créditos hipotecarios de vivienda promovidos por el Estado y otras fuentes del sistema financiero.

Como se puede observar, la inversión privada, ha mantenido volúmenes de inversión proporcionales a los de la inversión pública y han contribuido al crecimiento del sector construcción. Estos se incrementaron cuando los indicadores macroeconómicos y los respectivos gobiernos de turno propiciaron un entorno estable que incentivó la inversión privada. En la figura 1.5 se muestra el cuadro comparativo de la inversión pública y la inversión privada entre los años 1988 y 2002.

**Fig. 1.5 Cuadro comparativo de los valores de las Licitaciones Públicas y Obras Privadas Autorizadas**



Fuente: CAPECO

No obstante este crecimiento continuo del sector puede verse afectado por la crisis financiera internacional que viene afectando a la economía mundial en el año 2009. En ese sentido el gobierno actual ha tomado una serie de medidas con el fin de reducir el impacto de la crisis señalada en el PBI del país. Estas medidas asumidas por el Gobierno que se enmarcan dentro de un plan de anticrisis, está orientado fundamentalmente a

promover e impulsar la inversión en el sector construcción por su efecto multiplicador que tiene este en la economía nacional.

El viceministro de Vivienda y Urbanismo del gobierno de turno, Juan Sarmiento indicó que la inversión pública en sector Vivienda, Construcción y Saneamiento sumará S/. 5,683 millones de Nuevos Soles en el 2009, como una medida para afrontar la crisis externa. El monto de esta inversión estará distribuido en los rubros principales que se indica en el cuadro 1.2.

**Cuadro 1.2 Inversión Pública en Sector Vivienda, Construcción y Saneamiento**

Programa de Inversión Pública	Millones de Nuevos Soles
Programas de vivienda del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para impulsar proyectos del programa Techo Propio.	720
Fondo Mivivienda del programa de vivienda del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.	1000
Programas de Desarrollo Urbano, que comprenden el mejoramiento de barrios urbanos y pueblos rurales a cargo del ministerio.	372
Programas de titulación de Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (Cofopri).	99
Programas de Saneamiento.	1806
Programa Coficasa de la Corporación Financiera de Desarrollo (Cofide).	900

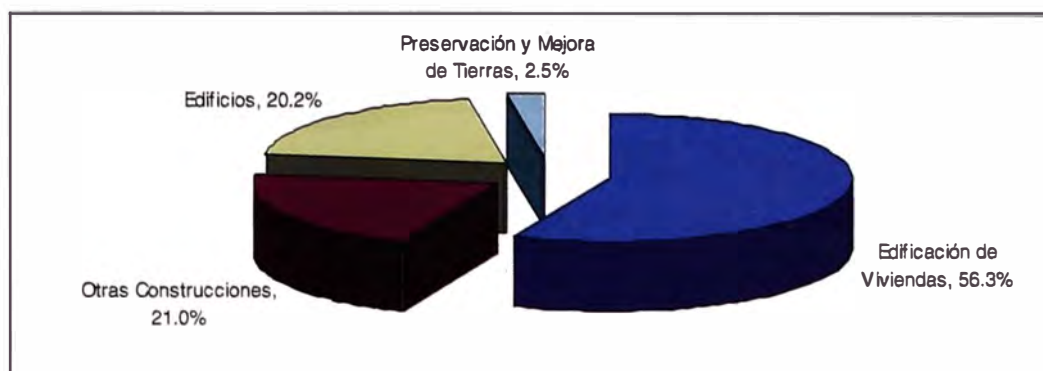
Fuente: <http://www.andina.com.pe>

Finalmente se señala como referencia la composición aproximada del PBI del sector construcción según el Boletín de Estadísticas Ocupacionales 6<sup>3</sup>, III Trimestre 2005: 56.32% corresponde a la edificación de viviendas, 21% a otras construcciones (carreteras, represas, obras de saneamiento, etc.), 20.2% en la construcción de edificios (edificaciones para oficinas, centros comerciales, edificaciones para el sector minero, energético, industrial y turismo) y por último, 2.5% en la preservación y mejora de tierras. En consecuencia, el Programa Mi Vivienda impulsado por el Estado, ha tenido una indiscutiblemente contribución en el crecimiento del sector construcción. En la figura 1.6 se muestra la composición del PBI del sector construcción para el año 2005.

<sup>3</sup> Boletín de Estadísticas Ocupacionales 6, III Trimestre 2,005 – Construcción. Programa de Estadísticas y Estudios Laborales – PEEL, del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.



**Fig. 1.6 Composición del PBI en el Sector Construcción**



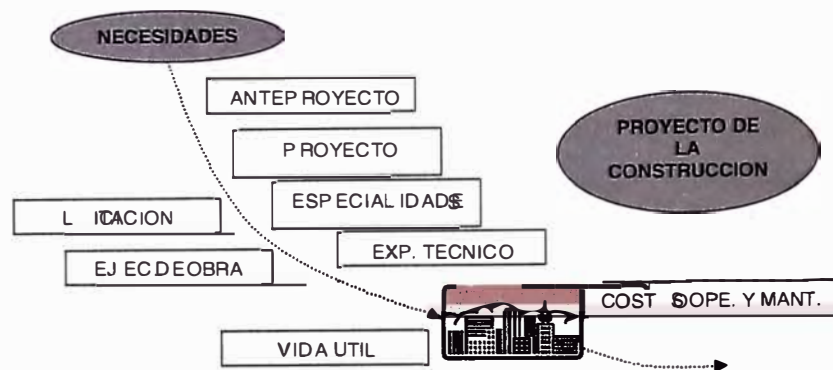
Fuente: Boletín de Estadísticas Ocupacionales 6, III Trimestre 2,005 – Construcción. Programa de Estadísticas y Estudios Laborales – PEEL, del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.

## 1.2 Ciclo de vida de los proyectos públicos

Durante el ciclo de vida de los proyectos de construcción (Fig. 1.7) intervienen muchas entidades, empresas, instituciones, profesionales, técnicos, y muchos otros agentes. Cada uno de los involucrados tiene roles diferentes, pero también hay casos en los cuales tales roles no están definidos plenamente.

En ese sentido, el Comité Técnico de la Calidad en la Construcción liderado por INDECOPI y representado por los propios involucrados con el ciclo de vida de los proyectos de construcción, ha elaborado la Ley Calidad en la Construcción inspirado en las experiencias y beneficios obtenidos en países de la región de América Latina y Europa. Dicha Ley, permitirá al Estado definir su política referente a la promoción e implementación de la filosofía de la calidad al ciclo de vida de los proyectos de la construcción, prever el logro de resultados satisfactorios de todas las inversiones en la construcción, y establecer la necesidad de disponer del historial de los resultados de los proyectos ejecutados. El propósito de la Ley es brindar políticas y lineamientos claros y explícitos para todos los involucrados con el ciclo de vida de los proyectos de construcción y fortalecer el Sector de la Construcción del país [32]

**Fig. 1.7 Ciclo de Vida de los Proyectos de la Construcción**



Fuente: Gómez, Rubén. 2002

Como se indicó durante el ciclo de vida de los proyectos de construcción intervienen muchos agentes y se desarrollan en el contexto del marco técnico, legal y tributario vigente en el País. Todos estos agentes y normas técnicas vienen a ser los componentes de la construcción.

No es el propósito detallar en la presente investigación cada uno de estos componentes, solo se describirá algunos de ellos, los cuales se considera son las mas relevantes a tomar en atención durante el ciclo de vida de los proyectos.

### **1.3 Componentes de la Construcción.**

#### **1.3.1 Marco legal**

En el país fueron emitidos una serie de dispositivos legales dirigidos regular y promover la inversión privada, nacional y extranjera, en obras de infraestructura pública y en servicios públicos.

Entre los dispositivos los más importantes son:

- Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado aprobado mediante D.S N° 084-2004-PCM, el cual tiene como finalidad fundamental la de obtener mayores niveles de eficiencia del aparato estatal, de manera que se logre una mejor

atención a la ciudadanía, priorizando y optimizando el uso de los recursos públicos en el ámbito del sistema de adquisiciones y contrataciones del Estado.

- Directiva “Autorización previa a la ejecución y al pago de presupuestos adicionales de obra” de la Contraloría General de la República aprobado mediante Resolución de Contraloría N° 369-2007-CG.
- Ley N° 29080 Ley de Creación del Registro del agente Inmobiliario del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento publicado por el Congreso de la República el 11 de Setiembre del 2007 en el diario oficial el Peruano, el cual tiene por objeto crear el Registro del agente inmobiliario, el cual desarrolla el servicio de intermediación, destinado a la adquisición, administración, arrendamiento, comercialización, asesoramiento, consultoría, transferencia, venta, cesión, uso, usufructo, permuta u otra operación inmobiliaria, a título oneroso, de inmuebles o sobre los derechos que recaigan en ellos.
- Reglamento de Licencias de Habilitación Urbana y Licencias de Edificación aprobado por D.S. N° 024-2008-VIVIENDA. El presente reglamento tiene por objeto establecer la regulación jurídica de los procedimientos administrativos para la obtención de las licencias de habilitación urbana y de edificación, con la finalidad de facilitar y promover la inversión inmobiliaria.
- Reglamento de Revisores Urbanos aprobado por D.S. N° 025-2008-VIVIENDA.
- Reglamento de Verificación Administrativa y Técnica aprobado por D.S. N° 026-2008-VIVIENDA. Directiva “Autorización previa a la ejecución y al pago de presupuestos adicionales de obra” aprobado por Resolución de Contraloría N° 369-2007-CG.
- Normas de Control Interno aprobado por Resolución de Contraloría N° 320-2006-CG.

### 1.3.2 Marco tributario

Otras de las medidas que se tomó en el país para promover la inversión privada fue el Impuesto General a las Ventas, promulgada en abril de 1996 (Decreto Ley 821), el cual establece que están gravados con este impuesto los contratos de construcción que se ejecuten en el territorio nacional, cualquiera sea su denominación, sujeto que lo realice, lugar de celebración del contrato o percepción de los ingresos. Asimismo, esta gravada



la primera venta de inmuebles respecto a aquellos bienes cuya construcción se haya iniciado a partir del 10 de agosto de 1991. La transferencia de bienes inmuebles de empresas vinculadas con el constructor está gravada con el Impuesto General a las Ventas cuando la construcción se haya iniciado a partir del 24 de abril de 1996. Sin embargo, la venta de inmuebles donde se hubiera efectuado trabajos de remodelación o restauración, no está gravada con este impuesto.

Lo más importante de esta legislación es la afectación del IGV a la posterior venta (como si fuera la primera) del inmueble que realicen las empresas vinculadas con el constructor, cuando el inmueble haya sido adquirido directamente de éste o de empresas vinculadas económicamente con él.

Durante el actual gobierno esta Ley ha sido modificada mediante Decreto Legislativo 980 de fecha 14 de marzo del 2007, el cual sustituye el literal B del apéndice I (relacionado con la primera venta) de la Ley del Impuesto General a las Ventas, por el siguiente texto:

B) La primera venta de inmuebles que realicen los constructores de los mismos, cuyo valor de venta no supere las 34 Unidades Impositivas Tributarias siempre que sean destinados exclusivamente a vivienda y que cuenten con la presentación de la solicitud de Licencia de Construcción admitida por la Municipalidad correspondiente de acuerdo a lo señalado por la Ley N° 27157 y su reglamento.

Por otro lado, el Impuesto de Alcabala (impuesto municipal) grava la transferencia de bienes inmuebles. El Decreto legislativo 776 Artículo 22 indica que la primera venta del inmueble que realizan las empresas constructoras no se encuentra gravada con dicho impuesto, salvo la parte del valor del terreno.

### **1.3.3 Marco Normativo**

Dentro de las principales normas técnicas que forman parte del marco normativo que regulan el diseño y construcción de edificaciones en el país son:

- Reglamento Nacional de Edificaciones que reemplaza al Reglamento Nacional de Construcciones publicado en el diario oficial "El Peruano" el jueves 8 de junio del 2006, el cual tiene por objeto (Artículo 1) normar los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de las habilitaciones urbanas y las edificaciones.
- Normas Técnicas de Edificación E.060 Concreto Armado. Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de estructuras de concreto simple o armado. Las estructuras de concreto presforzado se incluyen dentro de la definición de estructuras de concreto armado.
- Normas Técnicas de Edificación E.030 Diseño Sismo resistente

#### **1.3.4 Instituciones**

Entre las instituciones directamente ligadas con la construcción son el Colegio de Arquitectos del Perú y el Colegio de Ingenieros del Perú. Asimismo, se encuentran involucradas en el sector construcción las universidades que cuentan con las facultades de Ingeniería y Arquitectura, los gobiernos locales, gobiernos regionales y todas las demás entidades públicas y privadas que participan en la construcción.

En relación a los colegios profesionales se puede mencionar que el 6 de Junio del año 2008 se aprobó el Reglamento de la Ley N° 28858 que complementa la Ley N° 16053, el cual autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú, para supervisar la labor de los profesionales de Ingeniería de la Republica, en dicha ley se establece que todo profesional que ejerza labores propias de Ingeniería y de docencia de la ingeniería, de acuerdo a la Ley, requiere poseer grado académico y título profesional otorgado por una universidad nacional o extranjera debidamente revalidado en el país, estar colegiado y encontrarse habilitado por el colegio de Ingenieros.

## 1.4 Subsector Edificaciones

El subsector edificaciones a través del programa “Mi Vivienda” impulsado por los gobiernos de turno ha contribuido al crecimiento del sector construcción.

El programa Mivivienda, desde su creación en 1,999 hasta fines del 2,006, ha otorgado 33,288 créditos. El acumulado de las colocaciones de crédito hasta fines del año 2,006 representó una inversión total de aproximadamente 606 millones de dólares. En el cuadro 1.3 indica la evolución anual de las colocaciones de créditos de Mivivienda.

**Cuadro 1.3 Colocación de créditos Mivivienda**

Año	Créditos Aprobados	Monto Invertido en US\$
1999	143.00	2,617,030.00
2000	405.00	7,446,755.00
2001	1,409.00	24,939,654.00
2002	3,588.00	72,309,860.00
2003	6,832.00	134,191,640.00
2004	7,960.00	172,286,000.00
2005	9,205.00	130,710,000.00
2006	3,746.00	61,274,348.64
<b>TOTAL</b>	<b>33,288.00</b>	<b>605,775,287.64</b>

Fuente: [www.mivivienda.com.pe](http://www.mivivienda.com.pe)

El número de créditos colocados, a través del sistema financiero alcanzó su más alto valor en el 2005. En los años 2007 y 2008 se registró un menor número de créditos otorgados; sin embargo, continúa el apoyo del Estado y la oferta de viviendas a través del programa Mi Vivienda.

Asimismo, el fondo diversificó sus productos, inicialmente diseñados para los segmentos B y C. Se ha extendido el grupo de beneficiarios del crédito, a través de la creación del programa “Techo Propio” y “Mi Barrio”, dirigidos, principalmente, a segmentos de la población de menores recursos. El objetivo de estos nuevos programas es promover, facilitar y establecer mecanismos adecuados y transparentes que permitan a la población adquirir una vivienda en concordancia con sus posibilidades económicas y que, a la vez, cuente con los recursos básicos de luz, agua y desagüe.

En el programa “Techo Propio” se contemplan tres modalidades de aplicación para los beneficiarios de un bono de crédito, éstos son los siguientes: “Vivienda nueva”, “Construcción sobre sitio propio” y “Mejoramiento de vivienda”. El programa se creó en el año 2003 y en el año 2007 generó 3273 beneficiarios de los cuales 2363 aplicaron bajo la primera modalidad, 767 bajo la modalidad de “Construcción bajo sitio propio” y 163 para el “mejoramiento de vivienda”.

Después de este breve análisis del sector, se observa la necesidad de fomentar la mejora de las condiciones actuales de los subsectores Edificación e Infraestructura. No obstante esta debe darse de manera global considerando todos los componentes que integran la construcción. Cualquier deficiencia en el medio, restará competitividad a las empresas constructoras y al sector mismo. Por tanto, las políticas de mejora no solo deben darse al interior de las empresas, sino también en su entorno. Raquel Ochoa cita en su artículo “La constructora perfecta” de la revista Construcción y Tecnología [49]: “No es suficiente la aplicación de estrategias por muy importantes que sean, tales como: escuchar al cliente, innovar, controlar los costos, modernizar la producción, mantener la tecnología de los procesos productivos a la vanguardia con calidad total y prácticas de negocios flexibles, etcétera. Para ser competitivos, mantener perspectivas de desarrollo y lograr un mejor desempeño como una constructora perfecta es indispensable conservar un marco de estabilidad política y macroeconómica”. Por tanto, la competitividad debe ser tarea de todos y deberá apoyarse en el triángulo formado por el sector público, promoviendo un medio estable; el sector privado, ofertando productos de calidad con un elevado nivel de productividad en sus procesos y; la sociedad civil, practicando una cultura de éxito.

## CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO EN LA CONSTRUCCIÓN

Se aborda el tema definiendo la construcción, Alfredo Serpell [59] señala que la construcción de una obra es un *proceso productivo* y como tal debe ser administrado. Esto significa planificar, organizar, dirigir, coordinar y controlar todas las actividades del sistema y del proceso productivo de manera de *convertir los recursos del sistema en un producto terminado*, que en el caso de la construcción corresponde a una obra.

Antes de continuar con el análisis del *sistema productivo*, es necesario comprender que es un sistema. *Sistema* es un conjunto organizado de elementos o subsistemas interdependientes, designado para lograr un objetivo común [59]. Otra definición del concepto es citado como un conjunto de medios interconectados (objetos, seres humanos, información) aplicado según un proceso dinámico para alcanzar algunos objetivos que le han sido asignados [28].

Los sistemas pueden ser rígidos o flexibles. Un sistema flexible no responde a la teoría causa – efecto, en tanto que un sistema rígido si responde a esta teoría de causa y efecto. Asimismo, los sistemas pueden ser abiertos o cerrados, un sistema abierto es aquel que posee medio; es decir, posee otros sistemas con las cuales se relaciona, intercambia y comunica. Un sistema cerrado es aquel que no tiene medio; es decir, no hay sistemas externos que lo violen, o a través del cual ningún sistema externo será considerado. La administración, dirección y la gerencia están asociados a los sistemas flexibles y abiertos, ambos tipos de sistemas son susceptibles de regularse mediante la retroalimentación [29].

Por otra parte, se puede decir que la *producción* es todo proceso de transformación de unos recursos en bienes o servicios mediante la aplicación de una determinada tecnología [4].

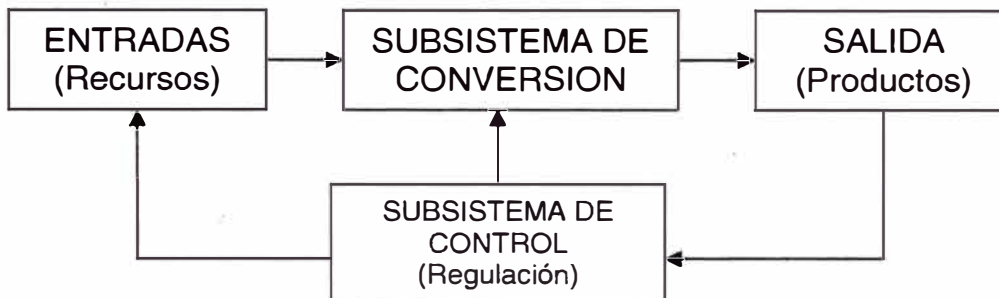
Por tanto, un *sistema productivo* tiene como función principal, la de convertir un conjunto de recursos materiales y humanos (input), a los cuales se les aplica una cierta

tecnología que permite obtener un conjunto de resultados deseados, bienes o servicios (output). En general, se distinguen dos componentes básicos:

1. **Subsistema de conversión:** Es el sistema que transforma el flujo de recursos en resultados.
2. **Subsistema de Control:** Sistema que efectúa un seguimiento de la conversión para tomar acciones correctivas en caso necesario.

En la figura 2.1 se muestra los componentes básicos propios de un sistema productivo y su interacción.

**Fig. 2.1 Modelo de Sistema Productivo**



Fuente: Serpell, 1993

Tradicionalmente las mejoras que se dan en este sistema productivo se realizan principalmente en el subsistema de conversión, con la creencia que optimizando los procesos particulares se está mejorando el desempeño en forma global del sistema productivo. Este enfoque tradicional denominado modelo de conversión limita las oportunidades de mejora que se puedan realizar al proceso productivo general.

Por ello, para el desarrollo y el análisis del proceso y del sistema productivo en la construcción, se tomará como base principal los principios, conceptos y herramientas aportados por The International Group of Lean Construction (IGLC) para el mejoramiento del desempeño del sistema productivo en la industria de la construcción, los cuales forman parte de una nueva filosofía de construcción denominada construcción sin pérdidas o Lean Construction. Este grupo ha generado una gran fuente de información en forma de investigación y libros, los cuales han sido consultados para el desarrollo de esta tesis.



Para poder entender esta nueva filosofía es necesario conocer los orígenes y los principales conceptos de este nuevo enfoque, el cual brindará una visión clara del sistema productivo en la construcción, que permitirá, además, realizar los cambios pertinentes para el mejoramiento del desempeño de la industria de la construcción. En el caso particular de esta investigación, con las mejoras relacionadas con la gestión logística de materiales.

El término “nuevo” es usado para enfatizar que el enfoque de esta filosofía toma en cuenta el cambio de paradigma en el sector productivo en el momento actual, afectando la representación de los factores de eficiencia y de eficacia.

Durante los últimos 20 años, la industria manufacturera ha obtenido grandes mejoramientos en su desempeño, los más notables corresponden a la industria automotriz, donde en la actualidad se está utilizando una menor cantidad de recursos para el desarrollo de sus productos: la mitad del espacio para producir, la mitad del esfuerzo humano en fábrica, la mitad del tiempo y la mitad de inversiones en herramientas.

Estos avances, observados en todos los indicadores de desempeño, no son resultado de cambios de tecnología, sino responden a la aplicación de una nueva filosofía de producción denominada “Lean Production” o producción sin pérdidas.

## **2.1 Lean Production**

La producción sin pérdidas (Lean Production) fue aplicada inicialmente en Japón, siendo el método Toyota un ejemplo de su implementación. Esta filosofía cobró importancia, luego de un estudio realizado por J. Womack [66] sobre la industria automotriz japonesa, atribuyendo su éxito a la implementación de los conceptos de sistemas de producción sin pérdidas, a sus ventajas tecnológicas y competitivas.

Esta nueva filosofía, apunta al mejoramiento continuo de los procesos productivos a través de la reducción de pérdidas (tiempo, procesos innecesarios o excesivos, etc.) y un incremento del “valor” (calidad, mejoramiento de la producción, etc.).



El objetivo del Lean Production es lograr la máxima efectividad de los procesos de producción, al maximizar su eficiencia.

### 2.1.1 Principios Básicos

La nueva filosofía de producción se basa en la existencia de dos aspectos presentes en todo sistema de producción: *conversión y flujos* [38]. Mientras que todas las actividades demandan costos y consumo de tiempo, sólo las actividades de conversión añaden valor a los recursos (materiales e instrucciones) que están siendo transformados en un producto. Así, el mejoramiento de las actividades de flujo que no añaden valor (inspección, esperas, movimientos) a través de las cuales se ligan las actividades de conversión, debe enfocarse principalmente en la reducción o eliminación de las mismas, mientras que las actividades de conversión deben ejecutarse más eficientemente. En el diseño, control, y mejoramiento de las actividades de construcción ambos aspectos deben ser considerados.

Los principios de la administración tradicional han considerado sólo conversiones, es decir todas las actividades han sido tratadas como si todas ellas fueran conversiones que agregan valor. Debido a estos principios de administración, los procesos de flujo no han sido controlados o mejorados según los cambios, lo que ha llevado a complejos, inciertos y confusos procesos de flujo de expansión de las actividades que no agregan valor y la reducción del valor del producto. *Los flujos de material o información*, son así, la unidad básica de análisis de la nueva filosofía de producción, cuyas características son *tiempo, costo y valor*.

Asimismo, Luis Alarcón [1], recalca que los conceptos y principios fundamentales de la nueva filosofía de producción son realmente simples, *siendo los flujos de materiales e información las bases para sus análisis*, por ello, él sustenta que en la nueva filosofía de producción se combinan tres puntos de vista diferentes:

- a) La producción es una conversión de insumos a productos (Enfoque Tradicional).
- b) La producción es un flujo logístico (Enfoque Just in Time).

- c) La producción es una generación de valor a través de los requerimientos del cliente (Enfoque de Calidad).

En varios subcampos de la nueva filosofía de producción han evolucionado un número considerable de principios para el diseño, control y mejoramiento de los procesos de flujo. Existe amplia coincidencia en el sector manufacturero, que a través de estos principios, la eficiencia de los procesos de flujo en las actividades de producción puede ser considerable y rápidamente mejorada.

Estos principios pueden ser agrupados como siguen [37]:

1. Reducir la distribución de las actividades que no agregan valor (pérdidas).
2. Incrementar el valor del producto a través de consideraciones sistemáticas del requerimiento del consumidor (cliente).
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir tiempo de ciclos.
5. Simplificar minimizando el número de pasos, partes y ensamblajes.
6. Incrementar la flexibilidad del producto.
7. Incrementar la transparencia del proceso.
8. Enfocar el control sobre el proceso completo.
9. Implementar mejoramientos continuos dentro de los procesos.
10. Mejoramiento del flujo de balance con mejoramientos de conversión.

## **2.2 Lean Construction**

Durante los últimos años, un número creciente de investigaciones han unido esfuerzos para evaluar las consecuencias de la aplicación de Lean Production en la construcción, teniendo la oportunidad de compartir sus experiencias en diferentes conferencias organizados formalmente a partir del año 1993 por The International Group of Lean Construction (IGLC).

En dichas conferencias se ha sugerido nuevos alcances para Lean Construction y se ha trabajado para avanzar hacia una nueva teoría de producción en construcción, además, señalan que si los logros observados en la industria manufacturera con la aplicación de

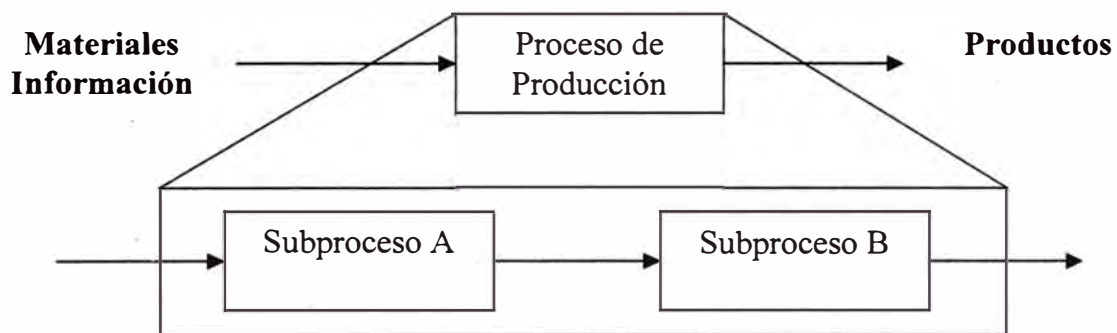
Lean Production, se consiguieran en igual medida en la construcción, el incentivo para aplicar estos conceptos, mejorarlos y promoverlos serían mayores.

De esta manera, estos investigadores, de diversas partes del mundo, se preocuparon de transportar los principios y las herramientas de esa “nueva filosofía de producción” en el ambiente de construcción civil, el cual ha sido llamado construcción sin pérdidas o Lean Construction.

### 2.2.1 Conceptos y principios básicos del Lean Construction

Lauri Koskela [36], que estudia la aplicación de tales conceptos en construcción civil, afirma que: “tradicionalmente, en la industria de la construcción civil, la producción es vista como una secuencia de actividades de conversión”. Este tipo de punto de vista, que encara al proceso de producción como un proceso de conversión de entradas y salidas, es llamado “modelo de conversión” (Fig.2.2). Las empresas adoptan este modelo, procuran mejorar su competitividad a través de la mejora de la eficiencia de estas actividades de conversión.

**Fig. 2.2 El Sistema Productivo según el Modelo de Conversión**



Fuente: Koskela, 1992a

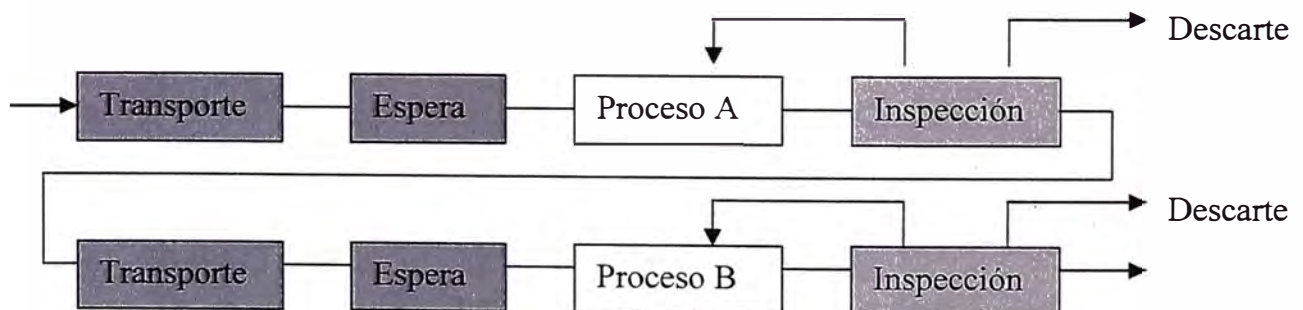
Sin embargo, este modelo posee las siguientes fallas:

1. No considera la existencia de flujos físicos entre las actividades de cada subproceso, es decir, la existencia de actividades que no agregan valor por sí mismas, tales como: esperas, almacén, movimientos e inspecciones.
2. La mejora de cada subproceso no toma en cuenta los impactos que va a causar en los demás subprocesos. Por tanto, este carece de una visión sistémica.

integradora cuyo objetivo es reducir el costo del producto final y generar valor para el cliente final.

Lauri Koskela [36], redefine la producción, como “un flujo de material e información desde la materia prima hasta el producto final”. Este flujo, material en proceso, inspección, esta en movimiento y espera. Tales actividades son inherentemente diferentes. El procesamiento representa el aspecto de conversión de producción; y la inspección, movimiento, espera representa el aspecto de flujo de producción (Fig. 2.3). En el modelo de conversión, la construcción es concebida como una serie de actividades de conversión (el trabajo es consolidado, planeado, estimado, programado y controlado actividad por actividad). Koskela identificó la importancia de flujos y su contribución a la pérdida. En general, el término “pérdida” se define dentro de las actividades como aquello que produciendo un costo, directo o indirecto, no añade valor ni ayuda al avance del proyecto.

**Fig. 2.3 El Sistema Productivo según el Modelo de Flujo de Actividades y Procesos.**



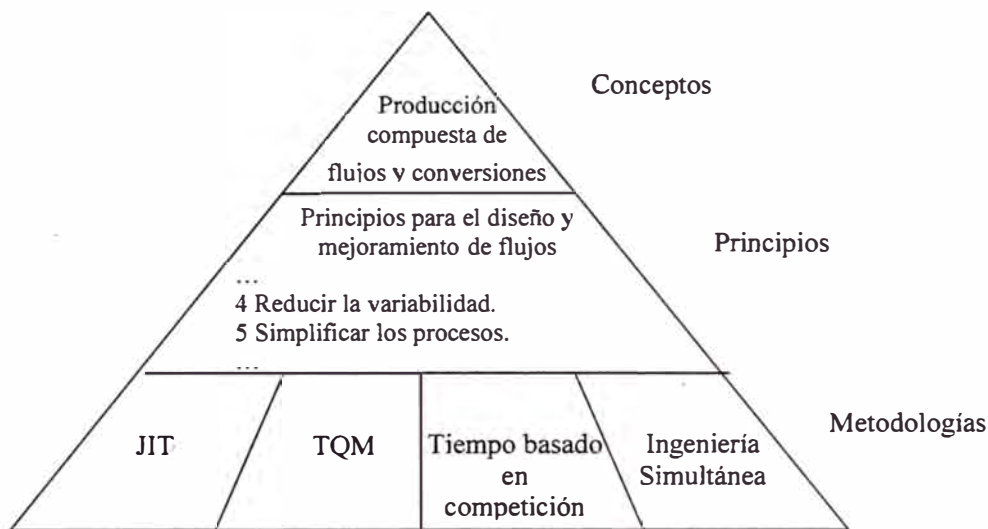
Fuente: Koskela, 1992a

Lean Construction surgió, por tanto, de la crítica de la manera tradicional de conceptuar la producción sobre la base de nuevos puntos de vista, métodos y herramientas de gestión de producción, particularmente, desarrolladas en la industria automovilística en los años 80, tales como el movimiento de Gestión Total de la Calidad (TQM), la búsqueda de la sincronización de la Producción (JIT), la eliminación de desperdicios, o trabajo en grupos multifuncionales, la ingeniería simultanea (Concurrent Engineering), la filosofía de mejora continua (Kaizen), las políticas de relaciones con proveedores

(Comakership), la producción orientada al cliente, la estructuración de la información, comunicación de los procesos, entre otros.

La figura 2.4 y el cuadro 2.1 resumen los conceptos, principios y metodologías que conforman la nueva filosofía de producción.

**Fig. 2.4 Niveles del sistema de producción Lean Construction**



Fuente: Koskela, 1992a

**Cuadro 2.1 Principios fundamentales del Lean Construction.**

Principios Fundamentales	Principios Asociados
Aumento de eficiencia de las actividades que agregan valor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar y adquirir nuevas tecnologías de producción.</li> <li>- Mejorar y adquirir nuevas habilidades.</li> </ul>
Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprimir los tiempos de ciclo de producción.</li> <li>- Reducir la variabilidad.</li> <li>- Simplificar los procesos.</li> <li>- Aumentar la transparencia.</li> <li>- Aumentar la flexibilidad.</li> <li>- Focalizar el proceso como un todo.</li> <li>- Focalizar los cuellos de botella del proceso.</li> </ul>
Mejora de la capacidad de atención de las necesidades de los clientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asegurar que los productos atiendan las especificaciones.</li> </ul>
Mejora Integrada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balancear los diversos aspectos de mejora.</li> <li>- Implementar principios de manera comprensiva e integrada, especialmente en el proyecto, control y mejora de sistema de producción.</li> </ul>

Fuente: Koskela, 1992a

El aporte de la gestión de la calidad total (TQM) a esta nueva filosofía de producción, apunta a la eliminación de errores y el reproceso relacionado, dentro del concepto de flujo de trabajo, material e información del sistema productivo.

El sistema de calidad contempla dos componentes esenciales las cuales son el *control* (QC) y el *aseguramiento* (QA). El control de la calidad se describe como la conducción de operaciones que aseguran el cumplimiento de los objetivos de calidad bajo condiciones de operación rutinarias. Por otro lado, el aseguramiento de la calidad tiene como fin vigilar determinadas variables de interés que permiten valorar a los procesos como un todo y no sólo los indicadores relacionados con el producto.

El control de la calidad proporciona valores de calidad analítica intrínsecas a los materiales y al producto. Sin embargo, el aseguramiento de la calidad vigila el comportamiento de variables que permiten valorar al proceso como un todo. En el cuadro 2.2 se resume los principales componentes del sistema de calidad.

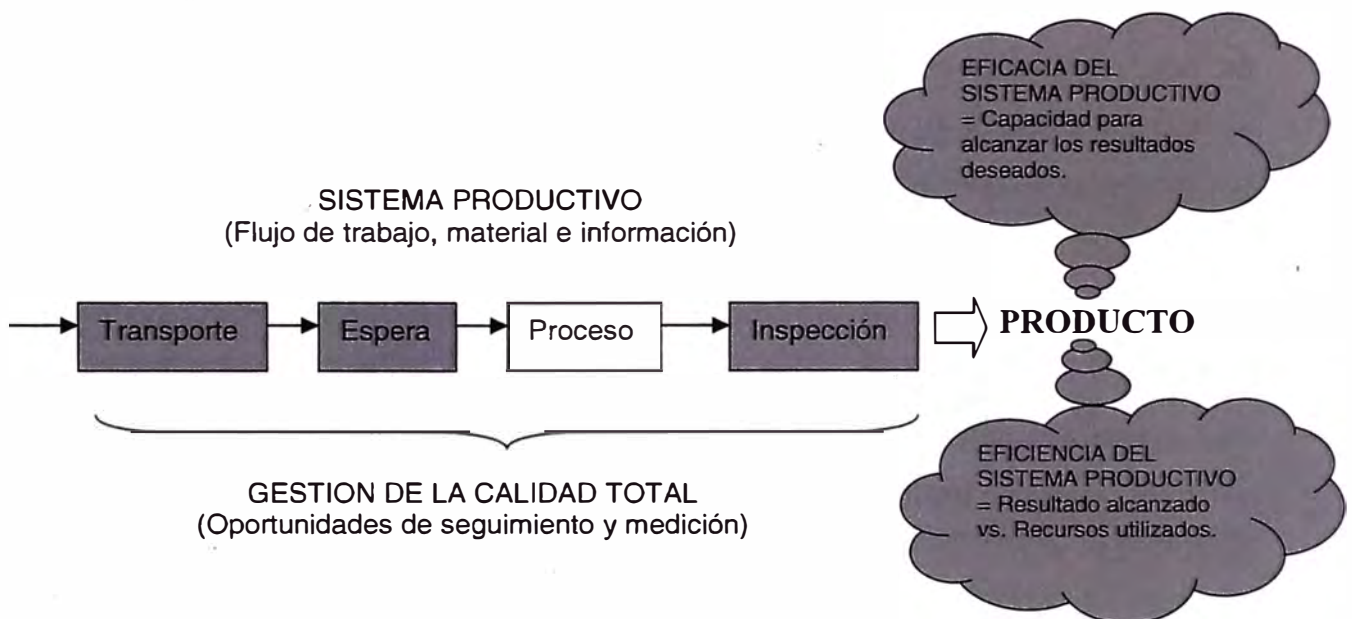
<b>Cuadro 2.2 Principales Componentes del Sistema de Calidad</b>	
Control de Calidad (QC), constatación de los requisitos de calidad que poseen los productos y servicios y los establecidos en la planificación.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comparación de la realidad con lo que debería ser.</li> <li>2. Investigación de las causas que motivan las desviaciones entre lo que debería ser y la realidad.</li> <li>3. Toma de medidas, puesta en marcha de acciones, encaminadas a corregir las desviaciones entre la realidad y lo que debería ser.</li> </ol>
Aseguramiento de la Calidad (QA), garantizar que los productos y los servicios que ofrecen las organizaciones cumplan con los requerimientos planteados por los clientes.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establecimiento de patrones de referencia (metodologías de desempeño u otras).</li> <li>2. Evaluación de resultados (mediante la comparación entre los resultados reales y esperados).</li> <li>3. Perfeccionamiento y planeamiento (que incluye el análisis de las causas, la propuesta de soluciones, su evaluación y selección).</li> <li>4. Implementación de las soluciones seleccionadas, de manera que consideran el aseguramiento de la calidad como un solo proceso que engloba el control, el perfeccionamiento y el planeamiento.</li> </ol>

Fuente: Calidad en la Construcción, 2002



No obstante, el aporte de la calidad total a la nueva filosofía de producción va más allá del enfoque basado en procesos (actividades que aportan valor), cuando desarrolla, implementa y mejora la eficiencia y eficacia de un sistema de gestión de la calidad (QA y QC), al tomar control no sólo de los procesos de conversión, sino también, a la implementación y mejora de los procesos administrativos de apoyo a la producción (flujos de actividades que no aportan valor), que generan las mayores fuentes de pérdidas tal como se muestra en la figura 2.5. De este modo la gestión de la calidad total incorporado dentro del nuevo modelo de producción adopta un enfoque sistémico dentro del sistema productivo.

**Fig. 2.5 Gestión de Calidad Total en el Sistema Productivo**



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la calidad debe suponer una ventaja competitiva para el agente productor, a través de la reducción de costos ineficientes que no producen beneficio ni añaden valor al producto; es decir, se debe evitar adoptar sistemas administrativos complejos y burocráticos de apoyo a la producción e inadecuados métodos de procesos de conversión que provocan pérdidas y restan ventajas competitivas a la empresa.

### 2.2.2 Incertidumbre y Variabilidad

Con este nuevo modelo de producción se inició un camino diferente de pensamiento



acerca de la construcción. Antes de esto, el planeamiento de construcción, de acuerdo a muchos académicos y varios profesionales del medio, se trataba de identificar y ordenar por actividades de acuerdo a relaciones de precedencia. El control de costos estuvo basado en la asunción implícita que el tema de flujos era irrelevante, esto es que todos los costos para una actividad fueron generados por y asignables a la actividad inmediata. La asunción implícita era que cada actividad estaba inafectada por el tiempo, secuencia y calidad de las entregas (información, recursos) de los primeros niveles de la planificación (upstream <sup>4</sup>).

Esta asunción podía ser mantenida, y la administración podía controlar el impacto de los costos asociados con pocas demoras específicas, si el proyecto era relativamente simple, libre de incertidumbre y lento. En estos casos las actividades podían estar aisladas unas de otras, requiriendo completar actividades en los niveles superiores (upstream), antes de iniciar los trabajos en los niveles inferiores (downstream <sup>5</sup>). Pero, teniendo rastros de los efectos provocados por las variaciones en los flujos, las actividades corrientes abajo se vuelven una pesadilla en proyectos complejos<sup>6</sup> rápidos e inciertos (“Quick Projects”).

Las operaciones de construcción se conectan de acuerdo a relaciones de dependencia, entre operaciones o recursos necesarios, es un proceso de interacción, como se muestra en la figura 2.6.

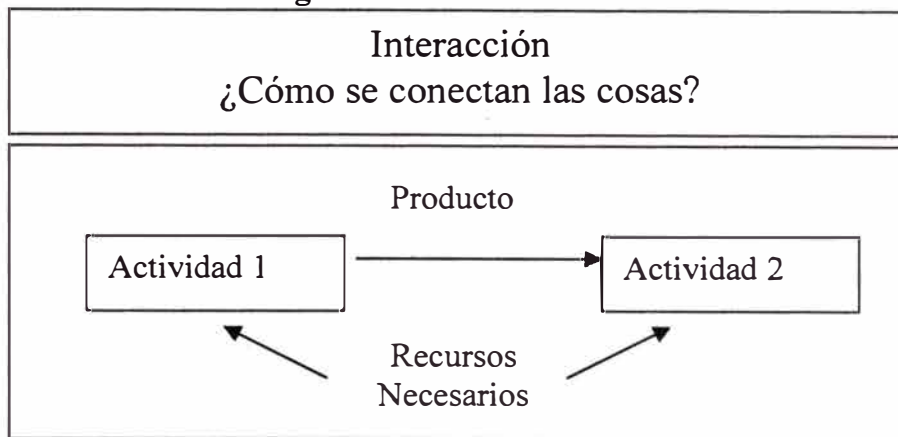
---

<sup>4</sup> Término empleado por la literatura JIT, utilizando la analogía del curso de un río como el flujo de la producción. En este caso upstream, que vendría ha ser aguas arriba, representa las actividades de los primeros niveles de planificación.

<sup>5</sup> En este caso downstream, utilizando la misma analogía, viene a ser aguas abajo y representa las actividades de los niveles inferiores de la planificación.

<sup>6</sup> Complejidad, es definido como el número de actividades dentro de un sistema productivo que pueden interactuar entre si [35].

**Fig. 2.6 Proceso de Interacción**



- Espera por un producto intermedio  
- Output de operaciones línea arriba
- Espera por un recurso necesario  
- Espacio, equipo, inspección.

Fuente: Howell, 1999

La variabilidad ocurre en los tiempos de proceso (espera por un producto intermedio), en los tiempos de entrega (espera por un recurso necesario), en las fallas (averías de equipos, herramientas) y en los errores; si bien es cierto que algo de variabilidad es natural, y que es causada por el modo como el trabajo es manejado, el objetivo principal es minimizar la interacción entre las operaciones de construcción con la finalidad de reducir la variación, haciendo más confiable el flujo.

Por otra parte, Eliyahu Goldratt [31], reitera la perspectiva dual de flujos de actividades y procesos de conversión del sistema productivo, además, señala que el resultado de las variaciones en los flujos de producción, a los cuales los denomina buffers<sup>7</sup>, son desperdicio aún cuando ellos permiten que las operaciones corriente abajo (downstream) continúen. Los buffers hacen más lenta la producción incrementando los requerimientos de capital para el trabajo e incrementan los costos de administración de las operaciones e inventario. Pero lo más importante, los buffers enmascaran los verdaderos orígenes de la incertidumbre, aún cuando aparentemente sean necesarios.

---

*Buffer, que en castellano significa, colchón. cojin. En la literatura del JIT, esta palabra, representa inventario, productos procesados intermedios, servicios intermedios concluidos; producto de la variación de los flujos de producción.*

Asimismo, Goldratt señala que cualquier sistema productivo consiste en una gran cantidad de recursos independientes, pero solo unos pocos de ellos; los cuellos de botella, llamados restricciones; condicionan la salida de toda la producción. En otras palabras, la capacidad del sistema productivo general se ve condicionado a la capacidad de las actividades que son cuellos de botella. En el caso de proyectos de construcción la capacidad de una determinada actividad esta dada por la asignación balanceada de recursos (materiales, personal, herramientas, información, etc.) y la metodología del proceso de ejecución de la actividad. Si alguno de estos recursos no son suministrados en la forma correcta (cantidad y calidad) y/o la metodología del proceso es inadecuado (lento), se reduce la capacidad operativa de dicha actividad y del sistema productivo para el caso que esta actividad sea crítica (cuello de botella).

Sin embargo, la incertidumbre y la variabilidad no solo afecta al sistema productivo de la obra de construcción, además afecta al costo y desempeño de la capacidad de la logística de materiales. Estos costos se manifiestan de tres maneras [48]:

Eficiencia en el transporte de materiales, relacionado con la capacidad del vehículo de transporte. La variabilidad del proyecto de construcción puede requerir compartir el espacio del vehículo con otros proyectos para completar la capacidad de transporte.

Eficiencia en la producción de los proveedores de materiales elaborados sobre pedido, el cual está relacionado con la habilidad del proveedor en planear su producción efectivamente. La incertidumbre de la producción de la obra puede interrumpir estos planes e incrementar los costos.

Eficiencia en el manejo del inventario, vinculado a la reducción del total de stock de inventario y la reducción del transporte interno de materiales. La incertidumbre en el ciclo de entrega de materiales puede incrementar la cantidad de inventario que se conserva en obra, a través de presiones de entrega antes de la fecha prevista.

Pero, ¿cómo se puede reducir la variación de los flujos en un ambiente plagado de incertidumbre y donde la presión por la producción aparece inexorablemente? Taichi Ohno [55], responsable de desarrollar el sistema de Producción Toyota, encaró un

problema similar. El reconoce que el *apremio por la producción*, produce corriente abajo (downstream) trabajo rehecho (rework) y alteraciones en el ordenamiento del flujo. El trabajo rehecho ocurre por la presión de mantener el trabajo sin defectos en los autos, que se mueven en la línea de producción. Ohno experimentó e instruyó a los trabajadores en detener la línea de producción cuando hubiera problemas, a fin de solucionarlos para que no vuelvan a ocurrir.

Hubo 3 resultados; 1) el flujo de trabajo se volvió más confiable, así como muy pocos errores alteraban las estaciones de producción línea abajo; 2) la lista de defectos de trabajo de los autos completados, al final de la línea de producción, fue casi eliminada y; 3) los autos completados fueron muchos más confiables.

Glenn Ballard [6, 7, 8, 9], asoció las ideas sobre incertidumbre y corrientes de flujo interesado en estructurar una planificación al nivel de cuadrillas, *propuso que la planificación es el lugar a intervenir en la construcción*, concordando con el *rol de la planificación es reducir la incertidumbre*, propuso una metodología específica de planificación, “The Last Planner”, cuyo objetivo es proteger el trabajo de la incertidumbre. Asimismo, propuso que la performance de los sistemas de planificación puede ser medida según los requerimientos de planes de trabajo o asignaciones con la finalidad de encontrar un criterio específico.

En su primer rol, la técnica del Last Planner explica como la administración estándar inyecta incertidumbre dentro del flujo de trabajo, ejerciendo presión en las personas para realizar planes irreales, poco confiables. En su último rol, la metodología Last Planner, elimina las malas prácticas de las metodologías comunes para administrar proyectos, haciendo explícita la necesidad de una función de planificación *pull*<sup>8</sup> (“planning pull”), que permita mover los recursos a las cuadrillas cuando éstos sean necesarios [12], y proveer un método para medir la performance del sistema de administración. La técnica de Last Planner relaciona y empareja el estado de los recursos y la información del estado de progreso de la producción para la elaboración del plan de trabajo.

<sup>8</sup> *Planificación pull, sistema de planificación que se realiza en función del estatus del sistema, es decir sólo se jala la producción cuando se requiere, de acuerdo con la planificación operacional.*

Finalmente, se puede resumir señalando que el nuevo enfoque de Lean Construction, se fundamenta en dos conceptos o ideas los cuales son el centro de atención y hacen que se diferencie de la administración de construcción tradicional. El primer concepto enfoca el proceso de producción en términos del modelo de flujo de procesos de Lauri Koskela [36]. El segundo concepto enfoca la existencia de pérdidas en este flujo de procesos y se orienta a la eliminación despiadada de estas. De esta manera Lean Construction se aparta del enfoque tradicional del modelo de procesos de conversión, y reconoce la generación de pérdidas en tiempo y dinero cuando los materiales y la información no llegan a tiempo. En lugar de un simple mejoramiento de la eficiencia de los procesos de conversión, la tarea se extiende a administrar los flujos entre las conversiones.

Para este nuevo modelo de *flujo de procesos*, las actividades de producción son concebidas como el *flujo de procesos de materiales e información*, el cual es controlado apretadamente para obtener una mínima variabilidad y mínimos tiempos; estos son mejorados continuamente con respecto a la reducción / eliminación de pérdidas y generación de valor, así como, sometidos a perfeccionamientos periódicos con respecto de la eficiencia mediante la implementación de nuevas tecnologías [30]. Por tanto, quizá este modelo de enfoque de flujo de procesos es una de las mejores formas de visualizar el potencial de mejoramiento en el sistema productivo de la construcción.

Una vez definido el sistema productivo en la construcción y adoptado el nuevo enfoque de flujo de actividades y procesos de conversión, tomando como referencia la nueva filosofía de producción, la investigación concentrará su atención en los flujos de actividades, que son concebidas como los flujos de materiales e información, para su análisis pertinente de acuerdo con los objetivos que persigue esta investigación.

En la introducción de esta investigación se precisó que la logística, en el ámbito de la construcción, tiene por objeto administrar el abastecimiento de materiales y otros recursos a los frentes productivos, es decir tiene por función administrar los flujos de actividades que vinculan los procesos de conversión. Por ello en el capítulo siguiente (capítulo 3) se describirá la evolución de la logística, como está dividida y que flujos la integran desde la perspectiva del sector de la construcción.

## CAPÍTULO 3. LA LOGÍSTICA Y SU INCORPORACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

Algunos términos, tales como compras, adquisición, abastecimiento, materiales, administración de materiales, y logística son utilizados casi como sinónimos en la industria de la construcción del país. Las funciones de estas actividades están centralizadas generalmente dentro de las organizaciones en el departamento el cual es denominado comúnmente como “logística”.

Por ello cuando se analice la evolución del concepto de administración de materiales y su aplicación a la industria de la construcción, se realizará desde la perspectiva de la evolución del concepto de logística. Pues este término involucró desde sus orígenes el desarrollo de actividades como: adquisición de materiales, abastecimiento de servicios y equipos; los cuales han ido tomando importancia a lo largo de los años desde su incorporación en la estructura orgánica de la milicia en el siglo XVII.

No obstante, por las razones expuestas en la introducción, este análisis profundizará los aspectos de la logística relativos con el abastecimiento de materiales a obras y su administración, más no así, con el abastecimiento de los demás recursos (humanos, equipos, etc.) que también comprende la logística.

### 3.1 Evolución del concepto de logística

El origen del término logística viene del griego *logistike*, estando asociada a la lógica, siendo una denominación dado en la antigua Grecia a la parte de la aritmética y del álgebra de las cuatro operaciones fundamentales [18].

La logística como actividad, nació aproximadamente en el año de 1670 cuando la nueva estructura orgánica del ejército francés incluyó el puesto de “Mariscal General de Logística”, quien era el responsable de los abastecimientos, transportes, selección de campos y ajuste de marcas. Aún cuando el término de logística ha sido usado por muchos años dentro de la milicia, su primera aplicación a la administración no militarizada tuvo lugar primordialmente durante los años de la década de 1960 e



incluía: la coordinación óptima de los movimientos de materia prima recibida, el almacenamiento de materias primas, el manejo de la producción en proceso, el empaque del producto terminado, el almacenamiento de productos terminados y el transporte de estos a la clientela [41].

A fines de la década del 50 el ambiente exigía una mayor organización de las responsabilidades dentro de la empresa y también una gran necesidad de mejorar la distribución de productos en el mercado, debido al aumento de la competencia en los diversos sectores. En el sector de producción alimenticia, por ejemplo, se constató que la capacidad de abastecimiento de los mercados no era adecuada a la capacidad de producción.

En la década del 60, se estimó que solamente un tercio de la cantidad total de alimentos producidos en el mundo era efectivamente consumida, debido principalmente, al problema de no contar con instrumentos adecuados de distribución física [43].

Por tanto, en ese periodo, que va de la década del 50 hasta mediados de la década del 60, hubo una gran preocupación con los aspectos relacionados con la distribución física de los materiales o productos.

En el periodo inmediatamente posterior, es decir, a mediados de la década del 60 hasta la década del 70, la competencia mundial de los bienes manufacturados comenzó a crecer, ocurriendo también una cierta escasez de materias primas de buena calidad; además, la crisis del petróleo encareció el costo de transporte de estas. Consecuentemente, los sectores industriales agregaron una segunda preocupación a los aspectos logísticos en sus empresas, que estaba relacionada con la gestión de los materiales o suministros.

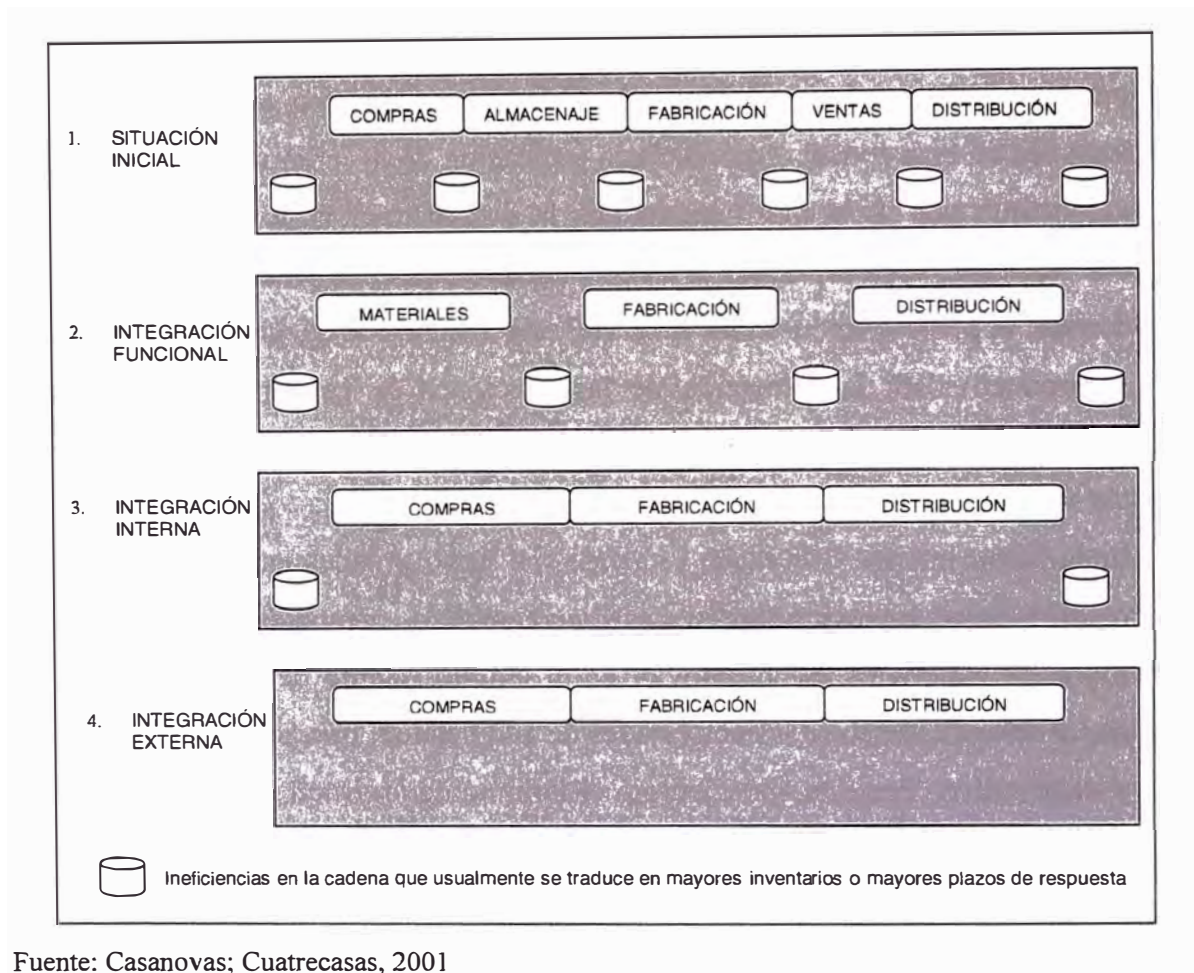
La evolución de la logística empresarial, a partir de entonces, puede ser dividida en tres fases [44].



1. Gestión funcional (1960 – 1970), en esta época, la mayoría de las empresas comenzó a realizar una transición gradual de la administración de procesos individuales; tales como, transporte, compras, almacenes, control de inventarios, programación de producción y atención al cliente, para una integración de administración de funciones análogas convergiendo en dos grandes áreas, *gestión de materiales y distribución física*. Contribuyeron en el avance de la logística en esta época: el inicio de la utilización de los computadores que llegó a constituir una razón más para adoptar la administración de materiales, ya que las funciones concernientes a estos requieren de una base de información común; la preocupación como el servicio de atención al cliente y el aumento de la productividad; la formación de las funciones de gestión de materiales y distribución física.
2. Integración interna (1980), en esta fase, no hubo grandes cambios de carácter organizacional en las empresas, mas sí un cambio de mentalidad en la gestión de flujos de materiales. Se promovió, en el ámbito interno de las empresas, una mejor integración entre las actividades de adquisición, operación (o producción) y distribución. Por esta época surgió el término de *logística integrada*. Algunos factores que contribuyeron para que esto ocurriese fueron: la expansión de servicios de transporte marítimo; el surgimiento de empresas operadoras de logística (“terciarización”); el inicio del desenvolvimiento de Tecnología de Información (TI); el aumento de la importancia de servicios de atención al cliente y el desenvolvimiento de nuevos principios y herramientas de gestión como el Just in Time (JIT).
3. Integración externa (1990), en esta fase, corresponde a nuestra actualidad, en el que surge el concepto de *gestión de la cadena de suministro*. Las empresas comenzaron a buscar la eficiencia logística no solo internamente, sino también en la relación con sus proveedores, distribuidores, prestadores de servicio de logística (“terciarización”) y clientes. La globalización, los movimientos demográficos y el desenvolvimiento de la TI influenciarán este nuevo comportamiento.

En la figura 3.1 se observa la evolución que sigue una empresa en su camino hacia la integración total en la cadena logística, el cual pasa por las fases en el proceso evolutivo de la logística empresarial.

**Fig. 3.1 La integración de la cadena logística**



Fuente: Casanovas; Cuatrecasas, 2001

James L Heskett<sup>9</sup>, define la logística como: “*la agrupación de actividades que ordenan los flujos de materiales, coordinando recursos y demanda, para asegurar un nivel determinado de servicio al menor costo posible*”. Por otro lado Jordi Pau, cita que la logística es “*la técnica de improvisación dentro de unas reglas que permiten el dominio de flujos del sistema logístico*” [56].

Interpretando esta definición, según las realidades de actividades de construcción, se puede decir que *la logística es un proceso multidisciplinar, implantado en el proceso productivo de uno o más proyectos, el cual garantizará:*

<sup>9</sup> James L. Heskett, Profesor de Logística en Harvard Business School [56].

- la cantidad de recursos necesarios para la producción;
- la disponibilidad de estos recursos en los frentes de trabajo;
- el almacén de materias y bienes procesados, cuando son necesarios;
- el flujo y la secuencia de las actividades de producción;
- la gestión de las informaciones relacionadas a los flujos físicos de producción;

atendiendo a los requisitos de tiempo, calidad y costos esperados por los clientes, o en otras palabras, de manera eficiente y eficaz.

Según esta interpretación de la logística en el ámbito de la construcción civil, se puede dividir la logística en seis actividades particulares y complementarias, relacionados con la preparación de suministro (para obra) y con la ejecución de los servicios en si, los cuales son:

- Definición de gestión de materiales.
- Elaboración de planeamiento y programación de producción.
- Previsión de los requerimientos necesarios.
- Gestión del flujo físico.
- Control del cronograma físico, conformidad y actualización del planeamiento.
- Gestión de almacén y suministro.

Borges señala que a pesar que las actividades de transporte, formación de inventarios y comunicación siempre han existido en las empresas, la preocupación de éstas (en el ámbito de construcción civil) parece darse, normalmente, de manera aislada y puede por tanto traer beneficios aislados. El gran mérito de la logística es poder pensar en todas ellas en conjunto como el proceso productivo de la empresa, de forma de obtener eficiencia y eficacia dentro de un proceso global [18].

Muchas empresas del sector de servicios y empresas que tratan con producción seriada han buscado, en algún momento, el incremento de la productividad y la racionalización de la producción a partir de intervenciones de la logística, tanto en el sentido de optimizar los medios de producción así como mejorar la distribución de sus productos

en el mercado. Todo lleva a creer que, a pesar de que algunas herramientas asociadas a la logística son utilizadas en el día a día por las empresas constructoras, esto no acontece de manera organizada y sistémica.

Algunos autores que estudian la logística en otras actividades empresariales proponen subdividir conforme a la naturaleza de las actividades con las cuales se ocupa.

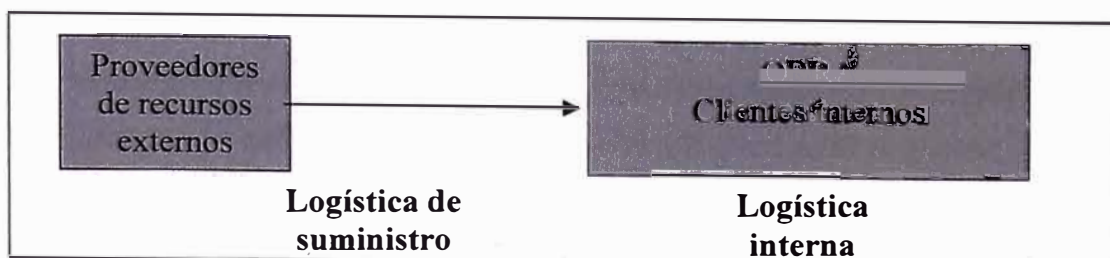
Novaes y Alvarenga [47] la subdividen en:

- a. Logística de materiales, que trata del flujo de materiales del exterior al interior de la empresa, incluyendo materia prima y otros insumos.
- b. Logística interna, que cuida de los aspectos logísticos dentro de la empresa o la manufactura misma.
- c. Logística de distribución física, que opera del interior al exterior de la empresa, incluyendo tanto las transferencias de productos entre la fábrica y los almacenes propios o de terceros en cuanto a distribución de productos para el mercado consumidor.

Borges representa una subdivisión para la logística aplicable a las empresas constructoras y que será utilizada aquí (Fig. 3.2), clasificándolo en cuanto a su función:

- a. Logística de suministro (externa), que trata del flujo de materiales del exterior a al interior de la obra (almacenes).
- b. Logística de obra (interna), que trata del movimiento interno de los materiales desde los almacenes a los frentes de producción.

**Fig. 3.2 Subdivisión de la logística en construcción civil**



Fuente: Borges, 2000

Se observa que la diferencia de esta subdivisión respecto al propuesto por Novaes Alvarenga [47], es debida a la naturaleza de las actividades de construcción, en cuanto al tipo del producto final (una obra construida). Por ello no existe, para las empresas constructoras, la preocupación de la distribución del producto.

La *logística de suministro de materiales* es aquella relacionada con el transporte y suministro de materiales desde el exterior de la obra a las instalaciones de la misma. Ella se preocupa en la gestión de suministro de materiales necesarios para la producción de obras de construcción.

Las tareas más importantes de esta función, para el caso de materiales, comprenden:

- especificación y planeamiento de necesidades de materiales;
- emisión y transmisión de pedidos de compra de materiales;
- transporte de los materiales hasta la obra;
- recepción e inspección de materiales;
- administración de inventarios;
- mantenimiento de materiales, almacenes.

La *logística interna de materiales* está relacionada con el planeamiento y la gestión de flujos físicos de materiales y los flujos de información asociada a la ejecución de actividades en el interior de las obras.

Las principales tareas de la logística interna, para el caso de materiales, son:

- Gestión de flujos físicos ligados a la ejecución, es decir, en el conocimiento de los datos de inicio y término de actividades, el detalle de los flujos físicos que serán realizados para la ejecución de cada actividad y la definición de ritmo y secuencia de actividades y sus mecanismos de control.
- Gestión de interfase entre agentes que intervienen en el proceso productivo de una obra, es decir, proveer las informaciones necesarias para que se ejecuten las

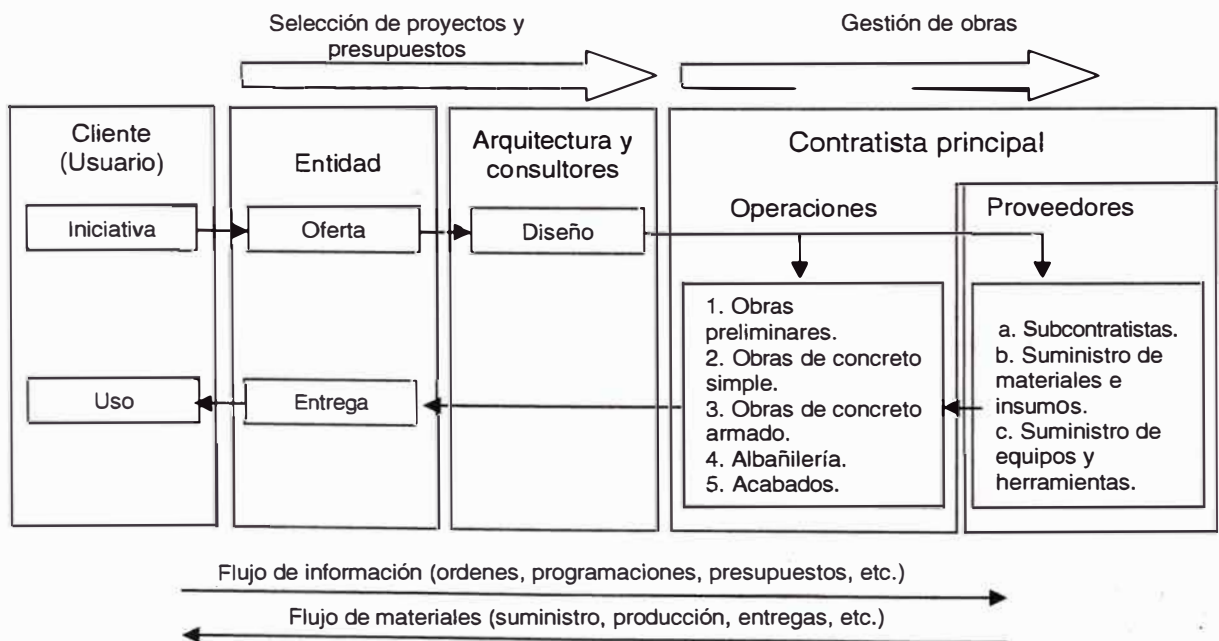


actividades dentro de las especificaciones preestablecidas y promover la resolución de interferencias entre las actividades.

- Gestión física del frente de trabajo, incluye la implementación de los elementos necesarios de obra, tales como: los sistemas de transportes de materiales, las zonas de almacén, las zonas de prefabricado, equipos de seguridad y de todo relacionado para la correcta operación del frente de trabajo.

El *flujo de información* que soporta el desarrollo de la logística de materiales recorre todas las etapas del ciclo de vida del proyecto. Tal como se muestra en la figura 3.3 se distingue varias etapas que cubre el ciclo de vida de un proyecto de construcción, la misma que se inicia cuando el cliente hace explícita sus necesidades a la entidad correspondiente, quienes convocan la participación a diversos profesionales consultores para elaborar el expediente técnico del proyecto y a empresas constructoras para su ejecución; quienes soportados por la información de los requisitos y las características del proyecto contenida en el expediente técnico, transforman los materiales suministrado por los proveedores en un producto físico, el cual, será entregado a la entidad correspondiente para el uso del cliente.

**Fig. 3.3 Etapas del ciclo de vida de un proyecto de edificaciones**



Fuente: Adaptado de Vrijhoef; Koskela, 1999

### 3.2 Los Objetivos de la Gestión Logística

Gary Zenz [67], señala que las funciones de las actividades de la logística, consideradas individualmente, con frecuencia tienen objetivos que están en conflicto. Normalmente se da el caso que el objetivo del departamento de *compras* es asegurar un suministro continuo, el cual puede llegar a estar en conflicto con la dirección de *control de inventarios* que tiene por objeto minimizar los niveles de inventario, o con los objetivos de *transporte* en lo que respecta a embarques en lotes completos de carga.

Por ello es fundamental mantener un enfoque sistémico que permita lograr un costo global más bajo conjuntamente con un buen nivel de servicio, en concordancia con la misión de la logística que conjuga todas las actividades dentro de un proceso global.

Pau Cos y Navascués [56] definen la logística como el conjunto de técnicas y medios destinados a gestionar los flujos de materiales y los flujos de información *cuyo objetivo principal es la satisfacción de las necesidades en bienes y servicios de un cliente en calidad, cantidad, lugar y momento, maximizando la satisfacción del cliente mediante la flexibilidad de respuesta y minimizando los costos mediante los tiempos de respuesta.*

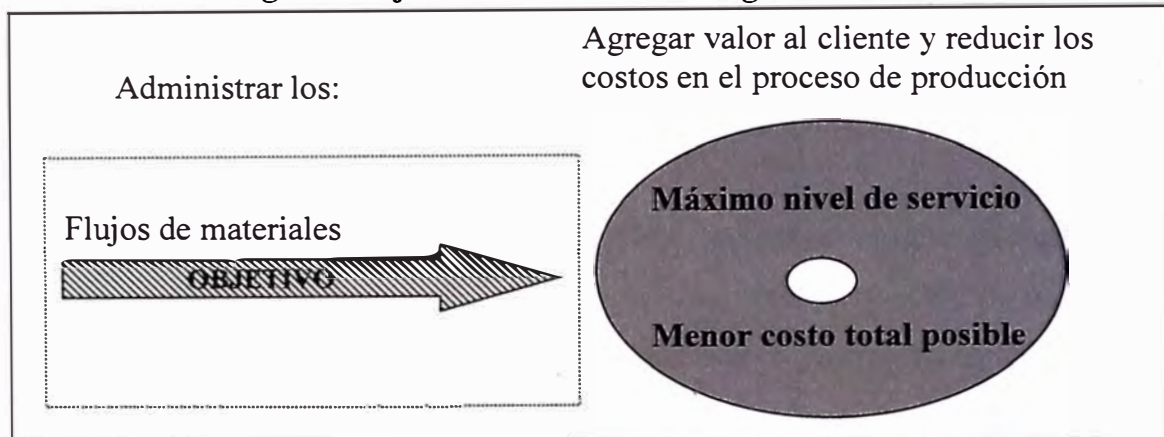
Por otro lado, Serpell [59] cita, para el caso de construcción, que la administración de materiales se entiende como el proceso de minimizar el inventario de materiales junto con proveer los materiales requeridos al mejor precio y en el momento oportuno, con el *objeto de mantener el nivel de servicio deseado a un mínimo costo.* La administración de materiales incluye la responsabilidad de planificar, adquirir, almacenar, administrar y controlar los materiales, junto con la utilización óptima del personal, instalaciones y capital para proveer un servicio oportuno y de acuerdo con los objetivos, organizacionales.

Como se observa, la definición citada por Serpell [59] es equivalente a la definición de la logística mencionada por Pau Cos y Navascués [56] para el caso particular de los materiales en la construcción, no obstante, ambas definiciones aluden el *nivel de servicio y el costo global* como objetivos principales de la gestión logística, razón por la cual, se puede afirmar que los dos objetivos principales de la gestión de la logística de



materiales son proporcionar, simultáneamente, el máximo nivel de servicio en la entrega de materiales al menor costo total posible. En la figura 3.4 se grafica los objetivos de la gestión logística de materiales.

**Fig. 3.4 Objetivos de la Gestión Logística de Materiales**



Fuente: Elaboración propia

Julio Anaya [4], señala que toda empresa debiera fijar una estrategia de servicio con objeto de encontrar mejoras competitivas con respecto al mercado, en ese sentido no sólo se refiere al grado de disponibilidad de stocks, sino también a todos los otros elementos que configuran el grado de satisfacción del cliente, como rapidez de envíos, fiabilidad, información, etcétera.

Algunas de los principales aspectos para analizar el nivel de servicio ofrecido por los proveedores de materiales a sus clientes en atención a sus pedidos son [4]:

- calidad;
- disponibilidad;
- plazo de entrega;
- fiabilidad;
- información y;
- reemplazo.

En construcción civil, el concepto de nivel de servicio puede ser aplicado tanto en las relaciones externas como en las relaciones internas de la empresa.

Las relaciones externas entre la empresa constructora y el cliente final (comprador del inmueble), no existe una preocupación con la distribución del producto en el mercado, ya que el producto es un bien fijo. Por tanto, la medida de satisfacción de este cliente con el servicio logístico, pasa por las dimensiones de tiempo y calidad, es decir, por la capacidad que la empresa de reducir sus plazos de ejecución, manteniendo la calidad comprometida. A veces, esta capacidad de reducir los plazos globales de producción puede ser un gran valor a ser percibido por el cliente.

Por otro lado, las relaciones externas entre la empresa constructora y sus proveedores o las relaciones internas entre la constructora y sus clientes internos en las obras, el nivel de servicio está asociado a la capacidad que la empresa tiene en hacer llegar a estos clientes internos, los materiales necesarios para la producción, en el momento y lugar adecuados cumpliendo las especificaciones realizadas al costo global más bajo.

El análisis del nivel de servicio es, por tanto, un factor clave para la gestión logística de materiales que influye notablemente en la productividad de la construcción. Confirmar este dato es uno de los objetivos del trabajo. Otro factor clave es el análisis de costos totales de estas actividades para la empresa.

El origen del concepto de *costo total* se basa en el dato de que algunas acciones en el sentido de reducir los costos individuales de una actividad logística pueden implicar en aumento de costos de otra. Es posible, por tanto, existir comportamientos antagónicos de diversos costos logísticos.

Como se señaló al inicio de esta sección, una disminución de costo de transporte de materiales (flete) puede ser conseguido con la compra de lotes mayores; por otro lado, esto puede implicar un aumento en costos de inventarios y de almacenes y una anticipación de stocks puede producir costos financieros.

De esta manera, en el proceso de tomar cualquier decisión en el desarrollo de la logística de materiales se debe tomar en cuenta los diversos costos involucrados,

buscando un balance de estos, de manera que la reducción o aumento de algunos costos lleve a una reducción de costo total, que es compuesto de:

1. Costo de Transporte (Ct), referido al costo de transporte externo de materiales (flete, distancia, tipo de transporte utilizado, tamaño de lote).
2. Costo de almacén y transporte interno (Ca), referido al costo de instalación de materiales en las áreas para almacenaje y/o el procesamiento de componentes, equipos de transporte y de seguridad, del personal encargado del transporte y seguridad.
3. Costo de mantenimiento del inventario (Ce), involucra el costo de capital (costo de oportunidad), costo de seguros, costos de riesgos de almacén (pérdidas, robos, etc.), costo de espacio del stock.
4. Costo de procesamiento de pedidos (Cp), involucra el costo administrativo para operar los procesos de adquisición de materiales.
5. Costo directo (Cd), es el costo de adquisición del material.

$$\text{Costo Total} = Ct + Ca + Ce + Cp + Cd$$

El análisis del costo total debe estar siempre asociado al nivel de servicio, pues una mejora en el nivel de servicio normalmente va a representar un aumento en el costo total. Es preciso representar diversos escenarios, considerando las ganancias y las pérdidas que se pueden obtener en el proceso de producción.

Julio Anaya [4], cita un procedimiento con el objeto de conseguir un equilibrio satisfactorio entre los beneficios y los costos incurridos, en virtud que en la práctica no es fácil alcanzar este escenario.

1. Evaluar el nivel de servicio que requiere la empresa y las acciones para conseguir.
2. Evaluar las pérdidas potenciales por no tener el servicio previsto.
3. Minimizar los costos con el servicio actual, haciendo eficiente, en lo posible, los procesos productivos y de distribución existentes, hasta el punto en que no es posible una reducción mayor sin detrimento del servicio prestado.

4. A partir de este punto, establecer un plan de mejora del servicio, con los presupuestos adicionales necesarios para cubrir cada uno de los objetivos propuestos.

En la construcción de obras de edificación, una decisión para la utilización de una grúa para el movimiento de materiales en obra puede implicar un aumento de costos de instalación y de movimiento, sin embargo puede propiciar un aumento en el nivel de servicio interno e incluso externo. También es posible llegar a un acuerdo con un determinado proveedor para que suministre un material requerido (acero de construcción, cemento, arena, etc.) a un precio bajo por la compra de la totalidad del material requerido en la obra, pero suministrado por partes según el cronograma de la obra; de esta manera se cumple ambos objetivos, reducción de costos (costos directos del material y costo de mantenimiento del inventario) e incremento del nivel de servicio.

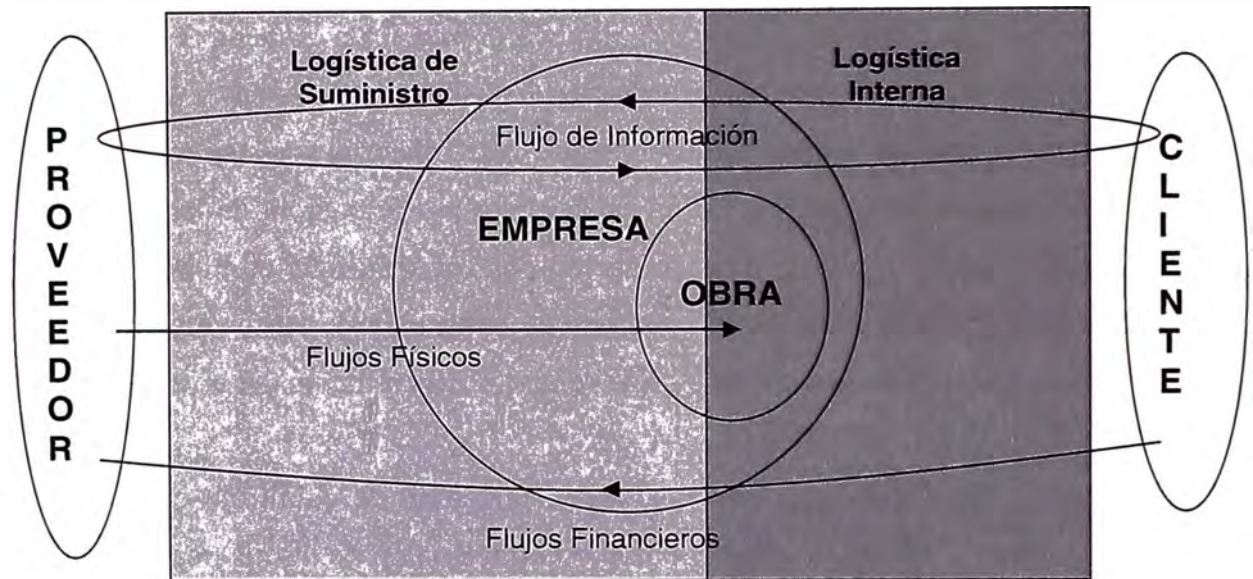
Para atender a estos dos objetivos citados, en un punto de equilibrio entre ellas, la gestión logística de materiales debe promover la integración de las diversas actividades asociadas a la logística. En el caso de los materiales en construcción civil, se trata de la integración de las actividades de la logística de suministro y la logística interna o de obra.

Integrar estas actividades significa también administrar los flujos logísticos (Fig. 3.5), los cuales pueden ser divididos en el ámbito de construcción civil, para el caso de materiales en [18]:

1. Flujos físicos, comprenden el movimiento de los materiales desde el proveedor hasta llegar al lugar de su utilización en el frente de trabajo.
2. Flujos de información, comprenden toda la información que van a garantizar el flujo físico de los materiales. Son informaciones que brindan apoyo a determinadas decisiones, o a orientar la operación de actividades. Esta información es tratada entre clientes finales (dueños del inmueble), agentes que actúan en la empresa y proveedores.

3. Flujos financieros, comprenden todas las actividades financieras que son necesarias para viabilizar las actividades logísticas. En construcción civil, la forma de financiamiento o de pago, determina los plazos de ejecución, y consecuentemente, todo el planeamiento logístico.

**Fig. 3.5 Flujos logísticos en construcción civil**



Fuente: Borges, 2000

Relacionando el nuevo enfoque del sistema productivo en la construcción analizado en el capítulo 2, que revela que el sistema productivo de un proyecto de construcción está constituido por procesos de conversión y flujos de actividades (materiales e información en movimiento y espera) que vinculan dichos procesos y que gran parte de las pérdidas en valores de tiempo y dinero se originan cuando precisamente estos flujos no son gestionados apropiadamente. Por otra parte, la definición de la logística, desarrollado en este capítulo, como el conjunto de técnicas destinadas a gestionar precisamente estos flujos, cuyos objetivos son lograr satisfacer las necesidades externas e internas de una obra de construcción al menor costo posible. Se puede afirmar por tanto, que una apropiada gestión de las actividades de la logística de suministro y la logística interna de materiales, brindará al sistema productivo de la construcción mejoras substanciales en su desempeño operativo.



En los capítulos siguientes, se analizará las actividades de la logística de materiales en función de la división de la logística propuesta por Borges [18] aplicable a las empresas constructoras presentada en este capítulo y los flujos que la integra, es decir:

- Las actividades de la logística de suministro, relacionada con el transporte y suministro físico de los materiales a los almacenes de la obra (Capítulo 4).
- Las actividades de la logística interna o de obra, relacionado con el movimiento físico interno de los materiales (Capítulo 5).
- El flujo de información que soporta y garantiza el desarrollo de las actividades de la gestión logística de materiales (Capítulo 6).

Las actividades propias del flujo financiero no será expuesto específicamente en un capítulo aparte a razón que el buen desarrollo de las actividades de gestión logística de materiales, tanto de la logística de suministro como la interna, permitirá una adecuada planificación del gasto de los materiales logrando optimizar el uso de los fondos, evitando gastos financieros innecesarios.



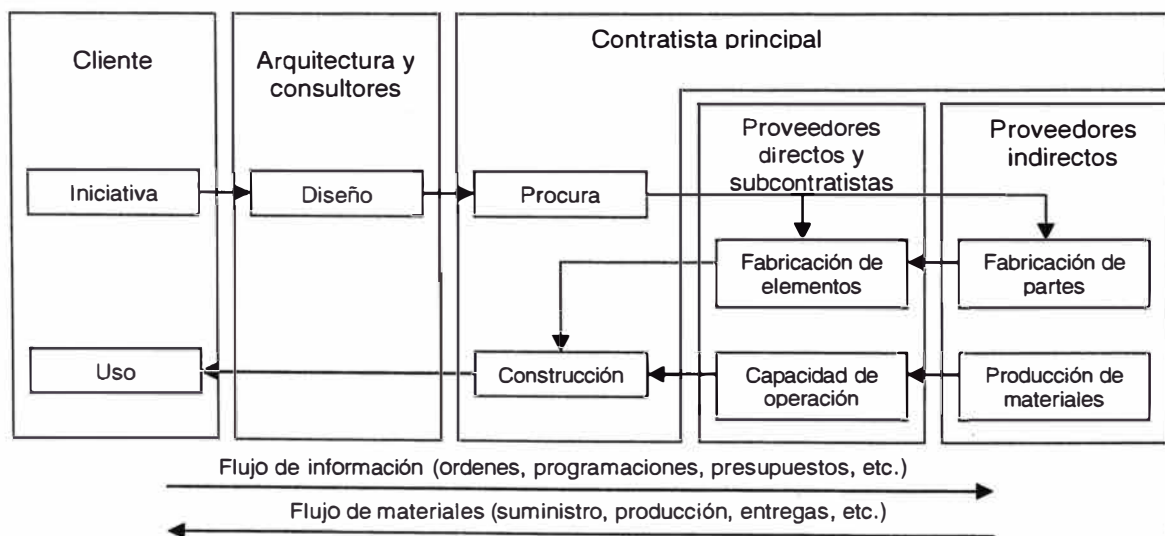
## CAPÍTULO 4. LOGÍSTICA DE SUMINISTRO DE MATERIALES

La gestión de la logística de suministro de materiales parte de la premisa de que ninguna empresa es completamente autosuficiente, sino que depende de muchas otras para poder trabajar. Ubicando así, a todas las empresas comprendidas en la *cadena de suministro* en un sistema cuyo principal objetivo es satisfacer al cliente final.

La cadena de suministro es un sistema, a través del cual, las organizaciones distribuyen sus productos y servicios a sus clientes y así sucesivamente. Esta cadena, centrada en la empresa, va desde los proveedores de sus proveedores hasta los clientes de sus clientes.

Ruben Vrijhoef y Lauri Koskela [64] define la gestión de la cadena de suministro como el trabajo de las organizaciones que involucran a diferentes actividades y procesos desde los niveles superiores hasta los niveles inferiores de la cadena, que generan valor en forma de productos y servicios en las manos de los últimos clientes (Fig. 4.1). La gestión de la cadena de suministro enfoca su atención en todos los agentes de la cadena, apuntando incrementar la transparencia y coordinación entre dichos agentes, sin tomar en cuenta los límites corporativos o funcionales.

**Fig. 4.1 Configuración genérica de una tradicional cadena de suministro en edificaciones**



Fuente: Vrijhoef; Koskela, 1999

En el caso de la construcción el producto o servicio final es generalmente un proyecto construido, cuyo propietario es el cliente final. Es allí donde se podría decir termina la cadena de suministro. Por tanto, para el caso de la construcción la cadena de suministro esta conformado por los proveedores de los proveedores, los proveedores, la empresa constructora y el propietario del proyecto. Dentro de esta cadena, el análisis de la investigación apunta a las actividades de la logística de suministro de materiales de las empresas proveedoras y la constructora, tomando en consideración el flujo de información relativo a los materiales que parte del requerimiento del cliente, recorre por la empresa y llega hasta los proveedores.

La logística de suministro de materiales trata de una serie de actividades que son cíclicas y que recorren varias veces a lo largo del proceso productivo. Ellas son básicamente:

- Especificación de materiales y planeamiento de suministro.
- Emisión y tramitación de los pedidos de adquisición de materiales.
- Transporte de los materiales hasta la obra y su acopio.
- Mantenimiento de los materiales previstos en el planeamiento (control y reprogramación).

Se describe a continuación las principales actividades que componen la logística de suministro de materiales, analizándolos según las contribuciones del nuevo enfoque de Lean Construction y del Justo a Tiempo (JIT).

#### **4.1 Planificación de los materiales**

Los sistemas de planificación de materiales surgieron inicialmente como respuesta a las empresas industriales que deben producir una amplia variedad de productos, compuestos por complejos conjuntos de piezas y materiales a transformar en numerosas operaciones de fabricación. La planificación de los momentos en que deben y pueden iniciarse cada una de estas operaciones y de las cantidades exactas que en ellas se precisan, conforma un conjunto de problemas interrelacionados que llega a ser de imposible resolución.

No fue hasta el final de la década del 60, cuando la emergente tecnología informática comenzó a proporcionar capacidad para el tratamiento de volúmenes importantes de información a velocidades aceptables, cuando se inicia en Estados Unidos el planteamiento teórico de un sistema para una resolución de esta problemática industrial, por otra parte, muy común en las empresas industriales. Apareció el sistema denominado *Material Requirement Planning* o simplemente MRP [56].

La lógica del sistema MRP es conceptualmente simple. Si de un producto se conoce:

- Su estructura. Es decir, la descripción detallada de los materiales necesarios, las cantidades que de ellos se necesitan para la obtención de una cantidad de ese producto final y la secuencia de operaciones que es preciso realizar para transformar estos materiales.
- La programación de las cantidades en que es preciso producir ese artículo final.

Mediante el proceso de ir situando en el tiempo estas operaciones y los materiales que en ellas se requieren; pero afectados por las cantidades del producto final que se desean obtener, se obtendrá una planificación de operaciones y los momentos en que estos materiales serán requeridos.

Aunque el sistema MRP tuvo sus orígenes en la empresa industrial, sus aplicaciones y beneficios se han ido extendiendo a todo tipo de actividades como el caso de la construcción.

En el caso particular de proyectos de construcción, cuyo producto o servicio final es único debido a la naturaleza propia de éstos, que se distinguen en alguna proporción de los demás en aspectos de diseño, plazo de realización, ubicación, condiciones climáticas, condiciones físicas de terreno, relaciones contractuales, etc.; los momentos de materiales requeridos en el tiempo, comúnmente es denominado como la programación de materiales y forman parte de la planificación del proyecto de construcción.

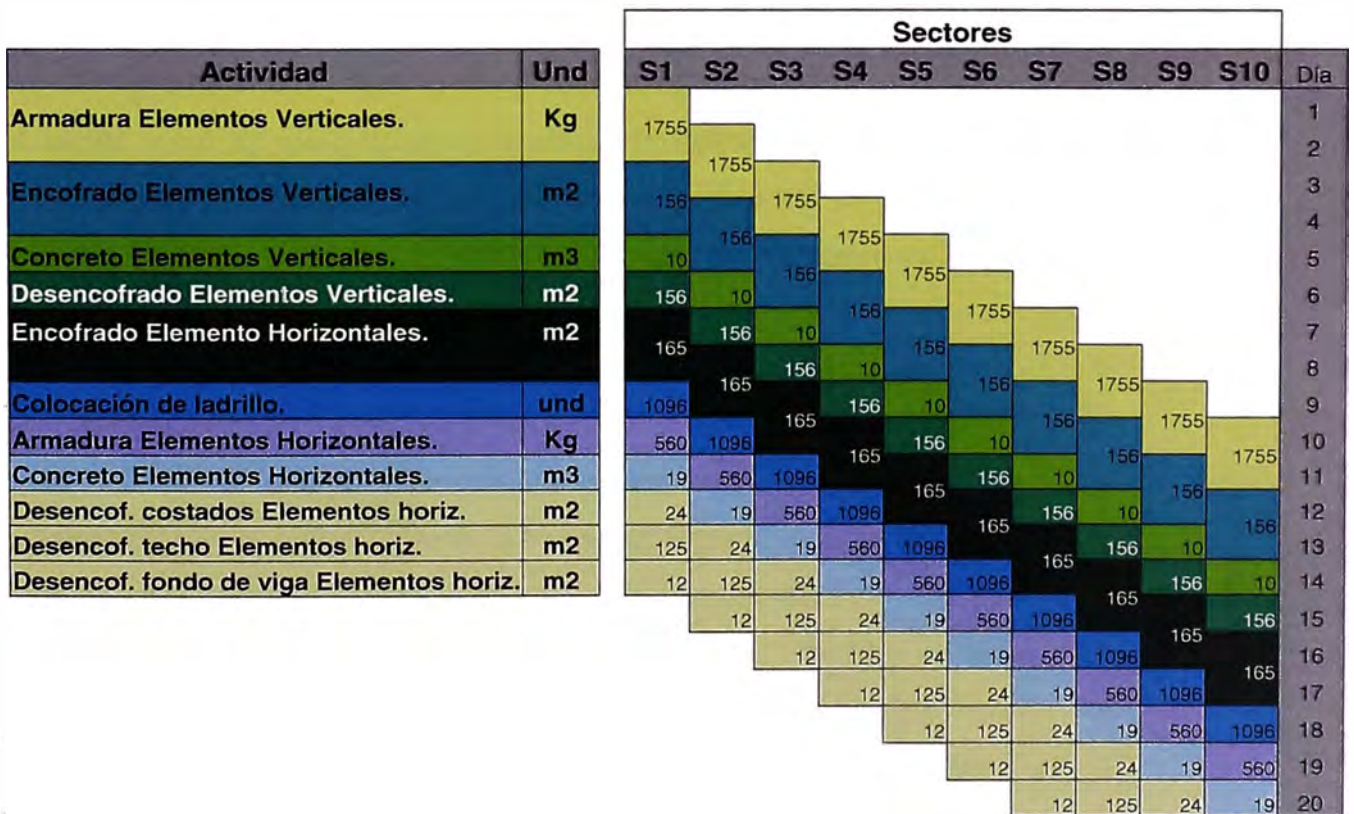
Posteriormente surge el concepto del llamado MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), que gestiona no solo los materiales sino la totalidad de los recursos industriales, incluyendo personal y máquinas y actúa directamente en la programación de la producción [4].

#### 4.1.1 El plan maestro de producción.

Así como en el caso de la industria manufacturera y la construcción, cuando se conoce la estructura del proyecto a ejecutar, se puede generar el *plan maestro* de la producción, que es un documento que refleja los recursos y materiales comprometidos, así como los periodos de tiempo para los cuales han de ser ejecutados.

El plan maestro, se puede definir como una declaración de la construcción en cuanto a: qué producir, cuánto producir y cuándo producirlo. En la figura 4.2 se muestra un ejemplo de Plan Maestro, allí se indica para determinado sector que producir, cuanto producir y cuando.

**Fig. 4.2 Ejemplo de Plan Maestro**



Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, es una evaluación ajustada cronológicamente de todo lo que la empresa espera fabricar o construir. Es la agenda elaborada anticipadamente para los artículos designados como pertenecientes al plan maestro, convirtiéndose así en un conjunto de documentos de planificación que determinan el plan de necesidades de materiales.

En la construcción, existen varios métodos para la elaboración del plan maestro, en forma sucinta estos métodos son [42]:

- Diagrama de Gantt, el cual fue propuesto por Henry Gantt y Frederick Taylor a principios de 1,900 y a partir de entonces se popularizó el llamado Diagrama de Barras. El diagrama de barras en si es un diagrama cartesiano, que partiendo de dos ejes ortogonales entre si, puede estudiar las relaciones entre dos variables: actividades versus duraciones de las mismas.
- PERT – Program Evaluation and Review Technique, esta técnica de gestión administrativa y aplicado a un proyecto conjunto por los representantes de la Navy Special Projects Office, la Lockheed Aircraft Corporation y la firma consultora Booz – Allen & Hamilton de Chicago (1957 – 1958), está orientada hacia los sucesos de un proyecto es decir hacia el inicio y la terminación de las actividades y para ello introduce el cálculo de probabilidades en la estimación de las duraciones y en las fechas de terminación. Si bien la metodología PERT estima las duraciones de las actividades, tanto en el sentido determinístico y probabilístico, básicamente se concentra en las actividades en las que hay incertidumbre en cuanto a las fechas de comienzo y terminación de las mismas.

CPM – Critical Path Method, cuyos autores son Morgan R. Walker de la División de Estudios de Ingeniería de la Du Pont de Nemours & Co; James E Kelly Jr. De la Remington Rand Univac. (1957). Similar a la anterior metodología, esta técnica de planeamiento y control tiene como fundamento el grafo o red. Está orientado hacia la ejecución óptima de las actividades de un proyecto. Busca la optimización de los costos con el adecuado empleo de los recursos y duración de las actividades. Se basa en la experiencia para la



asignación de las duraciones de las actividades de manera determinística, lo que lo libera de la incertidumbre del tiempo.

En el sector construcción del país, comúnmente la metodología más usada es la técnica CPM para elaborar el plan maestro y los cronogramas de materiales y recursos. Sin embargo, esta planificación que generalmente mantiene un horizonte de tiempo demasiado extenso, pierde confiabilidad cuando empieza a desfasarse lo producido respecto a lo programado. Normalmente, este desfase ocurre desde el inicio de las operaciones, lo que obliga a los profesionales de la obra a reprogramar el plan maestro, generándose así, un ciclo continuo de desfases y reprogramaciones que demandan la utilización de muchos recursos, tiempo y esfuerzo. El tiempo que demanda la reprogramación, difícilmente permite emparejar la información del estado de la producción y los materiales, con la planificación maestra reprogramada, lo que desalienta a los profesionales de la obra y simplemente trabajan con la programación maestra inicial utilizándolo únicamente para fines referenciales o contractuales (control del proyecto), creándose un ambiente de incertidumbre y variabilidad en las operaciones que va incrementándose durante la ejecución del proyecto.

Para revertir este escenario, varios profesionales de la construcción que han investigado esta situación de la producción, aconsejan manejar planificaciones periódicas de extensiones de tiempo más manejables, soportados fundamentalmente por la información del progreso de las actividades de obra y las condiciones actuales de los materiales y recursos. La idea de estas planificaciones periódicas de corto plazo, que pueden tener como referencia al plan maestro, es proteger la producción a través de planificaciones confiables, de modo tal, que los procesos constructivos estén aislados de factores externos como no contar con materiales a tiempo, no contar con las herramientas o equipos requeridos, etc., originados por una programación desfasada. En otras palabras la planificación debe orientarse como una herramienta de apoyo a la gestión de la producción, en lugar del simple propósito de control del proyecto.

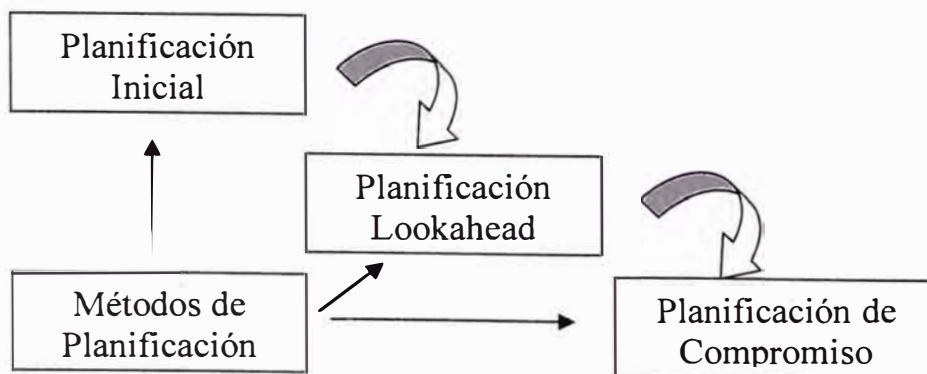


#### 4.1.2 Gestión de Producción

La administración de producción puede ser entendida en términos de gestión de producción, lo cual ha sido desarrollado y aplicado en manufactura. La gestión de producción consiste de una *planificación total de producción, coordinación de materiales, control de carga de trabajo, ordenes de trabajo y control de las unidades de producción* [17]. La industria de la construcción usa diferentes términos y diferentes modelos conceptuales. En construcción, planificación es la generación de presupuestos, cronogramas y otras especificaciones que detallan los pasos que se debería seguir y las restricciones que se debe tener en consideración durante la ejecución del proyecto. Una vez que la producción empieza, la administración dedica esfuerzo al control, monitorizando la performance del proyecto contra los estándares de la empresa y tomando acciones correctivas cuando existan desviaciones importantes. En manufactura sin embargo el control es concebido como la formación progresiva y detallada de los flujos de materiales e información, es decir la producción física del proceso. *Actualmente el modelo de control en construcción, es un modelo de control de proyectos mediante el control de los compromisos contractuales y no un modelo de gestión de producción.*

En los sistemas de gestión de producción se diferencia tres niveles jerárquicos que corresponden aproximadamente a las funciones de la planificación de la producción, coordinación de materiales, capacidad disponible, órdenes de trabajo y control de las unidades de producción, características de la industria manufacturera. Tal como se muestra en la figura 4.3, los niveles en un proyecto de construcción son [13]:

**Fig. 4.3 Niveles de planificación de un proyecto de construcción**



Fuente: Ballard, 1997a

El primer nivel corresponde a la planificación inicial (planificación maestra), en el cual se genera el presupuesto del proyecto y los cronogramas, se proveen planes coordinados que empujan “push<sup>10</sup>” a la culminación de actividades y entregas con la ejecución del proyecto. El segundo nivel corresponde a la planificación Lookahead, la cual detalla y ajusta los presupuestos y cronogramas, jalando (pulling) los materiales y recursos cuando sean necesarios. El tercer nivel corresponde a la planificación de compromiso, la cual esta orientada a establecer compromisos que se va a realizar (will), después de evaluar lo que se debería hacer (should) contra lo que se puede hacer (can), basados en condiciones actuales de los materiales y recursos y en requisitos precedentes completadas. Finalmente los métodos de planificación, los cuales deciden que actividades se van a realizar, son elementos constituyentes y necesarios a cada uno de los tres niveles.

El nivel de detalle aumenta progresivamente a medida que se va acercando a la planificación de compromiso. Mientras todos los niveles de planificación son esenciales para un efectivo sistema de gestión de producción. La planificación de compromiso es el punto de partida y aquí se generan las asignaciones de producción.

Lauri Koskela [36] y Alexander Laufer [40] influenciados por la innovadores trabajos de Víctor Sanvido [57], condujeron a una larga investigación sobre el control de producción en las fases de ingeniería y construcción de proyectos. Esta experiencia, con los actuales sistemas de control de producción en las organizaciones, sugiere que el cambio debe empezar con la planificación de compromiso. Esta estrategia imita a aquella seguida por el sistema de producción Toyota, en la implementación y desarrollo de su sistema Lean Production. Toyota escogió eliminar los inventarios intermedios en sus fábricas con la finalidad de forzar la aparición de defectos y problemas de entrega. Como se indicó en el capítulo 2, la regla fue y es: detener la línea de producción antes de enviar un producto defectuoso a las demás estaciones de trabajo corriente abajo.

---

<sup>10</sup> *Planificación push, sistema de planificación que empuja la producción asignando el trabajo en función de la demanda (cancha disponible).*

La construcción es diferente a la industria manufacturera en muchos caminos, pero comparten la idea de que la primacía de directivas u órdenes, es el medio para manejar flujos de trabajo y recursos. La analogía en construcción, de detener la línea de producción antes de enviar un producto defectuoso es hacer solamente asignaciones de calidad. Este principio expone a uno a los riesgos de no utilizar la capacidad productiva disponible y de fallar con el cumplimiento de las fechas programadas, éstas son las consecuencias de detener la línea de producción. Sin embargo, esto también revela que necesita conocer la administración, a fin de mejorar el control y la producción.

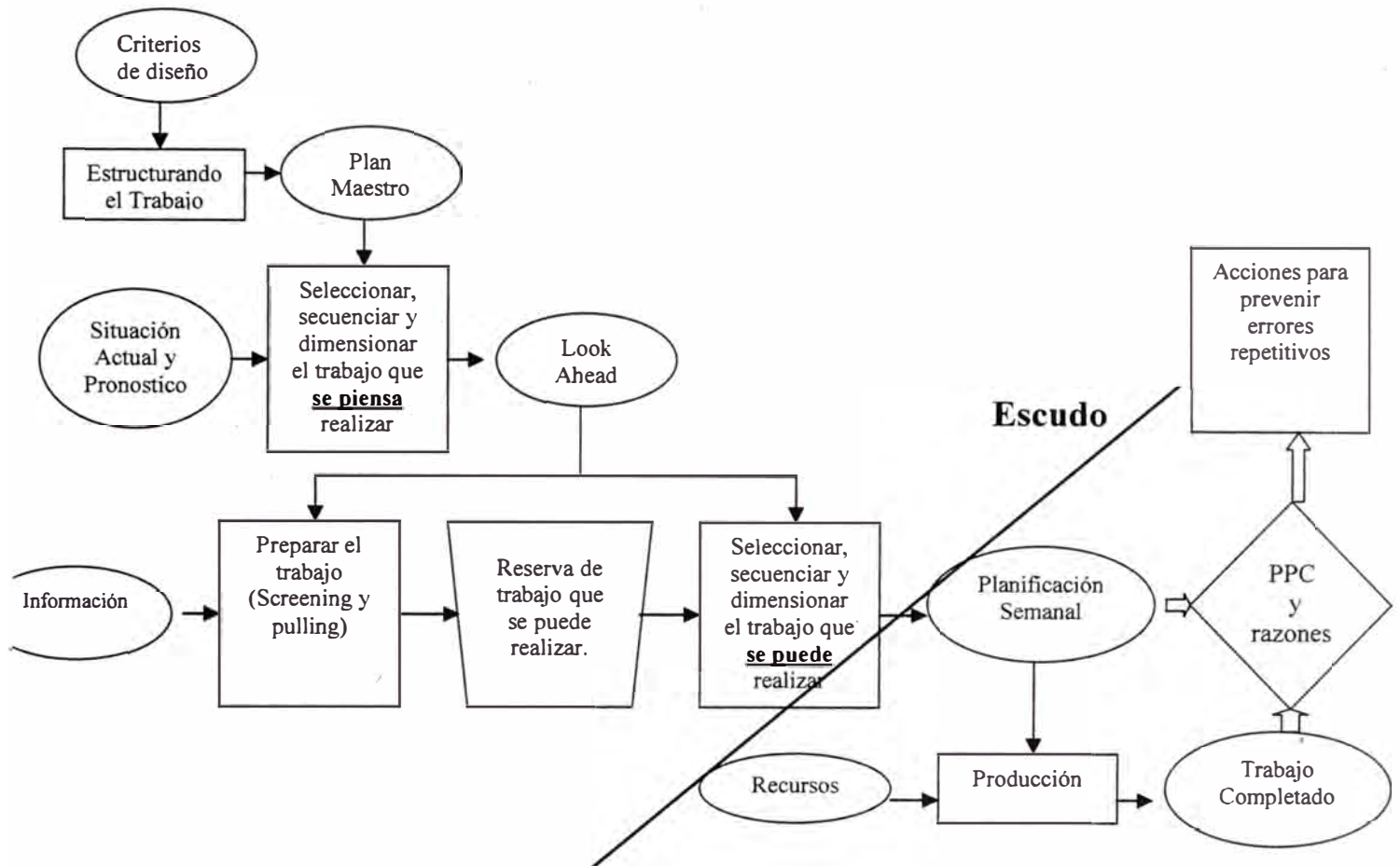
El elemento principal en las investigaciones de Laufer y Howell ha sido la unidad de producción y las asignaciones de trabajo a estas unidades. La investigación ha demostrado la confirmación que la performance contra los planes de compromiso puede ser mejorada, mejorando la calidad de las asignaciones, incrementándose también la productividad en las unidades de producción. Realizando solamente asignaciones de calidad, se protege la producción de la incertidumbre en el flujo de trabajo y es el primer paso en el proceso de implementación de un sistema de gestión de producción.

#### **4.1.3 Protegiendo la producción.**

La metodología tradicional de administrar proyectos de construcción no posee bases conceptuales o herramientas prácticas que permitan controlar la producción.

Proteger la producción (shielding production) es una estrategia para controlar la producción en condiciones de flujo de trabajo incierto. La protección es alcanzada al realizar asignaciones de calidad, de este modo se incrementa la confiabilidad de los planes de compromiso, tales como los planes semanales de trabajo. La figura 4.4 ilustra la estrategia de gestión de producción (sistema de planificación y control) que permite mejorar la incertidumbre en los niveles superiores de planificación (upstream), realizando solamente asignaciones de calidad.

**Fig. 4.4 Sistema de Planificación y Control de Producción**



Fuente: Ballard, 1999

El proceso de protección comienza con una visualización inicial y total de las actividades programadas, con la finalidad de formar el Lookahead Schedule (programación periódica de corto plazo), el cual impulsa la formación de trabajo, compatibilizando los materiales y recursos con las actividades disponibles, de este modo se mejora la producción. El resultado es un buffer de acciones cabales, es decir una reserva de trabajos que se puede realizar (workable backlog), del cual se seleccionan asignaciones para planes de cada periodo; de este modo se genera un plan de compromiso a corto plazo, el cual es a menudo un plan de trabajo semanal. Los planes son revisados de modo que cumplan con las características de calidad (cabalidad, tamaño y secuencia correcta), antes de ser aprobados para producción. Después que los

recursos han sido consumidos por el proceso de producción resultando en trabajo completado, el porcentaje de actividades planeadas completadas (PPC) es calculado y las razones de incumplimiento de las asignaciones son identificadas, para luego tomar acciones que prevengan errores repetitivos.

Esta estrategia mejora la productividad en las unidades de producción mediante la reserva de trabajos que se puede realizar, además incrementa la certeza del flujo de trabajo de subcontratistas y proveedores (proveedores de concreto, etc), permitiéndoles mejorar su productividad. Asimismo, el aprendizaje que el proceso de protección promueve, reduce la incertidumbre en el flujo identificando y atacando los orígenes de las causas.

#### **4.1.4 Planificación Lookahead**

La mayoría de los proyectos de construcción presentan un cronograma maestro (master schedule), que ha sido elaborado al inicio de la fase de construcción. Sin embargo, tales planes maestros no pueden ser exactamente detallados en un periodo de tiempo amplio en el futuro, debido a la falta de información de las condiciones actuales de duraciones y entregas. Por consiguiente, muchos de los proyectos de construcción usan alguna forma de cronograma a corto plazo, para coordinar y dirigir los trabajos de los subcontratistas y de sus equipos de trabajo. Estos cronogramas son a menudo llamados “cronograma lookahead” (lookahead schedule) porque se anticipan (“miran hacia delante”) varias semanas en el futuro. Cada proyecto de construcción, presenta características propias con relación a la extensión de los lookahead, esto es: nivel de detalle de las actividades relativas al plan maestro, frecuencia de impresión, actualización, utilización de la herramienta para aprendizaje a fin de eliminar errores repetitivos, etc.

En el modelo de Melles y Wamelink [45], la planificación lookahead es una de las funciones de toma de decisiones que constituyen los sistemas de control de producción. La planificación lookahead está situada, entre el cronograma de coordinación de todo el proyecto (plan maestro) y la planificación de corto plazo al nivel de compromisos, el objetivo principal es formar el flujo de trabajo y visualizar todas las actividades del cronograma que deberían pero que aún no pueden ser realizados, así se reduce la

variabilidad del flujo ingresante, mejorando la confiabilidad de las asignaciones en los planes semanales o diarios.

El lookahead schedule o planificación anticipada de recursos está diseñado para prever con adecuada anticipación de requerimientos de materiales, mano de obra, equipos, financiamiento e información. La mayor parte de los problemas que generan atrasos e incumplimiento en la planificación de una obra son responsabilidad de los profesionales de obra. La planificación anticipada de recursos es una suerte de lista de verificación que permite anticipar todos los requerimientos, con el objeto de proteger la producción de efectos externos a ella. La construcción se ve afectada por una serie de factores ya sea interno o externo. Frecuentemente se suele suponer que todos los factores que afectan al sistema productivo son externos, fuera de control. Lo cierto es que la mayor parte de los factores que afectan nuestras obras dependen de nosotros. La planificación anticipada de recursos permite que se tome el control, de forma anticipada, del impacto generado en la producción por la mano de obra, los materiales, los equipos, la información y el dinero; vale decir, se planifique la disponibilidad de los recursos para cuando realmente se necesite [30].

#### **4.1.4.1 Propósitos de la Planificación Lookahead**

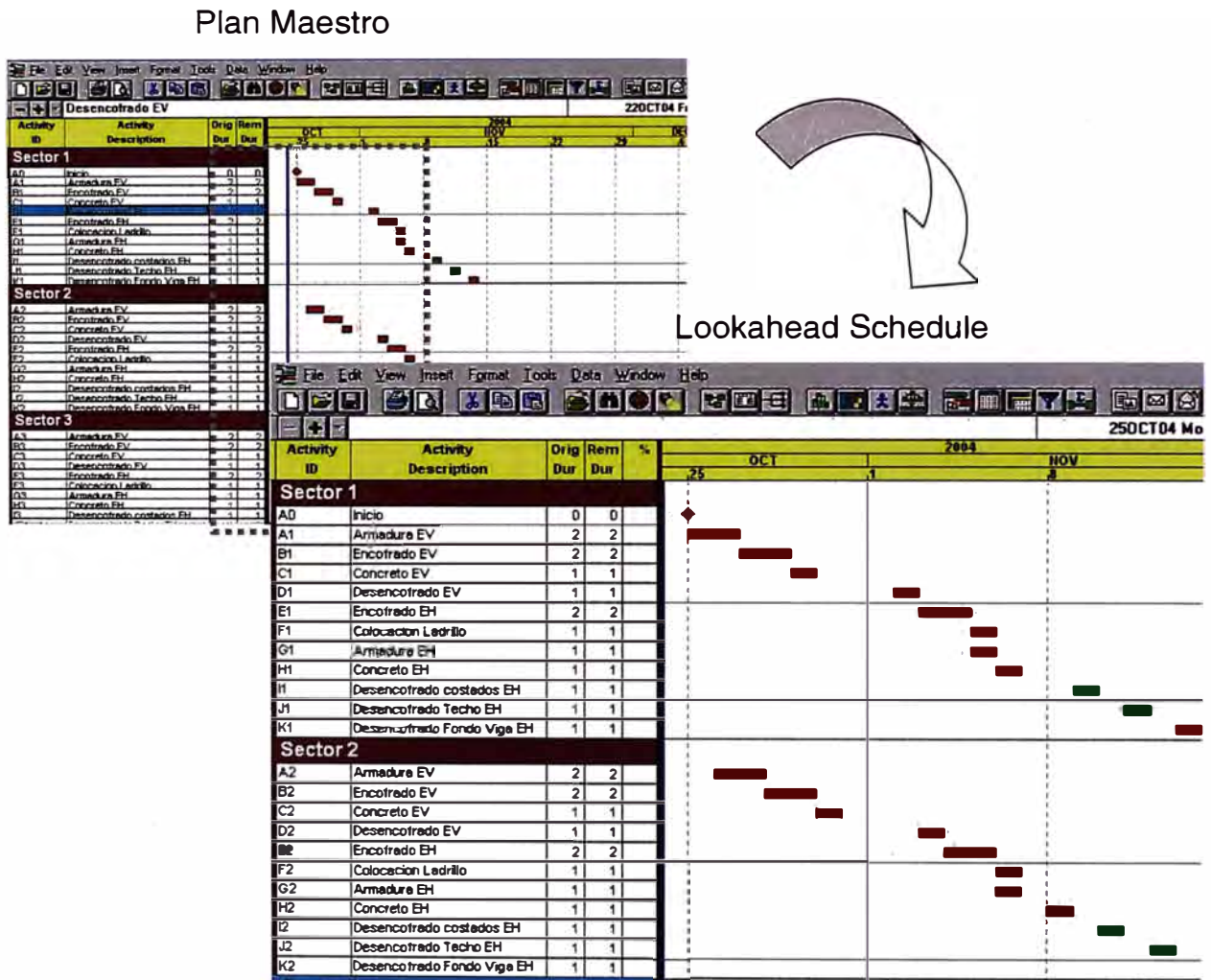
Los propósitos de la planificación lookahead, son los siguientes [15]:

1. Conformar el flujo de trabajo en la mejor secuencia disponible y cantidad de producción, a fin de lograr los objetivos planteados.
2. Compatibilizar el flujo de trabajo con la capacidad disponible, a fin de reducir la incertidumbre realizando solo asignaciones de calidad.
3. Descomponer las actividades del *plan maestro* en paquetes de trabajo y operaciones, para permitir y facilitar la asignación de actividades o trabajos.
4. Desarrollar métodos detallados para ejecutar el trabajo.
5. Produce y mantiene un listado de asignaciones listas a ser realizadas (workable backlog), para cada frente de trabajo y cuadrillas. Este se tamiza según la disponibilidad de materiales, diseño u otro trabajo precedente.



- Identifica operaciones que deben ser planificadas conjuntamente por varios subcontratistas.

**Fig. 4.5 Nivel de detalle del Lookahead Schedule**



Fuente: Elaboración propia

La planificación Lookahead se enfoca en el trabajo en una ventana de tiempo de 3 a 5 semanas de la planificación maestra tal como muestra la figura 4.5 para luego proceder a incrementar el detalle que requiere el sistema productivo.

#### 4.1.4.2 Proceso de Planificación Lookahead

Se proporciona lineamientos generales que permiten la formación del Lookahead Schedule:

1. Fragmentar las actividades programadas en el plan maestro a un nivel de detalle de asignaciones, usando para el diseño el modelo de definición de actividades, que define la secuencia y dependencia de las asignaciones, desarrollando estudios preliminares de procesos para el manejo de recursos (First Run Studies [10] ), se ensambla los trabajos.
2. Analizar las restricciones de cada trabajo asignado, identificando las limitaciones. Se debe tomar en consideración dentro del análisis: el nivel de progreso del diseño incluyendo cambios pendientes u otros temas recientes, la disponibilidad de los materiales y componentes necesarios para cada trabajo y la posibilidad que algún trabajo precedente no haya sido completado cuando sea necesario (análisis de restricciones).
3. Hacer que la tarea asignada se encuentre lista, eliminando obstáculos y restricciones.
4. Balance entre carga de trabajo y capacidad disponible, adelantando o retrasando los programas de trabajo, incrementando o disminuyendo la capacidad, o decidir como invertir el exceso de capacidad.

**Cuadro 4.1 Ejemplo de formato de Lookahead Schedule**

Sector	Actividad	Unidad	SEMANAS		
			25-Oct-04	1NOV 2004	8NOV 2004
I - Sector 1	A - Armadura Vertical	kgr	1680		
	B - Encofrado vertical	m2	160		
	C - Concreto vertical	m3	10		
	D - Desencofrado vertical	m2		160	
	E - Encofrado Horizontal	m2		168	
	F - Colocación de ladrillo	und		1700	
	G - Armadura horizontal	kgr		560	
	H - Concreto Horizontal	m3		20	
	I - Desencofrado costado horizontal	m2			20
	J - Desencofrado techo horizontal	m2			120
	K - Desencofrado fondo de viga	m2			10
<b>Lookahead</b>					
a.	<b>Mano de Obra</b>				
b.	<b>Materiales</b>				
c.	<b>Equipos</b>				
d.	<b>Información</b>				
e.	<b>Otros</b>				

Fuente: Elaboración propia

5. Ajustar el plan maestro según sea necesario, utilizando información proveniente de los estados finales y pronósticos.

En general la asignación de los trabajos (Cuadro 4.1), depende de la eliminación de limitaciones y obstáculos (*materiales*, equipos, mano de obra, información, etc.) para poder realizarlas, no se puede asignar trabajos a menos que se tenga conocimiento que se puedan realizar. Por lo tanto, es fundamental seguir la siguiente regla práctica: “En caso de duda no adelantar”.

Las actividades que no cumplan con todos los requerimientos previstos no deben planificarse para la siguiente semana. Planificar actividades para las que no se cuenta con recursos sería auto engañarse. De esta forma se estabiliza el ambiente de trabajo y se reduce la variabilidad en el cumplimiento de la planificación y se protege las unidades de producción - procesos - evitando incurrir en pérdidas y gastos mayores [30].

Por otro lado, Alfredo Serpell [59] identifica tres etapas de planificación de materiales basándose en el proceso típico de la preparación y presentación de ofertas en una licitación pública o privada; estas etapas son:

1. Etapa previa a la propuesta y/o de factibilidad.
2. Etapa posterior a la adjudicación y/o de planificación.
3. Etapa de construcción.

#### Etapa previa a la propuesta y/o factibilidad

Esta etapa previa a la propuesta corresponde a la planificación inicial, en el cual se elabora una *planificación maestra preliminar* sobre la base de los datos disponibles en dicho momento. Durante esta etapa se desarrollan las siguientes actividades relacionadas con la administración de materiales:

1. División del proyecto en actividades.

2. Lista general de materiales, indicando el tipo, cantidad y calidad de acuerdo a los planos y especificaciones preliminares.
3. Estimar las fechas requeridas de despacho de los materiales, y en especial de aquellos que necesitan de un tiempo considerable de anticipación del pedido.
4. Preparar programas preliminares de la adquisición de materiales, con la información disponible a estas alturas, que se obtiene del plan maestro preliminar.

En esta etapa es importante definir ciertos elementos relacionados básicamente con la logística interna de la empresa, que también tienen una incidencia en los recursos requeridos y en los costos involucrados, tales como:

1. Instalaciones físicas: áreas de almacenamiento, bodegas, etc.
2. Materiales a movilizar: peso, tamaño y cantidades.
3. Secuencia de las operaciones de movilización de los materiales y flujo en la obra.
4. Métodos y medios de movilización: uso de equipos e instalaciones.

Durante los estudios de factibilidad y/o precios de un proyecto es necesario analizar varias alternativas lo más exactamente posible. Esto incluye un análisis del tipo de material a usar, su disponibilidad en el mercado nacional o local, su costo y otras características que sean relevantes. Además, se deberán considerar aspectos tales como problemas que se puedan presentar en el despacho y transporte de los materiales. En esta etapa conceptual de la planificación del proyecto los conceptos de Constructabilidad adquieren vital importancia en virtud a las ventajas y beneficios que de ellas se puede obtener, como medida de racionalización del sistema productivo.

### Etapa posterior a la adjudicación

Una vez que el proyecto ha sido adjudicado, el área de construcción se preocupa de un conjunto de actividades que permitan afinar el avance de la etapa anterior, tales como:

1. Actualizar el programa preliminar de adquisiciones de materiales y detallarlo convenientemente, documentos que se desprenden del *plan maestro*, el cual ha sido actualizado y perfeccionado.
2. Proceder a adquirir aquellos materiales que requieren de un período largo para su arribo a la obra (importaciones, fabricación, etc.).
3. Coordinar y programar los contratos para prefabricados en caso de que los haya.
4. Ubicar y determinar el tamaño de las áreas de acopio de materiales y de bodegaje.
5. Establecer los procedimientos para el proceso de adquisición de materiales en caso de que no existan en la empresa o que los existentes no sean apropiados para el proyecto en cuestión.

### Etapa de construcción

En esta etapa, el Plan Maestro sufre modificaciones a través de planificaciones de periodos más cortos de tiempo, que permitan un mayor detallamiento de las acciones próximas en dicha ventana de tiempo (lookahead planning).

1. Aprobación del programa de despacho de materiales a la obra y ajustes según avance actual de la obra.
2. Confección de listas de materiales y programas de despacho a la obra de los materiales producto de modificaciones o aumentos de obra.
3. Revisión de la distribución de las instalaciones auxiliares para reducir el movimiento de los materiales.
4. Coordinación de la operación de los equipos de manejo de materiales para optimizar su utilización.

Una vez que se adoptó una planificación confiable de la producción e identificado los materiales requeridos - lo cual como se señaló anteriormente permite mejorar el desempeño de las unidades productivas - la siguiente actividad de la logística de suministro es la *adquisición de los materiales*.

## 4.2 El proceso de adquisición de materiales

Las adquisiciones o compras tienen por objeto adquirir bienes y servicios que la empresa necesita, garantizando el abastecimiento de las cantidades requeridas en términos de tiempo, calidad y precio. En el ámbito de la construcción, las funciones de prevención de las necesidades de la empresa así como la planificación anticipada de materiales se desprenden de los programas de producción (plan maestro y de las planificaciones lookahead). Una vez reconocida las necesidades del proyecto, se presentan estas necesidades al departamento de compras para su adquisición.

En adelante, las responsabilidades básicas de la gestión de compras se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) Mantener una continuidad en los suministros de materiales, de acuerdo con los programas de producción.
- b) Proporcionar los materiales y componentes de acuerdo con las especificaciones de calidad requeridas.
- c) Obtener los materiales necesarios al costo más bajo posible, dentro de las necesidades de calidad y plazos de entregas requeridas.
- d) Prevenir a la producción o departamento de presupuesto de las variaciones de precio de los materiales en el mercado, coyunturas, tendencias, etc.

No obstante, Julio Anaya [4] señala que la función de compras tiene por naturaleza unas actividades netamente diferenciadas, los cuales se puede resumir de la siguiente manera adaptándolo para el caso de la construcción:

- a) Estudio de fuentes de suministro de materiales (análisis de mercado).
- b) Selección de proveedores.
- c) Control de las especificaciones de calidad de materiales requeridas por el proyecto. Estas especificaciones suelen estar dictaminadas por el departamento de ingeniería o forman parte del expediente técnico del proyecto.
- d) Gestión de precios, para conseguir los materiales más económicos posibles.



- e) Gestión de plazos y condiciones de entrega, para conseguir máxima fiabilidad, flexibilidad y reducción de los tiempos de aprovisionamiento.
- f) Seguimiento de las operaciones realizadas en todos los acuerdos y condiciones establecidas con el proveedor.

Una lista de materiales, es una lista de todos los insumos que se incorporaran a lo largo de la ejecución del proyecto de construcción. Tales listas en general, son descritas en las especificaciones técnicas que se obtienen de los planos de ingeniería del proyecto.

#### **4.2.1 Descripción del requerimiento**

Gary Zenz [67], señala que un buen procedimiento de compras procura que tenga un formulario de requisición estandarizado, que indique la cantidad normal en detalle que se usará en la redacción del requerimiento. Con el fin de asegurarse una información completa y segura durante el pedido, la requisición debe incluir toda la información necesaria del material en una forma que sea fácilmente verificable y comprobable.

Es importante revisar toda requisición con cuidado, con base en un conocimiento personal del artículo y de los registros de compras anteriores, de esta manera se garantiza que la calidad de los suministros de materiales que lleguen a obra sea el requerido de acuerdo con lo especificado, de lo contrario, un material que no cumple con las condiciones de calidad especificado ocasionará demoras o paralizaciones.

La calidad apropiada para los materiales y los componentes es una función de uso. En términos más precisos, la calidad es una expresión de las propiedades medidas, condiciones o características de un producto o proceso, establecidas por lo general en términos de grados, clases o especificaciones y determinados por la aplicación del producto.

Existen tres consideraciones básicas acerca de la calidad: (1) determinar la calidad adecuada para un propósito dado; (2) definir esta calidad de tal manera que sea comprendida con claridad tanto por el comprador como por el vendedor y; (3)

establecer métodos de medición de calidad que aseguren que lo recibido esté conforme con la calidad especificada [67].

La necesidad de una calidad consistente en el proceso de adquisición de los materiales, condujo al establecimiento de estándares que describían las características químicas y físicas, tales como tamaño, color, dureza, peso, acabado y pureza, mismas que el comprador aceptaría. Mediante la estandarización, se disminuye el número de tamaños y tipos de los insumos a ser utilizados, simplificando de esta manera el proceso de elección de los materiales.

Un *estándar* es la descripción de un nivel aceptable de calidad, diseño y composición de un artículo en particular, que surge como resultado del estudio y experiencia de las organizaciones, algunas veces en cooperación con las dependencias gubernamentales [67].

En la construcción, la metodología para describir la calidad para los materiales de construcción, se realiza básicamente a través de especificaciones detalladas a los cuales algunas veces se acompaña copias de planos del insumo, según se requiera. Estas especificaciones están formadas por una descripción detallada o listado de las características de un material en particular.

Faustino Merchán [46], señala que las propiedades principales por considerarse en la preparación de las especificaciones de estos diversos materiales de construcción son:

1. Las propiedades físicas, como resistencia, durabilidad, dureza y elasticidad.
2. Composición química.
3. Propiedades eléctricas, térmicas y acústicas.
4. Apariencia, como el color, la textura, el diseño y el acabado.

Al respecto, indica que la calidad de un material viene definida por una serie de características, establecidas en la correspondiente especificación. Algunas de estas características son mensurables y por consiguiente, representadas en una escala

numérica: denominadas *variables*. Otras, por el contrario, son de carácter cualitativo, no medibles cuantitativamente: son los llamados *atributos*. La calidad de un material es aceptado cuando las pruebas o ensayos de los mismos, cumplen con estas variables y atributos señalados en las especificaciones (requisitos de calidad).

El control de estas características consiste en la constatación del grado de aproximación existente entre las variables y atributos de calidad que poseen los materiales y los establecidos en las especificaciones técnicas, control de calidad (QC). Mediante este control es posible identificar errores que constituyen desviaciones cuantitativas o cualitativas de los requisitos de las características de los materiales respecto al ideal establecido en el expediente técnico. El control, por tanto, esta orientada al cumplimiento de los requisitos de calidad.

**Fig. 4.6 Control de Calidad de los Materiales**



Fuente: Calidad en la Construcción, 2000

Las especificaciones de los materiales, también incluyen los procedimientos y los requisitos que tienen que cubrirse en las inspecciones, pruebas y análisis hechos por el

fabricante durante la fabricación y el proceso del material y posteriormente por el propietario del proyecto. Deberá aclararse si un material se inspeccionará en la fábrica o taller y el número de elementos que se probarán. El material de prueba deberá coincidir con el que se proveerá al igual que con el que se proporcionará al dueño para efectuar sus pruebas. Es decir, adicionalmente al control de calidad (QC), debe constituirse un sistema de monitoreo o vigilancia con el objeto de garantizar que los materiales y servicios que ofrece las empresas constructoras cumplen con los requerimientos de calidad exigidos por los clientes, mostrando evidencias de que son capaces de lograrlo. En otras palabras el sistema debe asegurar la calidad (QA).

Cabe aclarar, que las especificaciones envuelven muchas variables, por ello, el éxito en su elaboración esta condicionado a la participación de las diversas áreas de la empresa (ingeniería, producción, compras, etc.).

En la mayoría de proyectos de construcción, las personas que participan en la ingeniería, producción y compras trabajan sobre regímenes contractuales distintos, razón por lo cual, es difícil realizar de manera conjunta la elaboración de las especificaciones. Una posible solución a esto, sería la intervención de especialistas en producción y compras en la etapa conceptual del proyecto (ingeniería). Aportando aspectos claves, en función de su conocimiento y experiencia, en la elaboración de las especificaciones y de la ingeniería del proyecto.

En resumen, se puede citar existen cuatro factores que determinan el grado de calidad de los materiales requeridos:

1. elaboración de especificaciones adecuadas y completas, indicando los requisitos de calidad;
2. real entendimiento de los requisitos de calidad por los proveedores;
3. selección de proveedores con capacidades técnicas y productivas, que puedan cumplir con las especificaciones de calidad y costo;
4. monitorización y control de desempeño de los proveedores en el cumplimiento de los requisitos de calidad.

#### 4.2.2 Proveedores

Los proveedores en el sector de la construcción son muy heterogéneos, además, muchas veces estos proveedores no son los productores propiamente dichos sino agentes intermediarios o distribuidores de los mismos.

Estas características propias del sector, en cuanto a los proveedores, terminan por influenciar sus formas de comercialización, entrega, recepción, almacenaje y atención al cliente. Por tanto, se torna indispensable tomar en cuenta estas características para conseguir que estos agentes trabajen como una unidad y con el objetivo de satisfacer las necesidades de la obra.

Julio Anaya [4], señala que la calificación de los proveedores será normalmente progresiva, por pasos sucesivos, de tal modo que en cada paso se profundice cada vez más, pero con menos proveedores, utilizando criterios de conveniencia comercial y política de empresa, de tal forma, que al final se tenga una selección reducida de posibles proveedores sobre los cuales se hará un estudio de valoración y calificación para establecer la selección definitiva.

El sistema de evaluación de los proveedores se realizará teniendo en consideración fundamentalmente a tres parámetros cuantificables: calidad de los materiales, nivel de servicio y precio. No obstante, es importante evaluar otros factores menos cuantificables, como son asistencia técnica, servicio post venta, etc. Para ello se recomienda, efectuar visitas y evaluar la capacidad tecnológica, económica y comercial de los proveedores.

Al respecto, Julio Anaya [4], cita los factores claves a ser alcanzados por la logística de suministro de materiales a través de una buena selección de proveedores: calidad del producto, fiabilidad de las entregas, plazos de entrega, continuidad, flexibilidad, nivel tecnológico, capacidad de reacción y precios.

En general, se puede adoptar un sistema de evaluación basado en el método ponderado, a través del establecimiento de un conjunto de parámetros de evaluación asociándolos

determinado grado de importancia a cada uno. Los factores de ponderación dependen del criterio de la empresa. Un modelo de la fórmula de evaluación de proveedores se describe en el cuadro 4.2:

El puntaje asignado a un determinado parámetro dependerá de la oferta y desempeño del proveedor evaluado. Por ejemplo, la puntuación del precio puede darse en función del precio ofrecido y el precio más bajo ofertado.

**Cuadro 4.2 Fórmula de evaluación de proveedores**

Parámetro		Puntaje	Peso
V1	Precio	v1	A
V2	Calidad	v2	B
V3	Confiabilidad de entrega	v3	C
V4	Flexibilidad en cuanto volumen de entrega	v4	D
V5	Velocidad en la entrega	v5	E
V6	Plazo de pago	v6	F

$$U = A.v1 + B.v2 + C.v3 + D.v4 + E.v5 + F.v6$$

Fuente: Elaboración propia

En la construcción, trabajar con un número limitado de proveedores debe evaluarse convenientemente, ya que podría disminuir las ventajas adquiridas debido a la competencia entre ellas. En este caso debe diferenciarse los materiales para los cuales es conveniente trabajar con un número limitado de proveedores. Para proveedores que vendan productos como materias primas y componentes, por ejemplo, donde los proveedores generalmente son distribuidores y no fabricantes, tal vez no sea conveniente restringir el número de proveedores. Para productos hechos sobre pedido o productos terminados utilizados en la etapa de acabados, podría resultar más ventajoso trabajar con número limitado de proveedores. En este caso generalmente los proveedores son productores.



Con aquellos proveedores con los cuales las relaciones comerciales son relativamente estables y duraderas o se sitúan bajo un contexto de contrato, el sistema de evaluación de proveedores propuesto puede resultar insuficiente. En estos casos, sería conveniente propiciar el contacto directo entre los agentes operacionales de la empresa y del proveedor, de tal modo de estrechar el enlace entre ambos a través del flujo de información relacionado a los procesos productivos. Adicionalmente, la evaluación puede pasar a involucrar aspectos más detallados que aquellos considerados por el sistema de evaluación basado en el método ponderado, en estos casos se justifica otras formas de evaluación tales como las *auditorias de calidad*, que permitirían a la empresa constructora realizar el seguimiento y la conformidad de los procesos productivos (empresa – proveedor) con respecto a los requisitos del sistema de gestión de calidad establecidos en la empresa.

Sobre esta óptica, las empresas constructoras deben transmitir los requerimientos de los clientes finales hacia sus proveedores, mediante un proceso que no solo incluya la calidad exigida del producto final, sino también de la integración de los mismos (empresa – proveedores) dentro de un sistema global que garantice la calidad. Los procesos de calificación y selección de los proveedores deben ser vistos por tanto como instrumentos que integren las necesidades de los clientes finales a la red de suministro inmediata de la empresa.

El cuadro 4.3, resume las principales actividades del proceso de adquisición de materiales.

<b>Cuadro 4.3 Principales Actividades del Proceso de Adquisición</b>	
<b>Actividades</b>	<b>Información y/o documentación relacionado</b>
1. Emisión de la orden de pedido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Identificación del material requerido.</li> <li>b. Descripción del material requerido.</li> <li>c. Cantidad requerida.</li> <li>d. Calidad Especificada.</li> <li>e. Fecha en que debe estar en la obra y lugar de entrega.</li> <li>f. Código del material.</li> <li>g. Planos y especificaciones de referencia.</li> </ul>
2. Solicitar ofertas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Especificaciones del material.</li> <li>b. Planos en los casos de productos terminados y otros elementos fabricados.</li> <li>c. Términos y condiciones de la adquisición.</li> <li>d. Instrumentos de embalaje y transporte.</li> <li>e. Programa de entregas.</li> <li>f. Requerimientos de seguros.</li> <li>g. Requerimientos especiales.</li> </ul>
3. Recepción y evaluación de las ofertas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Nombre y prestigio del oferente.</li> <li>b. Precios unitarios y periodo de validez de la oferta.</li> <li>c. Descuentos aplicables.</li> <li>d. Calidad de embalaje y costos de despacho y transporte de destino.</li> <li>e. Lugares de entrega para compras en el extranjero.</li> <li>f. Condiciones de pago.</li> <li>g. Fecha prometida de despacho.</li> </ul>
4. Emisión de la orden de compra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Nombre y dirección del comprador y vendedor.</li> <li>b. Fecha y número de la orden de compra.</li> <li>c. Nombre del proyecto y lugar de entrega.</li> <li>d. Descripción y cantidades de los elementos ordenados.</li> <li>e. Precios unitarios, totales y descuentos.</li> <li>f. Observaciones: referencias a especificaciones planos, etc.</li> <li>g. Aprobación por parte del comprador.</li> <li>h. Número del pedido de materiales que origino la orden de compra.</li> <li>i. Fecha de Entrega.</li> </ul>
5. Seguimiento y tramitación de la compra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Fecha prometida de entrega.</li> <li>b. Fecha en que se necesita en el proyecto.</li> <li>c. Fechas programadas de fabricación.</li> <li>d. Cambios en las fechas programadas de fabricación y del programa de ejecución del proyecto.</li> <li>e. Información de ingeniería del proyecto.</li> <li>f. Planos certificados en caso necesario.</li> </ul>
6. Embalaje carga y transporte.	Los materiales deben ser embalados convenientemente, cargados en el medio de transporte elegido y trasladados a la obra.
7. Recepción en obra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Fecha de recepción.</li> <li>b. Proveedor.</li> <li>c. Número de nota de recepción.</li> <li>d. Número de la orden de compra.</li> <li>e. Número de la orden de pedido de materiales.</li> <li>f. Número de la guía de despacho.</li> <li>g. Lugar de recepción.</li> <li>h. Identificación del receptor.</li> <li>i. Observaciones.</li> </ul>

Fuente: Serpell, 1993

### 4.3 Inventarios de materiales

Los inventarios de materiales son un factor de seguridad ante problemas en el abastecimiento de materiales y ante demoras e interrupciones en la producción de ciertos materiales en obra o fuera de ellas. Estos inventarios generan costos adicionales al costo del proceso de adquisición y están asociados principalmente con los costos de manutención del inventario y a la no-disponibilidad del material. Algunos componentes de estos costos son: costos de capital, costos de almacenamiento, depreciaciones, seguros, impuestos, pérdidas de productividad de la mano de obra y equipos, interrupción de los trabajos, adquisición de materiales con sobreprecio, etcétera.

Frente a estos costos (pérdidas) que ocasionan los inventarios de materiales en algunas cadenas productivas, el sistema Justo a Tiempo (JIT), el cual se aplicó en una empresa automovilística en Japón, produjo enormes reducciones en el valor de sus inventarios.

El JIT se basa en el principio de que ninguna actividad debe acontecer en un sistema sin que haya necesidad de ella. De esta forma, ningún material o producto en proceso debe llegar al lugar de procesamiento o montaje sin que sea necesario para aquel momento. Es decir, la demanda (del cliente final) es quien debe “jalar” toda la cadena de producción logística.

El sistema JIT tiene como objetivo final la mejora continua del proceso productivo, a través de la reducción de inventarios intermedios y finales, partiendo del principio de que estas, en verdad, sirven para camuflar las ineficiencias y problemas en el proceso productivo [33].

Al analizar el caso de construcción civil, se observa que los inventarios de materiales en obra o actividades precedentes ya concluidas (asemejados a la formación de inventarios intermedios en la industria) existen para evitar las discontinuidades de producción, que pueden ser provocados por diversos factores tales como:

- impuntualidad en la entrega de los materiales y/o componentes;
- incapacidad de los proveedores en hacer entregas en lotes pequeños;

- incapacidad en prever con exactitud los plazos de ejecución de las actividades;
- problemas de dimensionamiento de los equipos de producción y de dominio de índices de productividad;
- falta de conocimiento de los índices de pérdidas de materiales y componentes;
- falta de planeamiento de la producción, lo que conlleva a la anticipación de servicios que podrían ser ejecutados en un momento posterior.

La reducción de inventarios, haría surgir estos problemas e incertidumbres que tendrían que ser eliminados mediante acciones correctivas. El alto volumen de inventarios de materiales y actividades precedentes concluidas puede ser considerado como un indicador de desperdicios. Por consiguiente, una empresa no se torna competitiva si no reconocen que los inventarios no incrementan valor al producto y no se procura eliminarlos.

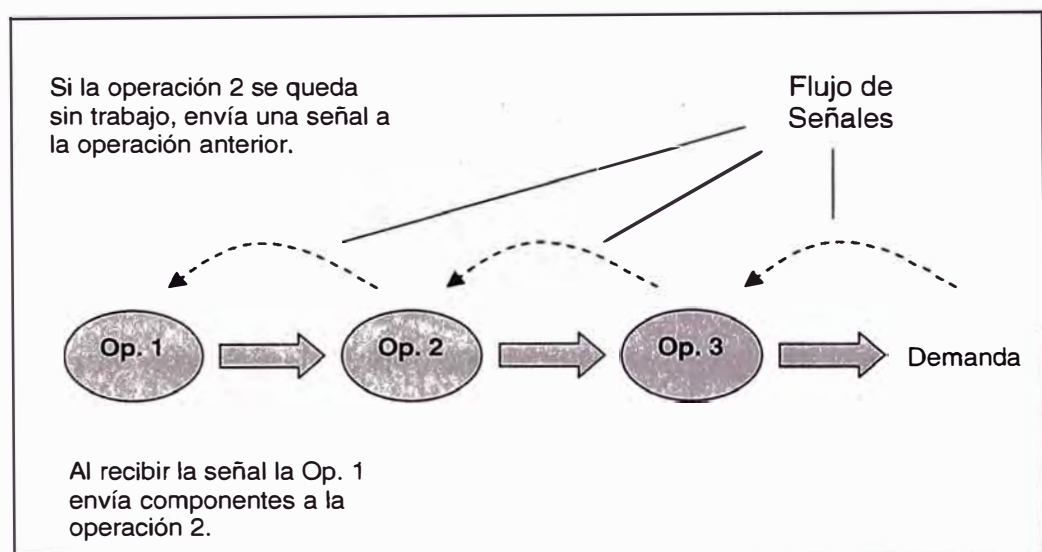
El sistema JIT aparta a los directivos de las tomas de decisiones tácticas y los orienta hacia áreas más estratégicas, como organizar el flujo de productos, disminuir los niveles de pérdidas, reducir el tiempo de los procesos de conversión, etcétera. El sistema se basa fundamentalmente en las siguientes acciones:

- Identificar los problemas y resolverlos directamente.
- Eliminación de todo aquello que no añada valor al producto desde el punto de vista del cliente, mediante una lucha continua para aumentar gradualmente la eficiencia de la organización, el cual exige la colaboración de la mayoría de los miembros de la empresa.
- Búsqueda de la simplicidad a través de los flujos de producción, es decir, tratar de conseguir un flujo simple de material en una fábrica mediante la agrupación de los productos en familias, utilizando las ideas que hay detrás de la tecnología de grupos y reorganizando los procesos, de modo que cada familia de productos se fabrique en una línea de flujo.
- Control a través del sistema de arrastre KANBAN (tarjeta), que es aquella que cuando se finaliza el trabajo de la última operación, se envía una señal a la operación anterior para comunicarle que debe producir más artículos. Cuando

este proceso se queda sin trabajo, a su vez, envía la señal a su predecesor, etc. (Fig. 4.7).

De esta forma se arrastra el trabajo a través del sistema productivo y se evita la formación de inventarios intermedios (producción pull). Si no se saca trabajo de la operación final no se envían señales a las operaciones precedentes, que, por tanto, no trabajan.

**Fig. 4.7 Sistema de señalización Kanban**



Fuente: Anaya, 2000

Las ventajas que se han obtenido en la industria manufacturera al ser aplicado este sistema han sido:

- Reducción de la cantidad de productos en curso.
- Reducción de los niveles de existencias.
- Reducción de los plazos de fabricación.
- Reducción gradual de la cantidad de productos en curso.
- Identificación de las zonas que crean cuellos de botella.
- Identificación de los problemas de calidad.
- Gestión más simple.

Partiendo de la experiencia en estos sectores industriales, se puede acreditar que la aplicación de las prácticas gerenciales del JIT en construcción civil, puede dar una gran contribución a la mejora de la eficiencia de la logística del sector. Tal postura posibilita una significativa contribución a la reducción de costos logísticos y, consecuentemente, a la reducción de los costos del sistema productivo.

Es común observar en obras de construcción en el sector, síntomas comunes que surgen en virtud de una mala administración de inventarios de materiales en la gestión logística. Estos síntomas generalmente son:

- alto volumen de inventario de materiales en obra,
- pérdidas excesivas,
- hurtos,
- falta de materiales,
- fallas en la entrega de materiales,
- cantidad de materiales devueltos,
- cúmulos, materiales abarrotados,
- daños a los servicios ya ejecutados.

No obstante, algunas empresas constructoras del sector han introducido dentro de su sistema productivo los conceptos del Lean Construcción, el cual como ya se indicó tiene como base los principios del JIT. Estas incorporaciones, que fundamentalmente utiliza los flujos lineales de pequeños lotes de producción formando una cadena de producción rítmica continua, permitieron una mejora substancial del desempeño global del sistema productivo.

Dichas empresas introdujeron el concepto de lote (unidad de producción) que permite migrar desde el entendimiento de la construcción como un conjunto de flujos intermitentes (tipo talleres de trabajo) hacia su concepción como un conjunto de flujos lineales en el que existen tareas que se acoplan íntimamente y deben balancearse para que ninguna retrase a la siguiente, logrando así una producción continua.

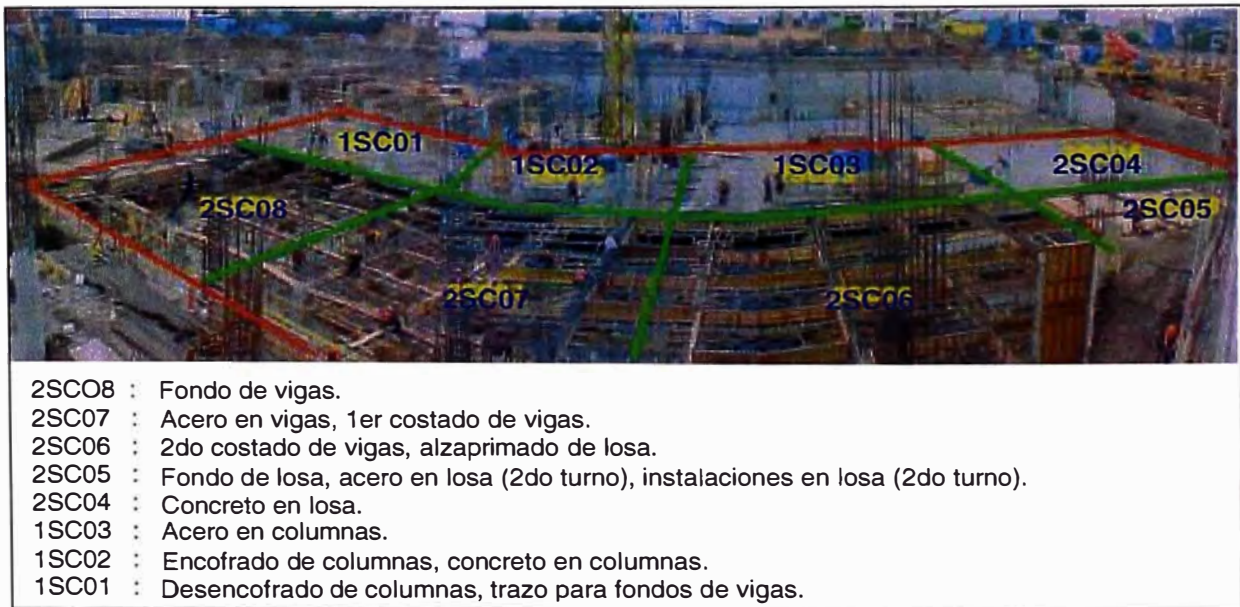


Esta metodología de lotes de producción recomienda que toda actividad o tarea deba durar máximo una jornada de trabajo. Este criterio resulta ser muy práctico y permite un adecuado control del trabajo que cada cuadrilla debe completar diariamente. Además permite una retroalimentación de la información oportuna, establecer medidas correctivas efectivas y finalmente permite disponer de un mecanismo repetitivo, lo cual es fundamental para fines de controlar los riesgos de la construcción. Finalmente es la clave para implementar esquemas de mejoramiento continuo de la mano con un control estadístico adecuado [25].

Algunas obras han sido construidos utilizando esta metodología de programación por lotes de producción basados en el sistema JIT son:

- Ampliación del Centro Comercial Primavera Park & Plaza. Ripley Limatambo. (COSAPI S.A.)
- Centro de Negocios CENTRUM – Pontificia Universidad Católica del Perú. (G y M S.A.)

**Fig. 4.8 Registro fotográfico del sistema de planificación por lotes de producción (Ampliación del Centro Comercial Primavera Park & Plaza. Ripley)**



Fuente: Constructivo, Feb. 2004

En la figura 4.8 muestra los lotes de producción del proyecto Ampliación del Centro Comercial Primavera Park & Plaza. Ripley Limatambo.

Las empresas que ejecutaron dichas obras señalaron las siguientes ventajas que obtuvieron utilizando este sistema de producción basado en flujos y lotes de producción [25, 30, 62]:

- Mejora la productividad en virtud que a una determinada cuadrilla se le asigna ejecutar una actividad permanente, haciéndola especialista en su labor, lo que eleva los rendimientos y asegura la calidad en la ejecución de las actividades.
- Se facilita la evaluación de los rendimientos de la mano de obra de las diferentes cuadrillas al verificar la ejecución de los trabajos diarios programados para cada cuadrilla.
- La uniformidad de los entregables y actividades en proceso del proyecto permite prever los materiales con suficiente anticipación y regularidad en las entregas de los proveedores, lo que determina la reducción de inventarios y los costos asociados a ellos y menores costos de organización.
- Esta uniformidad de las actividades en proceso origina que la demanda de materiales sea constante, facilitando la adquisición, el control y la reducción de las pérdidas de los materiales.
- Para los jefes de grupo y operarios es más fácil comprender la programación y las labores que tienen que realizar diariamente.
- Permite visualizar mejor el avance de obra.
- Al realizar las actividades en un flujo secuencial continuo, se eliminan las holguras dando como resultado la reducción del plazo.

En un estudio realizado por Greg Howell [34], observó la necesidad de conservar inventario en obra para reducir el perjuicio de los efectos de la incertidumbre en la producción, así mismo, percibió que el desempeño del sistema productivo mejoraba cuando se mantenía una reserva de inventario de recursos en obra. Además constató que el desempeño de las operaciones en construcción mejoraba, cuando los pasos en las operaciones eran separadas mediante el uso de reservas de recursos redundantes que participaban en las operaciones para reducir las variaciones en los flujos y permitir que el trabajo prosiga sin la interacción de las operaciones. No obstante, este enfoque basado principalmente en proteger y reducir los costos de producción, no consideró los

costos logísticos asociados al manejo de la reserva de inventario de recursos redundantes.

Por otra parte, Wegelius – Lehtonen [65] realizó una investigación en Finlandia, enfocando su atención básicamente al costo logístico en la cadena de suministro. Wegelius – Lehtonen, estudió cinco proyectos de construcción analizando los costos logísticos siguiendo la metodología de producción Just in Time (eliminación de inventarios), concluyendo su investigación en cinco recomendaciones para la gerencia de los materiales en la cadena de suministro:

1. Planificar órdenes de entregas de materiales de 1 a 2 semanas antes que se requiera en obra.
2. Ordenar entregas de materiales en la obra justo cuando es requerido por la producción.
3. Dividir las adquisiciones en pequeñas entregas de materiales y planificar las fechas y cantidades exactas de entrega.
4. No ordenar materiales extra.
5. Trasladar los materiales directamente a los lugares de instalación.

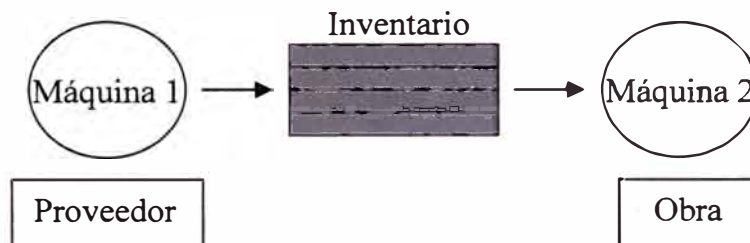
Sin embargo, no está claro en la investigación de Wegelius – Lehtonen, bajo que condiciones sus recomendaciones son aplicables, en este caso la preocupación se centró en reducir los costos logísticos relacionado con la reducción de inventarios.

Con el objeto de contribuir al entendimiento de la cadena de suministro de la construcción desde una perspectiva integrada que permita alcanzar una optimización global antes que una optimización local (considerando los costos logísticos y de producción), William O'Brien [48] realizó un estudio en un proyecto de condominio de viviendas edificado en madera con una área aproximada de 3,100 m<sup>2</sup> ubicado en Noruega. El proyecto se planificó utilizando el sistema de unidades de producción (lotes de producción); este sistema dividió el proyecto en varias pequeñas unidades de producción, cada uno de los cuales fue parte de una vivienda o un bloque de viviendas. El objeto de la planificación fue que las entregas de materiales se realizaran en obra en

el lugar que se requería, la cantidad que se requería, justo cuando se requería; con el propósito de reducir los costos de inventario, costos de producción y las pérdidas de materiales, originalmente inspirado por el sistema de entrega JIT. El proyecto también consideró una anticipación en las órdenes de entregas de tres semanas antes que estos sean requeridos en obra.

Para realizar su análisis, William O'Brien [48] representó la obra y a los proveedores como un sistema de dos máquinas con una reserva de inventario, tal como se muestra en la figura 4.9. El proveedor (máquina 1) produce materiales los cuales son conservados en inventarios antes que estos sean requeridos en obra (máquina 2), está claro que la presencia de estos inventarios entre el proveedor y la obra son necesarios para no parar la producción en condiciones de incertidumbre o variabilidad en la producción, en contraste al sistema de producción JIT, estimulado en mantener un inventario cero.

**Fig. 4.9 La reserva de inventario en la relación Obra – Proveedor**



Fuente: O'Brien, 1995

Los resultados según el autor de la investigación, en general, fueron alentadores. Los beneficios alcanzados por el contratista principal cubrieron las expectativas que se generaron antes de iniciar el proyecto y fueron similares a los obtenidos por las empresas constructoras del sector que utilizaron dicho sistema de producción. Si bien dos de sus principales proveedores reconocieron los beneficios y ventajas del sistema, hubo un tercer proveedor que no se ajustó al sistema de unidades de producción propuesto en la planificación, a razón que sus costos se incrementaban con relación al sistema tradicional de entregas en volumen. Por ello, O'Brien [48] desarrolló cuatro tipos de proveedores con el objeto de orientar a la administración en la relación

comercial con sus proveedores, y su influencia en la optimización de la cadena logística desde una perspectiva integral:

Proveedor, clase 1: puede ser visto principalmente como almacenes de inventario los cuales suministran a la obra. El sistema logístico de la producción de obra es diferente al sistema logístico del proveedor, asimismo, los costos asociados a sus sistemas logísticos son diferentes. Los costos logísticos del proveedor bajo el sistema de unidades de producción probablemente se incrementen debido a la mayor cantidad de entregas a realizar. En este tipo de proveedor los inventarios son grandes, separando efectivamente la producción de los proveedores de la producción de la obra. Es el caso de los proveedores de puertas y ventanas en el que las mercancías o productos los cuales son producidos y conservados en sus almacenes son enviados a las obras en grandes volúmenes. En estos casos, los costos más relevantes están relacionados con los costos de transporte, almacén, manejo de inventario y los costos de producción.

Proveedor de la clase 2: son mostrados como máquinas unidas que suministran a la obra a través de una reserva de materiales. Los costos aquí son principalmente los costos derivados de la incertidumbre en el tiempo de la producción de obra y la interacción con las restricciones de capacidad de atención por parte del proveedor. Un ejemplo de este tipo de proveedores son los elementos de concreto prefabricado, donde el trabajo extenso de la producción se realiza fuera de la obra (moldeado y curado de concreto). El riesgo debido a la incertidumbre conlleva problemas para completar el requerimiento necesitado en obra. La producción del proveedor generalmente requiere una porción extra de capacidad en periodos donde la producción de obra es relevante. El análisis de la interacción entre la obra y el proveedor es principalmente una evaluación de un periodo de reserva de inventario el cual debería ser considerado. Los costos de entrega utilizando el sistema de unidades de producción versus el sistema tradicional deben ser evaluado si es apropiado tomando estas consideraciones.



Proveedor de la clase 3: El proveedor se muestra como una máquina de gran capacidad que suministra a la obra a través de pequeñas entregas. En este caso los proveedores tienen una gran producción respecto a la demanda de la obra, los costos de preparación son bajos y el periodo de la producción del proveedor es corto comparado al periodo de anticipación de la orden de compra. Aquí los proveedores tienen la capacidad de producir y suministrar las órdenes requeridas por la producción de la obra con poco tiempo de anticipación. El proveedor relativamente no se ve afectado por la incertidumbre de la producción de la obra, puede producir anticipándose a la programación o retrasar la producción con poco efecto en los costos de producción. El inventario en este sistema puede ser reducido respecto a los costos de transporte. Esta clase de proveedores son ideales para el sistema de entrega por unidades de producción. Este es el caso, para poner un ejemplo, de las plantas de concreto premezclado.

Proveedor de la clase 4: Los proveedores son descritos como una máquina que suministra dos obras a través de dos reservas de inventario. Varias obras demandan una capacidad de producción e influyen en los costos de producción del proveedor. Los costos aquí están en función de los costos logísticos y los costos de la producción del proveedor y son fuertemente influenciados por la incertidumbre de la demanda de la obra. El sistema de unidades de producción es viable siempre en cuando se reduzca la incertidumbre de la producción de la obra; así mismo, un periodo adecuado en la anticipación de las órdenes de entrega, incrementa la eficiencia de la planta de producción y reduce las pérdidas de materiales y los costos del proveedor. Este es el caso de los proveedores de productos de madera precortada.

El cuadro 4.4 sintetiza las características de los proveedores de materiales y las condiciones para la aplicación del sistema de unidades de producción.



**Cuadro 4.4 Clasificación de Proveedores de Materiales**

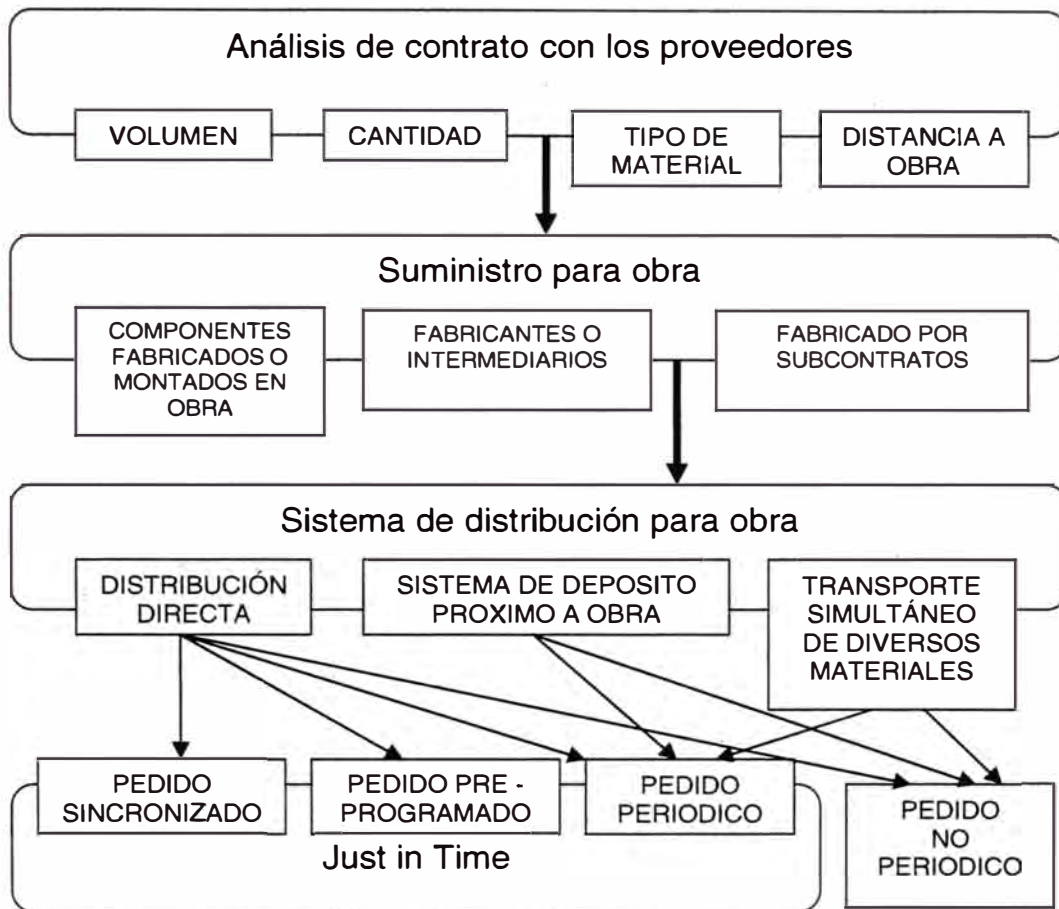
<b>Proveedor</b>	<b>Características</b>	<b>Condiciones para la aplicación del sistema de unidades de producción</b>
Clase 1	Almacenes de inventario los cuales suministran a la obra.	El proveedor no se adapta al sistema de unidades de producción debido a sus costos asociados a su sistema logístico. Las entregas que realiza son en volumen.
Clase 2	Planta de producción de mediana capacidad que suministra a la obra a través de una reserva de inventario.	Reducir la incertidumbre de la producción de la obra; fortalecer el flujo de información entre el contratista y el proveedor; establecer un periodo de anticipación en las órdenes de entregas, antes que sean requeridos en obra.
Clase 3	Planta de producción de gran capacidad que suministra a la obra a través de pequeñas entregas	Son ideales para el sistema de entrega por unidades de producción. Los proveedores tienen la capacidad de producir y suministrar las órdenes requeridas por la producción de la obra con poco tiempo de anticipación.
Clase 4	Planta de producción que suministra a varios proyectos a través de reservas de inventario.	Reducir la incertidumbre de la producción de la obra; fortalecer el flujo de información entre el contratista y el proveedor; establecer un periodo de anticipación en las órdenes de entregas, antes que sean requeridos en obra.

Fuente: O'Brien, 1995

En resumen, se recalca el hecho que la reducción de la incertidumbre de la producción de la obra y la anticipación de la administración para prever los materiales requeridos, bajo el sistema de planificación por unidades o lotes de producción, es beneficioso no solo para el sistema productivo propio de la obra, sino además permite mejorar la eficiencia y reducir los costos de los proveedores en la cadena logística de materiales, en algunos casos con mayor grado que otros. Sin embargo, los agentes que participaron en la investigación realizaron algunas recomendaciones para mejorar el desempeño del sistema de planificación por unidades de producción. Estas recomendaciones están relacionadas con el incremento del control de la producción del proyecto y una mayor integración en el sistema de información entre el contratista y los proveedores.

En función de estas experiencias, para una mejor implementación del sistema JIT en la gestión logística de materiales en empresas constructoras, se debe analizar para cada tipo de material, las especificaciones de contrato con los proveedores, la forma de suministro para cada obra, o sistema de distribución a ser adoptado y la periodicidad de entrega de los materiales (Fig. 4.10).

**Fig. 4.10 Aplicación del JIT en la adquisición de materiales en construcción civil**



Fuente: Borges, 2000

Con la reducción de inventarios en obras y la dinamización del flujo físico de los materiales y consecuentemente la mejora de la eficiencia logística, proporcionados por la implantación de sistemas JIT en obras, pasa a existir un potencial para la reducción de los ciclos de producción. Por ello, algunas transformaciones en aspectos claves en el proceso de gestión de las empresas y de las obras deben ocurrir, tales como [18]:

- disciplina en planeamiento y programación de las necesidades de materiales;
- alto grado de unión en términos de planeamiento y comunicación entre las partes de la cadena de suministro de materiales;
- reducción del número de proveedores;
- planificación operativa de los movimientos de vehículos e instalaciones físicas para facilitar la carga y descarga de las pequeñas cantidades a ser remitidas;

- educación y entrenamiento de los profesionales y operarios para trabajar sobre estos principios.

No siempre, sin embargo, es viable en primera instancia la adopción de tales sistemas, como cuando ocurren los siguientes casos:

- dificultad en mantener la productividad estable;
- obras localizadas distantes de los centros de abastecimiento y con espacio suficiente para almacenar los materiales; en este caso es probable que sea más ventajoso económicamente el mantenimiento de niveles elevados de inventarios respecto al costo de transporte;
- materiales pedidos no periódicamente, en grandes lotes o lotes únicos, debido a los factores tales como dificultad como el transporte.

Aún tomando estas consideraciones, tales actividades no invalidan los principios del JIT como metas estratégicas para las compañías que buscan alcanzar mayor racionalización en la producción.

#### **4.3.1 Sistema de clasificación ABC**

Se propone utilizar esta herramienta como un medio de clasificar los materiales según el grado de incidencia en cuanto sus costos, es una aplicación de la *Regla de Pareto*, denominación en honor a su precursor italiano Alfredo Pareto. Esta herramienta permitirá clasificar los materiales de acuerdo a su “valor”, de manera de aplicar un esfuerzo de administración y control consecuente con este ordenamiento.

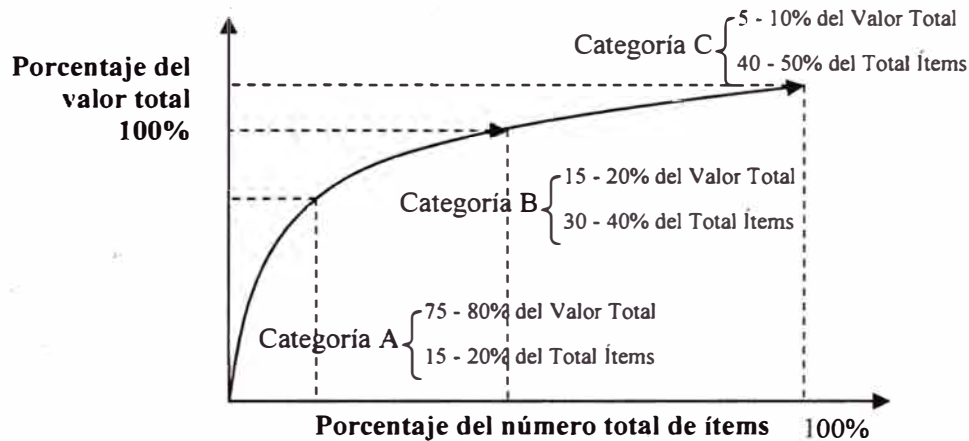
En general, para cualquier inventario de un grupo de materiales distintos, un pequeño número de insumos contabiliza la mayor parte del valor total de los materiales. El sistema “ABC”, permite clasificar los materiales en las siguientes categorías [59]:

- 1. Categoría A:** materiales de alto valor, que corresponden a un 75-80% del valor total del inventario, y que son entre un 15-20% del total de ítems.

**2. Categoría B:** aquellos materiales de valor medio, que equivalen a un 15-20% del valor total y a un 30-40% de todos los ítems.

**3. Categoría C:** los materiales de menor valor: 5-10% del total y que son la mayor cantidad de ítem: 40-50% del total.

**Fig. 4.11 Clasificación de Materiales ABC**



Fuente: Serpell, 1993

La subdivisión en las categorías A, B o C, se hace en forma totalmente arbitraria. La curva que representa esta distribución se muestra en la figura 4.11, en la que se indican los sectores correspondientes a cada tipo de categoría. El valor de los materiales se expresa normalmente en unidades monetarias de acuerdo a su precio de adquisición o al costo total producto de todos los costos asociados a un inventario, incluyendo el costo de no tener el material, cuando se necesita.

De acuerdo a la clasificación obtenida del análisis ABC, se deberán considerar ciertos aspectos con relación a cada categoría de materiales. En el cuadro 4.5 se indican tales aspectos a tener en consideración según las categorías de los materiales.

**Cuadro 4.5 Aspectos a considerar según la clasificación de materiales ABC**

	<b>Categoría A</b>	<b>Categoría B</b>	<b>Categoría C</b>
<b>Grado de control</b>	Control más preciso posible, registros completos y exactos. Revisiones periódicas por la administración superior.	Control normal, con buenos registros y atención periódica.	Control más simple, posibles grandes cantidades en los inventarios, con grandes pedidos, registros mínimos.
<b>Prioridad</b>	Alta prioridad, para reducir la anticipación de los pedidos y la cantidad en inventarios.	Procesamiento normal, con alta prioridad solo cuando sean críticos.	La prioridad más baja.
<b>Procedimientos de pedido</b>	Procedimientos, con una determinación precisa de las cantidades óptimas y con revisiones frecuentes.	Buen análisis de las cantidades óptimas, revisiones periódicas o cuando ocurra un cambio importante.	No se calculan cantidades óptimas, se ordena en grandes cantidades o el total de una sola vez.

Fuente: Serpell, 1993

En lo que concierne a la construcción y la inversión en la adquisición de los materiales que componen un proyecto, es conveniente invertir mayor cantidad de tiempo y esfuerzo administrativo en los materiales de categorías A y B que en los materiales de categoría C. Puesto que tener las existencias necesarias de materiales justo en el momento requerido por el programa de producción del proyecto en construcción se considera igualmente importante para todas las categorías, por lo general es bastante común mantener la cantidad suficiente de materiales de categoría C para ofrecer un nivel de servicio adecuado, creando un mínimo de costos de tramitación en su adquisición. Los materiales de categoría A son, en particular, críticos en términos de inversión monetaria y por tanto, salvo que se tomen en cuenta otras consideraciones, se mantendrán normalmente pequeñas cantidades en inventario, haciendo pedidos con revisiones frecuentes, escrutando el programa de producción y utilizando las herramientas de planificación descritas inicialmente (planificación maestra, lookahead schedule). Los materiales con categoría B se encuentran en un lugar intermedio entre los materiales de categoría A y categoría C, los pedidos se realizan de manera similar al de los materiales de categoría A, pero con revisiones

menos frecuentes.

#### 4.4 Almacenamiento de los Materiales

Los materiales que llegan a una obra deben ser correctamente almacenados y protegidos para evitar los daños, pérdidas y robos que se puedan producir. Es bastante normal que en una obra, debido a las causas mencionadas, se produzcan pérdidas de materiales que alcanzan de un 10% a 20% del total de los materiales adquiridos. Estas pérdidas de los materiales en obra serán descritas con mayor profundidad en el capítulo 7, relativo a la productividad.

En general, se usan tres tipos de almacenamiento en obra [59]:

1. Áreas de almacenamiento temporal: Son áreas donde los materiales e insumos se almacenan cerca del área de trabajo y por cortos períodos de tiempo. La principal consideración en este caso es minimizar las distancias y el tiempo ocupado en el traslado de materiales por los operarios. Con una buena planificación inicial, los materiales requeridos por una unidad de producción, pueden ser almacenados alrededor de ésta tan pronto lleguen a la obra.
2. Áreas de acopio de materiales: Son instalaciones o áreas reservadas para almacenamiento externo, de materiales de grandes dimensiones y materiales en masa, que no son mayormente afectados por las condiciones ambientales
3. Bodegas, se pueden producir dos posibilidades: a) bodegas para dar un servicio a los requerimientos del programa de construcción y; b) bodegas que deben proveer ciertas condiciones ambientales a ciertos tipos de materiales.

Además de estas formas de almacenamiento, existen otras instalaciones que también cumplen esta tarea en forma parcial, como son los talleres de fabricación de materiales tales como: taller de habilitación de refuerzo, taller de habilitación de encofrado, taller de prefabricados, etc.

Una vez determinados los materiales según su tipo y las formas de almacenamiento a usar, el siguiente paso es determinar la cantidad de materiales que deberá almacenarse,



con lo cual es posible determinar el tamaño requerido para las instalaciones. Es importante que estas instalaciones respondan a las demandas de calidad, los cuales deben otorgar durabilidad y funcionalidad basadas en factores como: duración del proyecto, clima, protecciones requeridas contra el fuego, disponibilidad del material, reutilización de la instalación, protección de los materiales, etc.

En general, la cantidad de materiales se obtiene a partir del estudio de planos y especificaciones. Sin embargo, no todos los materiales se requieren en obra al mismo tiempo, por lo tanto, las cantidades estimadas deben reflejar el programa de construcción de la obra. Usando los conceptos de la teoría de control de inventarios y la técnica de clasificación de materiales ABC, es posible calcular las cantidades necesarias en el inventario para tener una ejecución de los trabajos libre de tropiezos.

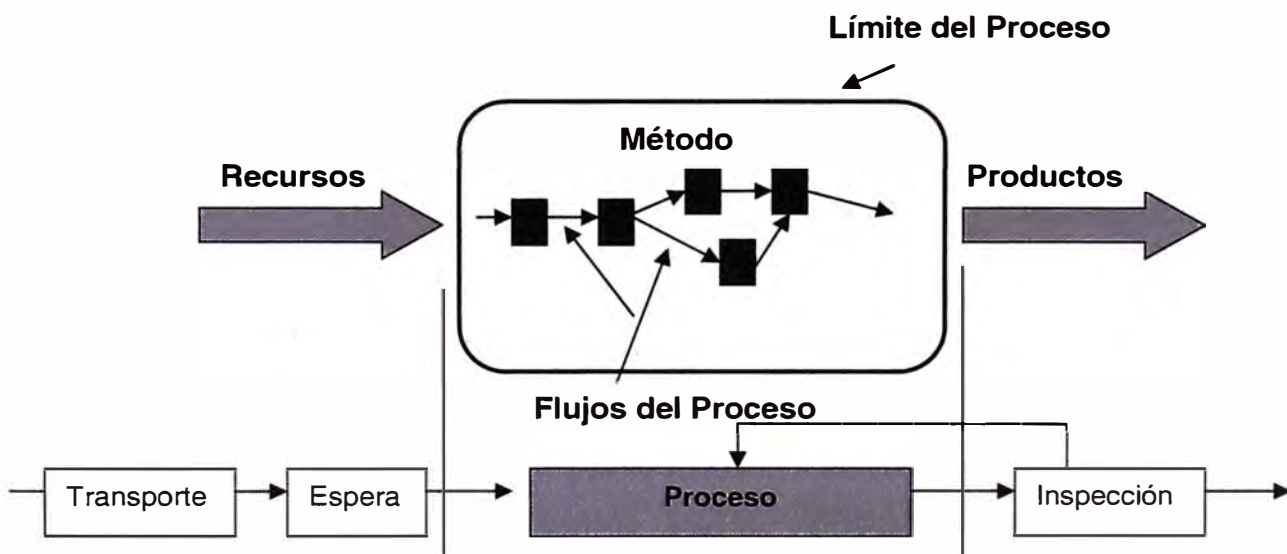
Otro elemento importante con relación al dimensionamiento y definición de los almacenes, es la ubicación de las instalaciones o áreas de almacenamiento. Muchas instalaciones o áreas de almacenamiento de materiales forman parte de un proceso productivo común, el que debe optimizarse minimizando el movimiento de los materiales entre ellas. Estos aspectos serán tratados con mayor detalle en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO 5. LOGÍSTICA INTERNA DE MATERIALES

Tal como se indicó en el acápite 4.1.3 del capítulo anterior, para poder mejorar el desempeño de las unidades de producción es necesario aislar en gran medida los procesos constructivos o también llamados procesos de conversión, de tal manera que no se vean afectados de factores externos a ellas. En otras palabras, debemos proteger las unidades de producción para que ejecuten sus labores propias de conversión sin mayores interferencias.

Los elementos que definen el proceso constructivo se grafican en la figura 5.1, los cuales han sido contrastados con el modelo del sistema productivo propuesto por Lauri Koskela [36].

**Fig. 5.1 Elementos de los Procesos**



Fuente: Serpell, 1993; Koskela, 1992a

De los elementos que conforman los procesos de conversión, el inadecuado suministro de los recursos que alimentan el proceso, originan algunos de los factores externos que afectan el desempeño de las unidades de producción. Algunos de estos factores, por ejemplo, pueden ser no contar con los materiales en el frente de trabajo, inadecuados

medios de transporte y distribución de materiales, inapropiada ubicación de las instalaciones auxiliares, etc.

La gestión logística de suministro e interna tiene por objeto controlar estos factores externos mediante el suministro de los recursos - en el caso de la investigación de materiales - de manera precisa y oportuna. En el capítulo 4 se analizó y describió las características de las actividades de logística de suministro de materiales, es decir, el suministro de los materiales de los proveedores hasta las instalaciones o almacenes de la obra. En este capítulo se analizará las actividades de suministro de materiales al interior de las obras, desde los almacenes o talleres hasta los frentes de trabajo.

La gestión de la logística interna de materiales involucra las actividades de planeamiento, organización, dirección y control de flujos físicos de materiales en el lugar de trabajo. Incluye por tanto, la solución de interferencias entre los servicios, la implantación de obra, definición de los sistemas de transporte y dispositivos de seguridad en el trabajo.

Se procura aquí discutir algunos conceptos relativos a la gestión de la logística interna, como el plan operativo de obra, el plan de obra, planificaciones auxiliares de obra y planificaciones de corto plazo, además de algunas herramientas asociadas a ellas.

### **5.1 Plan operacional de obra**

La planificación operacional de obra, tiene por objeto resolver problemas relacionado con las instalaciones auxiliares para la producción, programación y asignación de recursos, selección y mantenimiento de equipos, políticas de inventario, diseño y control de procesos de ejecución de las operaciones, métodos de trabajo y aseguramiento y control de la calidad.

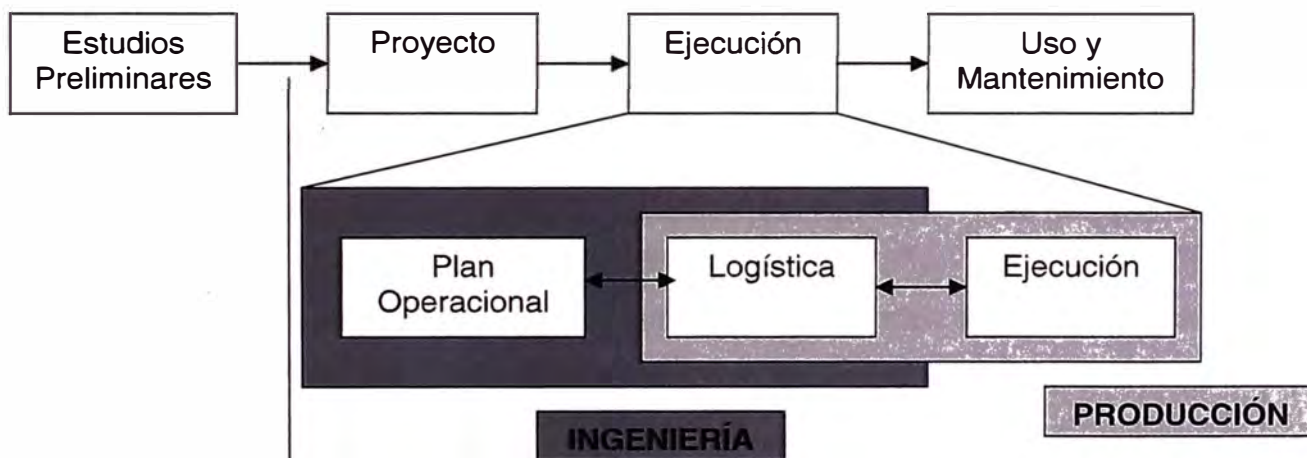
La elaboración del plan de operaciones, se realiza en una etapa en el proceso de producción que propicia la discusión entre los diversos agentes que irán a actuar en la construcción de la obra. El resultado de este periodo de reflexión es un conjunto de planos y documentos que sintetizan las decisiones tomadas.

La adopción de esta etapa para su realización se constituye en una excelente oportunidad para el planeamiento y organización de la logística, sobre todo en obra. Se evita así las decisiones unilaterales por el equipo de producción en el momento de la ejecución y procura resolver los problemas de interfase existentes.

El equipo de preparación debe formar parte: los principales subcontratistas, proveedores, ingenieros de planeamiento, maestros de obra y otros agentes importantes, trabajando sobre la coordinación, preferentemente, del ingeniero residente.

El momento de los estudios del plan operacional en el proceso de producción y su interfase con la logística está representado en la figura 5.2.

**Fig. 5.2 Estudios de preparación en el proceso de producción de edificaciones**



Fuente: Borges, 2000

En la práctica, se reconoce que existe alguna dificultad para su aplicación, sobretodo debido a la ausencia de una cultura que reserve un tiempo mínimo para la toma de decisiones colectivas antes del inicio de las obras. Esto es particularmente cierto en las obras públicas donde el tiempo de planeamiento no es remunerado y también en las obras que poseen plazos extremadamente exiguos. Lo cual demuestra que es necesaria la adopción de mecanismos contractuales que permitan la realización de estos estudios de modo remunerado.

La planificación de operaciones está orientada a la acción en el terreno y da énfasis a los procesos tecnológicos (operaciones, procesos y tareas). Tiene por objetivo lograr para cada operación se use la secuencia y el método más económico posible, de acuerdo con la planificación general del proyecto. Esto significa pensar en los detalles de una tarea, planificarla y coordinarla antes de ejecutarla, anticipando interferencias, falta de materiales, etc. No es posible realizar una adecuada planificación de las operaciones si no se tiene un conocimiento detallado de los factores y subfactores que impactan el resultado o la medida de desempeño de su ejecución, sea esta última una medida de calidad, productividad, costo o duración. De forma general, los elementos o puntos básicos que debiera contener un plan de operaciones, se describen en el cuadro 5.1.

<b>Cuadro 5.1 Esquema para la confección de un plan de operaciones</b>	
A. Descripción del alcance del plan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir el propósito y los parámetros del plan.</li> <li>• Hacer una lista del equipo y herramientas especiales que deberán ser usadas, describiendo sus aplicaciones particularidades.</li> <li>• Describir todos los procedimientos de seguridad, más allá de la práctica normal diaria, que sean requeridos por el método, equipos, materiales y herramientas.</li> <li>• Indicar y describir los materiales a ser usados, sus dimensiones, recomendaciones de almacenamiento y manejo, etc.</li> <li>• Describir la distribución de las áreas de trabajo, incluyendo dimensiones, accesos, luces, alimentación eléctrica, agua, aire, equipos elevadores, etc.</li> </ul>
B. Plan de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar los croquis necesarios.</li> <li>• Enumerar el material a ser recibido y los criterios de almacenamiento.</li> <li>• Describir, paso a paso, el procedimiento de utilización de la mano de obra, materiales, herramientas y equipos para llevar a cabo la tarea. Utilizar diagramas de flujo y otras herramientas de planificación.</li> <li>• Describir separadamente aquellas actividades que puedan ser llevadas a cabo en forma independiente.</li> </ul>
C. Inspección, ensayos y control de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enumerar pasos aplicables de inspección y ensayos.</li> <li>• Indicar fuentes de información, tablas, normas y referencias para mayores detalles sobre las técnicas, materiales y métodos.</li> </ul>

Fuente: Serpell, 1993

Para ejemplificar la idea de creación del plan de operaciones, Fred Borges [18], propone una dinámica de actividades secuenciales para el caso de una obra genérica y una empresa que trabaja como contratista, resumiendo en 11 actividades, el cual sugiere cubrir un periodo de uno a dos meses, dependiendo de la complejidad de la obra .

Algunas actividades que pueden ser desarrolladas son:

1. Constitución del equipo de preparación, coordinadores y colaboradores.
2. Comprensión y revisión de la estructura de la empresa, revisión de las especificaciones técnicas, definición de las fases de ejecución, evaluación de las condiciones del inicio de obra y pedido de conexiones con redes de servicios.
3. Elaboración de un macro planeamiento de ejecución y de un planeamiento detallado.
4. Definición de los principios de organización y de los mecanismos de intercambio de información que funcionaran durante las fases de preparación y ejecución de obra.
5. Revisión de las especialidades del proyecto e identificación de los puntos críticos, revisión de las memorias descriptivas existentes, identificación de las especificaciones no disponibles, identificación de interfase entre especialidades.
6. Síntesis de los puntos críticos de las actividades y momentos de control externos e internos.
7. Levantamiento de las interfases técnicas y organizacionales entre servicios.
8. Elaboración del *plan de obra*, ejecución de sus instalaciones.
9. Pautas para el tratamiento de las interfases técnicas y organizacionales.
10. Desarrollo de la documentación de soporte y planeamiento de ejecución.
11. Aprobación de los estudios realizados, divulgación y entrenamiento de la mano de obra.

Las personas que deben planificar a este nivel generalmente tendrán que preocuparse de pensar en detalle y en forma anticipada el trabajo a efectuar y los elementos necesarios para llevarlo a cabo.



De esta manera, estas personas que normalmente son los directivos de la obra, podrán ejecutar sus trabajos en una forma ordenada, económica y con tiempo para administrar la obra y el trabajo de construcción, sin tener que corregir en el camino un conjunto de detalles no previstos que afectan negativamente la productividad.

### 5.1.1 Plan de Obra

El plan de obra es uno de los principales instrumentos para el planeamiento y organización de la logística de obra. Es obvio, que ella afecta el tiempo de desplazamiento de los trabajadores, el costo de movimiento de los materiales, etc., por tanto, en la ejecución de las actividades y también en la productividad global de obra y de los servicios. A pesar de esto, existe poca preocupación por parte de las empresas en la elaboración de tal plan.

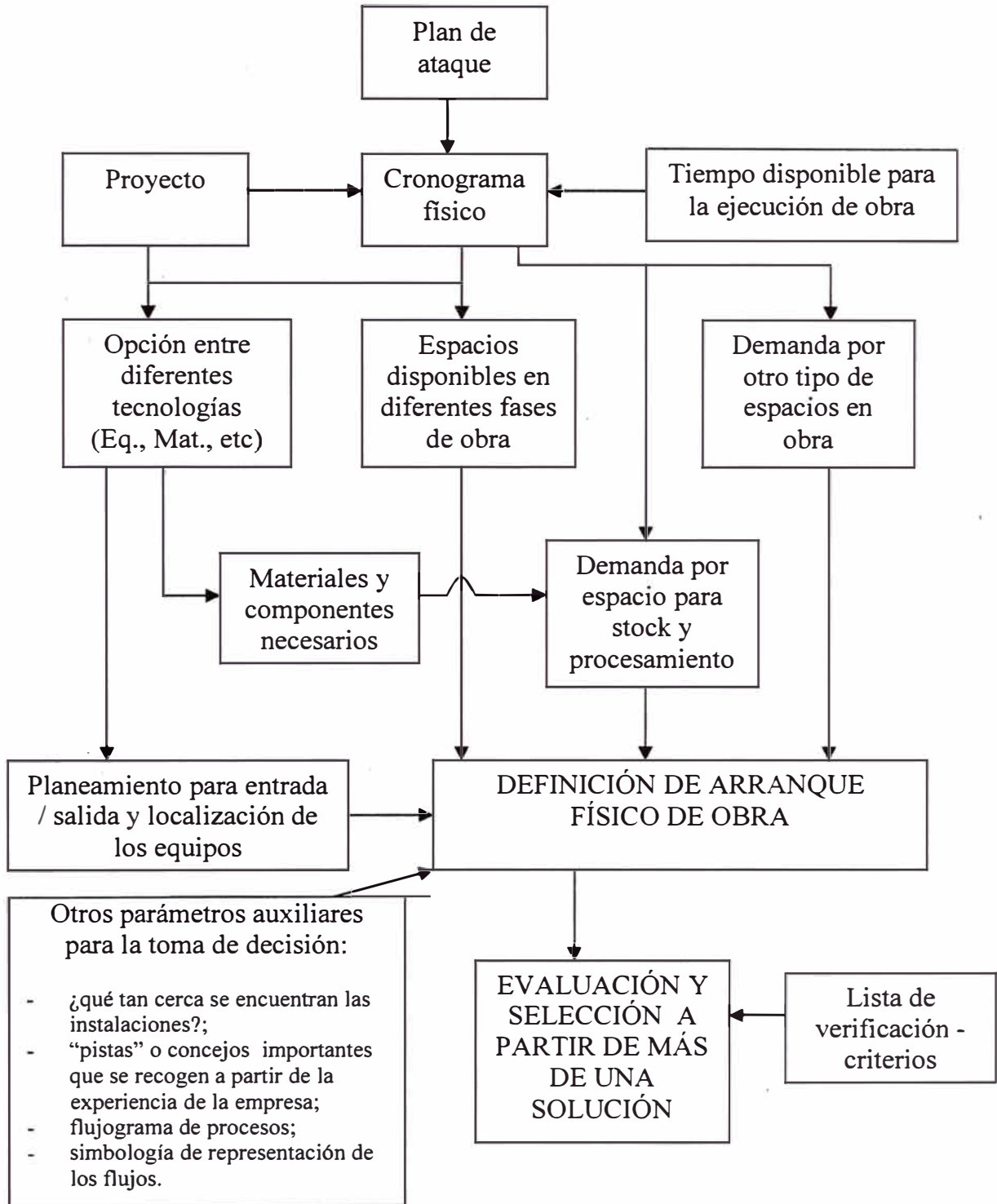
Buenos planes de obra pueden proporcionar significativas mejoras en el proceso productivo. Ellos buscan, principalmente, promover la realización de operaciones seguras y mantener una buena moral de los trabajadores, además de minimizar las distancias y el tiempo para el movimiento de personal, reducir el tiempo de movimiento de material, aumentar el tiempo productivo y evitar la obstrucción de movimiento de material y equipos.

El *plan de obra* es definido como un servicio integrante del proceso de construcción, responsable por la definición del tamaño forma y localización de las áreas de trabajo, fijas y temporales y de las vías de circulación, durante cada fase de la obra, de forma integrada y evolutiva, de acuerdo con el plan de producción y de la empresa, ofreciendo condiciones de seguridad, salud y motivación a los trabajadores y ejecución racionalizada de los servicios [18].

El plan de obra establece la secuencia de las actividades y procura resolver conflictos, modificándolos, si es necesario, los métodos constructivos, la secuencia de las actividades, etc.

Fred Borges [18], sugiere una guía para el planeamiento de obra, tomando en cuenta las influencias que ella recibe de todas las actividades de una empresa y la interactividad del proceso, donde cada modificación en su concepción genera una mejor solución para el mismo. Esta ruta está representado en el flujograma de la figura 5.3.

**Figura 5.3 Flujograma de las actividades que componen un planeamiento de obra.**



Fuente: Borges, 2000

### 5.1.2 Planificación de instalaciones auxiliares

Una vez diseñado y planificado el método y el proceso para la construcción de una obra, es necesario diseñar y planificar las instalaciones necesarias para poder llevar a cabo la construcción. No existe una teoría general que permita relacionar la multitud de factores que afectan el diseño de las instalaciones auxiliares. El desarrollo de una buena distribución de áreas es el resultado de una secuencia de decisiones sobre la ubicación de los distintos elementos, la organización y el flujo de trabajo y la capacidad de diseño de la instalación. Estas decisiones son seguidas, a su vez, por decisiones relativas a la selección y ubicación de equipos y plantas.

No es posible dar una receta o un patrón para organizar la distribución de una obra tomando solo en cuenta la experiencia de proyectos pasados. Aunque dicha experiencia ayuda, cada proyecto es único y, por lo tanto, requiere de instalaciones auxiliares diseñadas específicamente para él.

Las principales características y tipos de instalaciones auxiliares relacionados con la logística de materiales en obra son:

Instalaciones para almacenamiento de materiales. Sus diseños, dimensiones y ubicaciones deben ser según las necesidades de materiales del programa de obra y la política de inventarios analizado en el capítulo 4; asimismo, la ubicación de estas instalaciones deben ejecutarse según el planeamiento operativo de la obra.

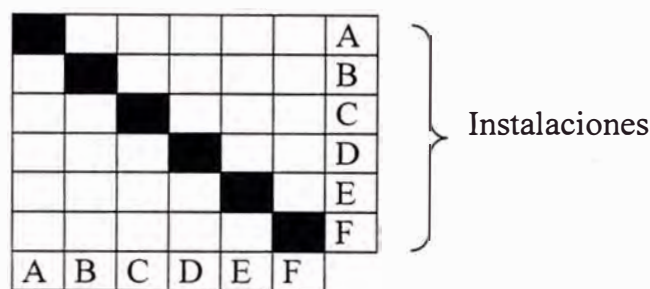
Talleres auxiliares y plantas de producción en obra. Se incluyen las plantas de producción de concreto, talleres de habilitación de encofrado, habilitación de acero, pintura etc. Uno de los factores relevantes en este sentido es el volumen de obra del proyecto. La ubicación de estas instalaciones debe facilitar la secuencia del flujo de la producción, adoptado en el plan de obra.

Camino de acceso y de circulación. Es importante evaluar su recorrido y deben reunir las condiciones necesarias. La mala elección de estos caminos de acceso y circulación pueden afectar significativamente el acarreo de materiales, y los equipos de transporte en general.

Para lograr alcanzar instalaciones con estas características, Alfredo Serpell [59] sugiere considerar las siguientes orientaciones generales:

1. Minimizar las distancias de viaje del personal, equipos y de acarreo de los materiales. Teniendo en consideración que los viajes son una de las principales fuentes de pérdidas de productividad en obras de construcción, se recomienda el uso de un registro de distancias de viaje entre distintas instalaciones de la obra. En la figura 5.4 se muestra un ejemplo para tomar registro de tiempos.

**Fig. 5.4 Registro de distancias entre instalaciones**



Fuente: Serpell, 1993

2. Reducir interferencias de tránsito en la obra.
3. Aislar las actividades contaminantes.
4. Diseñar un buen sistema de drenaje en la obra.
5. Estabilizar las áreas de tránsito pesado.
6. Evitar la reubicación de instalaciones por falta de planificación.
7. Coordinar e integrar las actividades de las instalaciones auxiliares con el plan y el programa de proyecto.
8. Estandarizar las instalaciones.
9. Planificar un manejo y control eficiente de los materiales y equipos.

La aplicación del sistema JIT en la producción en la industria en general, tiene como propósito, además de la eliminación de inventarios, la eliminación de todo tipo de despilfarro o desperdicio a través de la mejora continua del sistema productivo. En el camino para alcanzar ese propósito, el sistema JIT, identifica a las actividades de transportes y movimientos como actividades que no agregan valor al producto, y se concentra en su reducción hasta donde sea posible. Para reducir estos movimientos, el sistema propone una producción en flujo y manejo multiproceso, basándose en la idea

principal de arreglar las máquinas o talleres en la misma secuencia del flujo de los procesos de producción (y el equipo de producción) en una línea o en una célula en forma de U.

Este arreglo de máquinas basado en la secuencia del flujo de producción en el sistema JIT, cumple 5 principios básicos<sup>11</sup>: arreglo metódico, orden, limpieza, estado de limpieza y disciplina. Mediante la aplicación de estos principios sobre la base del conocimiento del método apropiado y a un buen adiestramiento, el sistema busca identificar lo que es necesario y lo que no lo es. La aplicación de estos principios al flujo de producción, principalmente del arreglo apropiado y el orden, reduce los movimientos, transportes e interferencias de materiales y otorga a la producción la transparencia necesaria de tal modo que cualquier trabajador o visitante podría distinguir fácilmente la secuencia del proceso de producción. Estos principios son uno de los primeros pasos exigidos para la implantación del sistema JIT en la producción [33].

Estos beneficios que se obtienen en manufactura mediante la aplicación de estos principios, pueden también obtenerse para el caso de la construcción, si se configura las instalaciones auxiliares cercanas a la secuencia de procesos de la producción, conservando el orden y la limpieza de las instalaciones y los caminos de acceso y circulación.

Por otra parte, de manera análoga y complementaria a los principios señalados del sistema JIT, Borges [18] cita algunos principios o recomendaciones enfocados al sistema productivo de la construcción, que permitirán escoger las mejores alternativas de transporte de materiales:

- a. El mejor transporte es el que no existe.
- b. La fuerza motora más económica es la fuerza de gravedad.
- c. La productividad del movimiento de materiales aumenta cuando las condiciones de trabajo se tornan más seguras.

<sup>11</sup> Estos principios en el sistema JIT, se resumen en 5 palabras que, en japonés, empiezan con "S", y por tanto son denominadas las 5S. Las 5S son: arreglo metódico (seiri), orden (seiton), limpieza (seiso), en estado de limpieza (seiketsu) y disciplina (shitsuke).

- d. El almacenamiento, en lo posible, debe utilizar un espacio cúbico.
- e. Utilizar el camino más directo posible.
- f. Evitar el cruce de los flujos de transporte.
- g. Prever los caminos de circulación de ida y de vuelta.
- h. Disminuir distancias entre puestos de trabajo.
- i. Entregar materiales directamente en el lugar de trabajo.
- j. Transportar preferencialmente en un contenedor, en vez de a granel.
- k. No apilar los materiales directamente sobre el suelo, dejando espacio para facilitar la descarga y la ventilación.
- l. Garantizar amplio espacio de circulación en torno al área de stock.
- m. Proteger partes de obra a lo largo del camino de circulación.
- n. Mantener la obra limpia y plana.
- o. Proteger y dar seguridad al material transportado.
- p. Reducir al máximo posible el transporte por esfuerzo humano.
- q. Usar equipos de transporte adaptables para varios tipos de materiales.

Al respecto, Glenn Ballard [10], sugiere realizar una planificación operacional de recursos (materiales) mediante un análisis preliminar de las operaciones (First Run Studies). Este análisis preliminar alcanza los procesos de manejo administrativo y los procesos de conversión.

### **5.1.3 Planificación Operacional de Recursos. First Run Studies**

La forma como el trabajo es realizado es llamado método de trabajo. Todos los trabajos (operativos y administrativos) pueden ser presentados y descritos formalmente mediante cartas de proceso (diagramas de flujo u o otras herramientas que permitan describir los procedimientos), y pueden además ser rediseñados y optimizados. Glenn Ballard [10], *hace énfasis en los procesos de manejo administrativo y recursos y considera que deberían ser los primeros en la lista en ser analizados, porque ellos soportan todos los diferentes tipos de procesos de conversión de la producción.* Los procesos de manejo de recursos, deberían ser cuidadosamente examinados incluyendo: distribución y aprovisionamiento de materiales de construcción, los procedimientos de compras y



requisiciones, entregas de materiales, evaluar la utilización de la mano de obra en el procedimiento, etc.

Por consiguiente, es posible lograr reducciones de tiempo y costo de las operaciones o mejorar su seguridad [10], simplemente utilizando estas eficaces herramientas de descripción de procedimientos, que pueden ser fácilmente transmitidas a capataces, maestros e ingenieros. También es cierto, que tal entrenamiento no ocurre frecuentemente.

### 5.1.3.1 Diagrama de Flujos






Esta herramienta permite analizar las mejores alternativas para el movimiento de materiales y la localización de las instalaciones auxiliares de obra.

El diagrama de flujo de procesos es una herramienta que permite un mejor entendimiento de las diversas etapas del proceso estudiado a través del cual puede ser relacionado de manera secuencial o paralela las diversas actividades que la componen. En ella deben ser representadas las actividades de inspección, almacén, procesamiento, transporte y espera de materiales. La simbología utilizada en los diagramas de flujos está representada en el cuadro 5.2.

La OIT [51], cita una serie de herramientas relacionado con el estudio de movimientos, los cuales utilizan la misma simbología señalada en el cuadro 5.2, pero cada una tiene un propósito particular de investigación. No es el propósito describir cada una de estas herramientas, se cita con el objeto de mencionar su existencia y su utilidad en el análisis de movimientos de los materiales al interior de las obras. En la construcción, varias de estas herramientas son factibles de ser usadas, no obstante el diagrama de flujos es el que mejor representa los movimientos al interior de las obras.

Independientemente del empleo de una herramienta en particular, el éxito del estudio de movimiento depende del grado de exactitud con que se registren los hechos, puesto que servirán de base para hacer el examen crítico y para idear el método perfeccionado.

**Cuadro 5.2 Símbolos usados en diagramas de flujos**

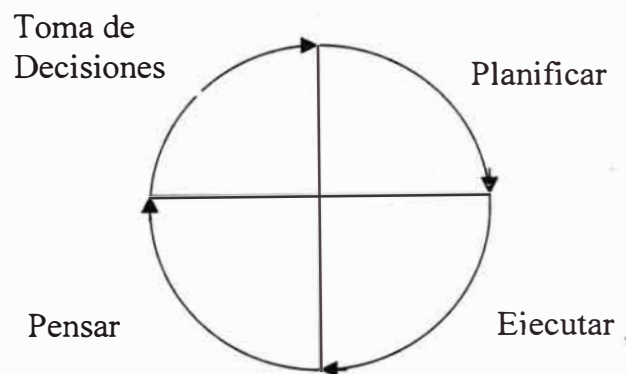
Actividad	Símbolo	Interpretación
Operación		Un paso definido en un proceso, método o procedimiento.
Transporte		Cualquier movimiento de obreros materiales o equipo. Por ejemplo: acarreo de ladrillos, transporte de refuerzo habilitado, etc.
Almacenamiento		Almacenamiento planificado y autorizado, que es controlado.
Demora		Una demora no prevista, generalmente temporal, producto de una secuencia poco apropiada, o de la descoordinación entre los pasos de la operación. Por ejemplo: materiales en espera de procesamiento, obreros en espera de materiales y/o herramientas, etc.
Inspección		Control de la calidad o verificación de cantidades, medidas, peso, etc.

Fuente: Serpell, 1993

Una vez ideado la metodología del movimiento de materiales y la localización de las instalaciones de obra, es necesario examinar dicha secuencia con un espíritu crítico, a través de la técnica del interrogatorio, que consiste en someter cada actividad de la metodología en una serie sistemática y progresiva de preguntas. Por ejemplo, algunas de las preguntas a realizar serían: ¿qué se hace en realidad?, ¿por qué hay que hacerlo?, ¿qué otra cosa podría hacerse?, ¿donde se hace?, ¿por qué se hace allí?, ¿en qué otro lugar podría hacerse?, ¿cuándo se hace?, ¿por qué se hace en ese momento?, ¿quién lo hace?, ¿por qué lo hace esa persona?, ¿cómo se hace?, etc. Estas preguntas describen el propósito, lugar, sucesión, persona y medios de la metodología ideada y tiene por objeto, eliminar, combinar, ordenar y simplificar las actividades del transporte y movimiento de los materiales y que finalmente serán descritas en el diagrama de flujo u otras herramientas.

La búsqueda de la mejor alternativa de los procesos de movimientos de materiales pasa por revisiones periódicas que tienen como propósito detectar probables errores e incorporar posibles mejoras. En otras palabras esta búsqueda se encuentra inmersa dentro de un proceso de mejora continua (Fig. 5.5).

**Fig. 5.5 Ciclo de Mejoramiento Continuo desarrollado por Walter Shewhart - 1930**



Fuente: Ballard, 1994 d

Planificar:

1. Seleccionar los procesos a estudiar.
2. Luego de una primera evaluación, se establece la cantidad de recursos (mano de obra, equipos, herramientas) para cada proceso.
3. Esquematizar cada paso de los procesos de trabajo.
4. Pensar (brainstrom) como eliminar, reducir o traslapar pasos en los procesos.
5. Revisar los diseños de los procesos evaluando la seguridad anticipar riesgos y especificar prevenciones.
6. Sobre la base de experiencias pasadas, hacer un listado de errores probables y especificar prevenciones.
7. Asegurar recursos óptimos en mano de obra, herramientas y equipos.

Ejecutar:

8. Intentar que las ideas se ejecuten según lo planificado.

Revisar:

9. Describir y realizar mediciones de lo que está ocurriendo: pasos; frecuencias y duraciones de los procesos; errores; omisiones y trabajo rehecho; accidentes, riesgos; uso de recursos; resultados.

Toma de decisiones:

10. Reorganizar los equipos de trabajo, revisar información del seguimiento y compartir ideas. Continuar hasta que las oportunidades de mejoramiento se hayan agotado.
11. Comunicar el método mejorado y la performance, como el método estándar a seguir o mejorar.

Esta aproximación basada en la experimentación, produce un método probado que puede ser transmitido en todas las personas involucradas en los procesos de movimiento de materiales, de tal manera que se reduce costos, errores y accidentes. Este ciclo de mejoramiento establece métodos estándares a ser alcanzados o mejorados, en proyectos actuales y en futuros proyectos.

Cuando esta herramienta sea parte de la rutina, será mucho más fácil experimentar con nuevos diseños de procesos de trabajo.

Siguiendo estas recomendaciones y teniendo en cuenta los aspectos planteados en la planificación de operaciones y de instalaciones, sumados a la experiencia adquirida a través del tiempo, es posible diseñar instalaciones auxiliares eficientes y funcionales, que aporten positivamente a la productividad de la producción.

## **5.2 Planificación de corto plazo**

Esta herramienta puede abarcar, en general, todos los tipos de planes operacionales mencionados previamente. La planificación de corto plazo es un sistema cuyo objetivo central es lograr una alta productividad y eficiencia en la ejecución del trabajo, a través de la planificación de actividades de la producción que cuenten con los recursos e

información necesarios para materializar la producción deseada para el periodo señalado.

Según la metodología de planificación de la producción descrita en el capítulo 4, se señaló que para brindarle confiabilidad a la planificación del proyecto, era necesario realizar planificaciones con un horizonte de tiempo más corto, escrutando las actividades programadas del plan maestro en una ventana de tiempo de 3 a 5 semanas, con el objeto de anticipar las gestiones para obtener los materiales y recursos necesarios cuando ellos sean requeridos por la producción, a estas planificaciones fueron denominados “lookahead schedule”, el cual fue descrito en el capítulo anterior. No obstante para alcanzar la mejora de la productividad del sistema constructivo, Glenn Ballard [7, 8, 9, 10] sugiere avanzar un paso más allá de las planificaciones lookahead, este paso adicional son las planificaciones semanales o planificaciones de compromiso, tal como lo denomina Ballard dentro de su esquema (Fig. 5.6) de mejora del performance del sistema productivo.

**Fig. 5.6 Sistema de Planificación Semanal y Control de Producción**



Fuente: Ballard, 1999

### 5.2.1 Planificaciones de compromiso

Las planificaciones de compromiso son el punto de partida dentro del esquema de implantación de la producción sin pérdidas en el sistema productivo de la construcción propuesta por Glenn Ballard y Greg Howell [7, 8, 9, 10]. Los planes de compromisos de las unidades de producción que resultan de la selección, secuencia y dimensión de las

actividades y tareas que se puede realizar analizado en el Lookahead Schedule, son a menudo realizados semanalmente.

**Fig. 5.7 Nivel de detalle de la Planificación de Compromiso**

Lookahead Schedule



Fuente: Elaboración propia

Los planes semanales de trabajo (Fig. 5.7) son efectivos cuando reúnen los siguientes requerimientos de calidad: definición; cabalidad; secuencia; tamaño; aprendizaje [13].

- 1) Definición: ¿las asignaciones son lo suficientemente específicas para reunir el tipo y la cantidad de materiales necesarios y coordinar los trabajos con subcontratistas y es posible decir al final de la semana si las asignaciones fueron completadas?
- 2) Cabalidad: ¿todas las asignaciones son cabales?, esto es: ¿todos los materiales están a la mano?, ¿los diseños están completados?, ¿los trabajos precedentes están completados? Asimismo, durante la semana de ejecución del plan, el maestro y los capataces tienen tareas adicionales que deben realizar, a fin de dejar asignaciones listas para ser ejecutadas, por ejemplo: coordinar con los



subcontratistas la realización de trabajos en la misma área, transporte de materiales a las zonas de trabajo, etc.

- 3) Secuencia: ¿las asignaciones son seleccionadas, de aquellas que se tiene la seguridad de realizar, en la secuencia correcta, considerando la constructabilidad del proyecto para unidades de producción y los compromisos con el cliente? Adicionalmente se debe identificar asignaciones de más baja prioridad, a fin de formar una reserva de trabajos que se puede realizar, esto es, disponer de trabajos de calidad, en caso las asignaciones fallen o la productividad exceda las expectativas.
- 4) Tamaño: las asignaciones deben ser del tamaño adecuado para la capacidad productiva de cada cuadrilla o equipo de trabajo, de manera que pueden ser realizados dentro del periodo planificado.
- 5) Aprendizaje: Se debe identificar las razones de incumplimiento de las asignaciones que no fueron completados durante la semana y aprender de estos errores.

Asignaciones de calidad protegen a la producción de la incertidumbre del flujo de trabajo. La falta de asignaciones de calidad expone a las unidades de producción, a esperas no productivas por demora de otras asignaciones o esperando por recursos, a múltiples detenciones e inicios y a ineficientes secuencias de construcción, resultando en trabajo rehecho. Es aún más destructivo para la productividad, la falla al compatibilizar la carga de trabajo y la capacidad disponible de las cuadrillas, al no haber identificado que el trabajo estaba en ejecución o completado.

El cuadro 5.3 representa un ejemplo de formato de planificación semanal, en el cual se indica para cada día de la semana las actividades que tienen que desarrollarse. Estas actividades programadas reúnen los requisitos de calidad: definición; cabalidad; secuencia; tamaño; aprendizaje

**Cuadro 5.3 Ejemplo de formato de Planificación Semanal**

PARTIDA	SEMANAS					
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	PC SEMANAL
Fierro colocación	Colocación de armadura elementos verticales en S1. (840 kgr.)	Colocación de armadura elementos verticales en S1. (840 kgr.)				
PC DIARIO	100%	100%				100%
Encofrado.			Encofrado de elementos verticales en S1 (80 m2)	Encofrado de elementos verticales en S1 (80 m2)		
PC DIARIO			100%	100%		100%
Concreto.					Colocación de concreto elementos verticales (10 m3)	
PC DIARIO					100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.2 Midiendo y mejorando el desempeño del proyecto

La metodología propone medir el rendimiento (performance) en dos niveles: a nivel de proyecto y a nivel del sistema de planificación.

#### A nivel de proyecto

La performance a nivel del proyecto se enfoca en la medición de resultados, comparando los actuales con los deseados, a fin de observar si se está encaminado a realizar los objetivos del proyecto. Este control orientado en resultados intenta revelar problemas, de modo que se pueda resolverlos y mantener encaminado el proyecto. Esta aproximación del control, que consiste en identificar que necesidades deben cambiar a fin de mejorar, es demasiado abstracta [9].

#### A nivel de sistema de planificación

Para determinar donde se debe intervenir, es necesario enfocar el control y las mediciones en los niveles o componentes del sistema. En el caso de los sistemas de planificación significa evaluar la compatibilidad entre lo producido (outputs) y directivas a cada nivel y entender los orígenes de las causas de incompatibilidad, por ejemplo: la compatibilidad del plan de trabajo semanal (will) y el trabajo completado (did), es medida por el porcentaje de plan completado [7]. Este procedimiento de medir

y mejorar la compatibilidad, también se puede realizar en los niveles de planificación inicial y planificación lookahead [9].

### Mejorando el porcentaje de actividades planeadas completadas (PPC)

El punto de partida para mejorar el planeamiento, consiste en medir el porcentaje de actividades planeadas completadas (PPC) identificando las razones de incumplimiento y haciendo un seguimiento desde las razones hasta las causas que las originaron, eliminándolas para prevenir errores repetitivos.

La medición del PPC permite distinguir, entre fallas originados por la calidad de los planes (errores de planeamiento) y fallas de ejecución. Comúnmente esta distinción no puede ser realizada, porque las características de calidad de los planes no son lo suficientemente explícitas y se asume que todas las fallas son fallas de ejecución. Sin embargo, los hallazgos de Howell y Ballard sugieren, que la gran mayoría de fallas son originadas en la calidad de los planes y por lo tanto, el desempeño de los sistemas de planificación, al nivel de compromisos, puede ser mejorada, mejorando los elementos involucrados en la formación de los planes, por ejemplo: educando con la nueva metodología de trabajo a las personas involucradas en los procesos productivos, mejorando la entrega y calidad de información útil para el planeamiento, acelerando o modificando directivas, etc.

Este procedimiento (PPC) pone en alerta a la administración del proyecto, que debe prestar mayor atención a la disponibilidad de materiales y a la coordinación de los trabajos, antes de seleccionar los trabajos que va a asignar, relacionando y emparejando de esta manera el flujo de información del estado de los materiales y la producción con el plan de trabajo a realizar.

El sistema de planificación de corto plazo aporta varios beneficios a las obras que lo utilizan, entre los principales beneficios se destacan los siguientes:

- Permite una adecuada planificación en un periodo corto, mejorando la comprensión de los objetivos del proyecto.

- Ayuda al cumplimiento de los objetivos planeados en forma estructurada.
- Entrega una retroalimentación de terreno oportuna, eficaz y veraz, fortaleciendo el flujo de información, lo que posibilita que las proyecciones se ajusten mejor a la realidad, mejorando la toma de decisiones.
- Disminuye la ocurrencia de problemas, detectando a tiempo las distorsiones que ocurren en la obra y acelerando el aprendizaje del personal y la organización.
- Disminuye el riesgo y la incertidumbre y aporta un manejo más efectivo de estos.
- Mejora la comunicación e integración vertical y horizontal en la organización generando una participación total de todos los estamentos directivos.
- Permite establecer prioridades consistentes con el desarrollo del proyecto.
- Optimiza la utilización del tiempo de la administración de la obra.
- Mejora el control de los costos, plazos, etc.

En estos dos últimos capítulos se han analizado las actividades del flujo de la logística de suministro, relacionada con el transporte de los materiales a las instalaciones de la obra y las actividades del flujo de la logística interna, relacionada con el transporte interno de los materiales en obra; ambos flujos comprendido dentro de los flujos físicos de la logística según la división realizada por Fred Borges [18] en construcción civil (ver figura 3.5). En el siguiente capítulo se analizará el flujo de información relativa a la gestión logística de materiales que soporta el desarrollo de la misma.

## **CAPÍTULO 6. FLUJO DE INFORMACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE MATERIALES**

La cantidad de información que se genera y manipula durante el tiempo de vida de una obra de construcción es enorme. Desde la etapa inicial de un proyecto, como el diseño preliminar y el diseño detallado, en donde el trabajo gira prácticamente en torno a la generación de información hasta la etapa de construcción. En la etapa de ejecución del proyecto, aún a pesar de que se intensifica el proceso material de transformación de insumos en un producto terminado, también existe una gran cantidad de información que necesita ser procesada y manipulada, constituyéndose así un proceso de información que sirve de soporte a los procesos materiales. Estos procesos de información durante la etapa de construcción involucran, por ejemplo, la planificación y programación de materiales, las instrucciones, la lectura de planos, etc.

Dentro del esquema de producción del Lean Construcción, el flujo de información juega un papel determinante en la reducción de la incertidumbre y en la mejora del desempeño del sistema productivo. En los capítulos precedentes se describió ampliamente dicho esquema, en el cual se recalcó en el acápite 5.2.2 la importancia del flujo de información proveniente de las condiciones actuales de los materiales y el estado de progreso de las actividades de la producción para la elaboración de las planificaciones periódicas de corto plazo que reúnan las características necesarias que le otorgan credibilidad y que finalmente protejan la producción.

Siendo el flujo de información relativa a la gestión logística de materiales un elemento de vital importancia para el desempeño eficiente del sistema productivo, este capítulo se inicia definiendo algunos conceptos básicos del área de información, las cuales son: datos, información y comunicación. Estos conceptos puntualizan la importancia de la información en la organización, específicamente en el proceso de toma de decisiones, esencial para la gestión de materiales.

## 6.1 Información

La información está asociada a los datos que con determinados atributos permiten formar o expresar una idea. En tanto que el dato tiene un valor adimensional y está vinculado a un hecho que aconteció y que fue obtenido a través de observaciones empíricas.

Por otro lado, varios autores definen la información como el resultado del procesamiento de datos, afirman que “la información son los datos que fueron procesados de forma que tengan significado para su receptor, poseen valor real para decisiones actuales o futuras”. John Burch [19], señala además que la información implica la comunicación y recepción de inteligencia o conocimiento. Evalúa y notifica, sorprende y estimula, reduce la incertidumbre, revela alternativas adicionales o ayuda a eliminar las irrelevantes o pobres, e influye sobre otros individuos y los estimula a la acción.

Por tanto, el propósito de la información es incrementar el nivel de conocimiento para quien la recibe y tiene valor tanto para una decisión específica como para decisiones futuras. En el proceso de decisión, la información reduce la diversidad de alternativas y la incertidumbre relativa a esta diversidad.

Para que la información sea realmente efectiva y tenga valor es necesario que posea algunos atributos. Estos atributos son: accesibilidad, comprensión, precisión, adecuación, oportunidad, claridad, flexibilidad (adaptable a varios usuarios), verificable, libre de alteraciones, entre otras.

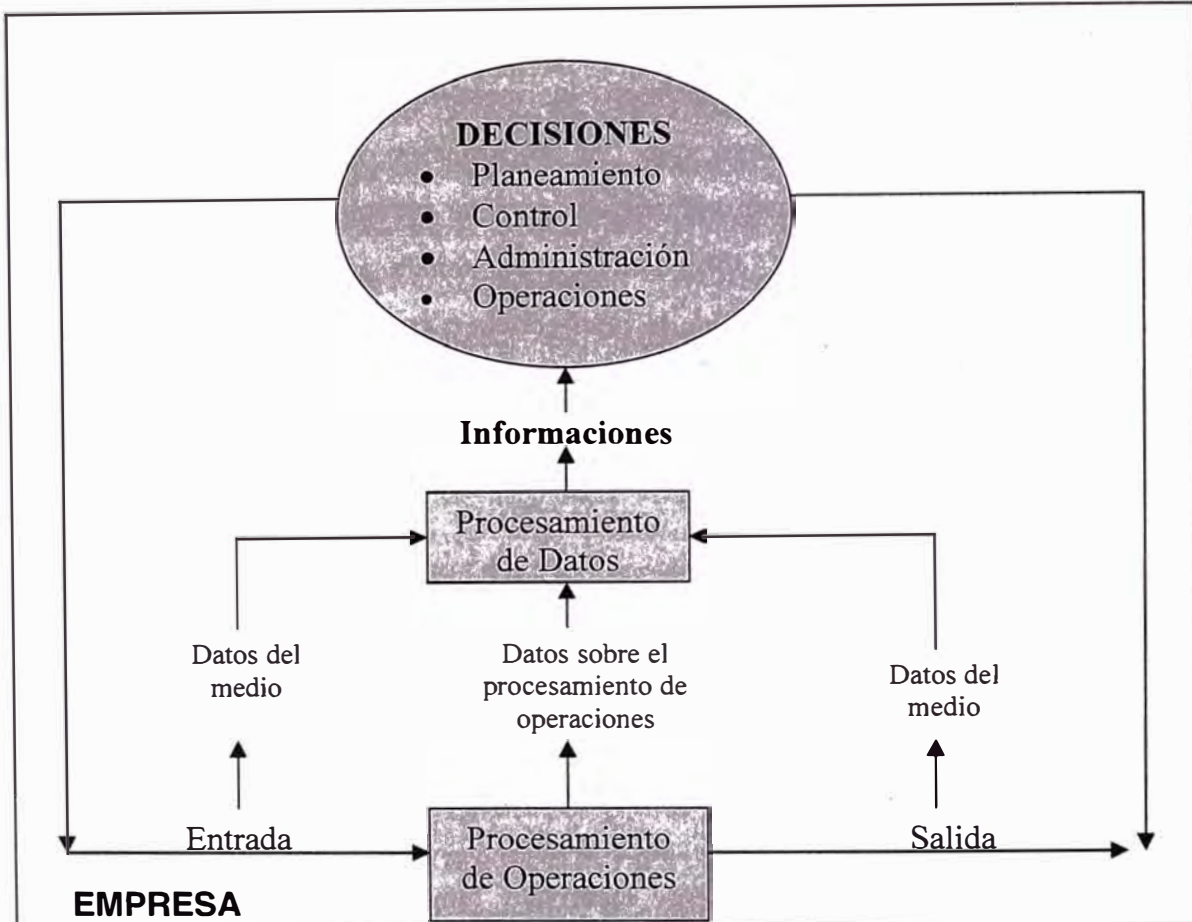
Fred Borges [18], cita que el sistema de información en la organización comprende las formas de emisión, recepción y registro de información. El sistema de información puede ser visto como un subsistema del sistema de la empresa. En realidad, es un subsistema que promueve la interrelación entre los diversos subsistemas de la empresa.

Los datos se procesan mediante modelos para crear información; el receptor recibe la información y luego toma una decisión y actúa; esto genera otras acciones o eventos



(procesamiento de operaciones), que a su vez crean diversos datos dispersos que se capturan y sirven de entrada generándose un ciclo repetitivo (Fig. 6.1).

**Fig. 6.1 Sistema de Información y de Decisión, en el Sistema de la Empresa**



Fuente: Borges, 2000

En cuanto a su finalidad se puede clasificar las informaciones en:

1. De apoyo a las operaciones, relacionado con los procedimientos de rutina. En una constructora, cumplen esta función, entre otros: el conjunto de los procedimientos operacionales, los pedidos de compra, los documentos y mecanismos de control de producción.
2. De apoyo a las decisiones, que existen específicamente para auxiliar los procesos de decisión. Forman parte de este sistema: los relativos a la

productividad, seguimiento físico financiero de las obras, la evaluación de proveedores de servicios y los materiales, etc.

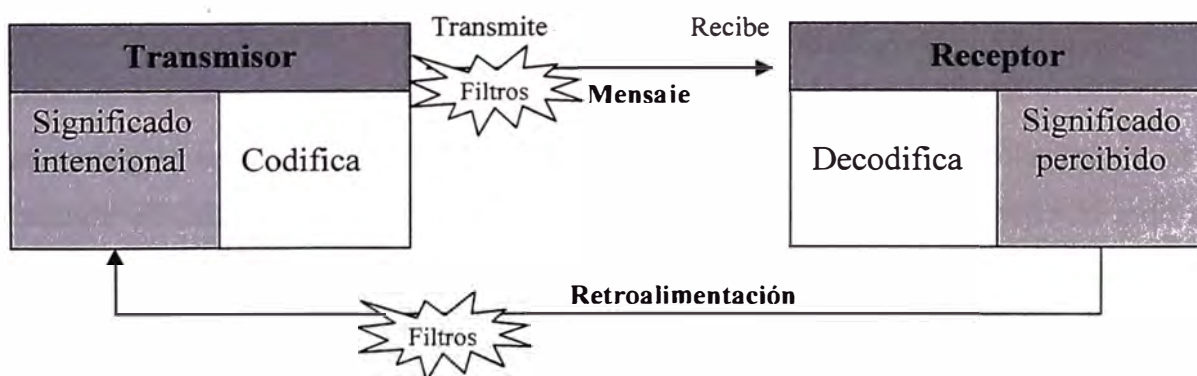
Dentro de una empresa, las informaciones fluyen a través de canales, ellas pueden ser formales o informales, de manera escrita o verbal. El proceso de transmisión de esas informaciones constituye lo que se puede llamar el proceso de comunicación, donde siempre existe un transmisor de la información y un receptor de la misma.

## 6.2 Comunicación

Carlos Suárez [61], define la comunicación como el conjunto de procesos por los cuales se transmiten y reciben datos, ideas, opiniones y actitudes, que constituyen la base para el entendimiento o acuerdo común. El problema fundamental de la comunicación es *reproducir* en un *punto* un mensaje recibido o creado en otro *punto*. En forma resumida se podría decir que la comunicación es la recepción y comprensión de la información.

Para que exista comunicación debe darse no solamente un cambio de información, es también importante que esta información sea entendida con el significado original de la fuente. La figura 6.2 representa este proceso de comunicación.

**Fig. 6.2 Proceso de Comunicación**



Fuente: Gerencia de la Información, 2002.

- Transmisor: el transmisor tiene o siente la necesidad de comunicar un pensamiento, una idea, una necesidad y en ese momento se convierte en una *fuentes de información*.

- Receptor: es la persona o grupo de personas para quien el mensaje esta dirigido.
- Mensaje: es la información o idea que pretende ser transmitida, comprendida y aceptada. Debe poseer todos los atributos señalados anteriormente (accesibilidad, comprensión, precisión, adecuación, oportunidad, claridad, etc.) para lograr una información efectiva.
- Canales: vehículo o medio que transporta la comunicación. Debe elegirse el canal correcto y adecuado para transmitir el mensaje. Se distinguen dos clases de canales: formales, siguen caminos organizacionales por tanto deben planearse y estructurarse; informales, no siguen ninguna estructura organizacional, surgen espontáneamente y pasan de una persona a otra (deformándose en ocasiones cada vez más, entre ellas están las comunicaciones y comentarios amistosos pero también los chismes y rumores).
- Filtros o barreras: son aspectos del sistema de comunicación que limitan el flujo de información durante la transmisión. Estos pueden ser causados por: interferencias que parten de las características del individuo, de su percepción de sus emociones, de sus deficiencias sensoriales y de sus malos hábitos de escucha o de observación; interferencias que ocurren en el ambiente físico donde se desarrolla la comunicación; problemas semánticos; diferencias culturales; ausencia de retroalimentación o la propia estructura organizacional.
- Retroalimentación: este elemento es esencial para completar adecuadamente el proceso de comunicación. La retroalimentación confirma si el mensaje fue comprendido correctamente.

En la construcción los problemas de comunicación y la incertidumbre que se genera en una obra muchas veces se deben a inadecuados medios de comunicación. En algunas obras del sector construcción es común observar que las necesidades de materiales, ordenes de trabajo, etc., se dan verbalmente, las cuales muchas veces no son muy bien comprendidas por los empleados o trabajadores. Existe la presunción por parte de los encargados en dar directivas que las órdenes han sido recibidas por los trabajadores de forma clara. Estos medios inadecuados de transmitir y recuperar información, frecuentemente no muy explícitas, generan incertidumbre por los filtros o barreras

propios del sistema de comunicación, de modo tal que limita la capacidad de decisión de la empresa.

Para mejorar la comunicación entre los agentes del sistema productivo, es recomendable utilizar un conjunto de formularios necesarios para el manejo de la información. Estos formularios deben diseñarse con el propósito de eliminar cualquier filtro, ruido o barrera que pueda perjudicar la comunicación. Algunos formularios más conocidos durante la ejecución de obras son: planes semanales de producción; planes semanales de utilización de materiales y otros recursos; informes de costo, avance, productividad; evaluación de la producción, avance y rendimiento; etc. Por tanto, para lograr que el flujo físico de la producción fluya de manera coherente con el flujo de información proveniente del estado de los materiales que demanda la planificación “pull” es necesario establecer un sistema de comunicación que sea tanto eficaz como eficiente.

### **6.2.1 Comunicación Eficaz y Eficiente**

La comunicación eficaz ocurre cuando el mensaje es recibido, comprendido y produce una acción de la manera como fue pensada por el transmisor. Por otro lado, la comunicación eficiente acontece cuando el proceso se establece con un mínimo de costos de recursos.

Una comunicación eficiente no es necesariamente eficaz y similarmente una comunicación eficaz no es siempre eficiente. Al optimizar un sistema de información se procura que la comunicación establecida sea tanto eficiente como eficaz.

Un sistema de información eficiente es aquel que es capaz de utilizar adecuadamente los recursos de transmisión, recepción y registro de los datos de una empresa. Un sistema de información eficaz es aquella que es capaz de suministrar a los diversos subsistemas de la empresa con las informaciones adecuadas en el momento oportuno.

La eficiencia de un sistema es medida por la capacidad de utilizar adecuadamente los recursos disponibles y la eficacia por la capacidad que estos tienen de atender objetivos

determinados. Se puede afirmar que los sistemas de comunicación son más eficientes y eficaces a medida en que en el proceso de comunicación existen menos interferencias.

El hecho que las empresas posean formas organizadas de recibir, emitir y registrar informaciones no significa exactamente que exista eficiencia y eficacia en el proceso de comunicación: Barton [16] cita algunas debilidades que pueden poseer los sistemas de información que perjudican a su eficiencia y eficacia:

- Demora en el procesamiento y en la circulación de la información, en este caso el sistema no está siendo eficaz. Para que las informaciones tengan valor es preciso que ellas estén disponibles de manera oportuna para la toma de decisiones, de la misma manera, la producción requiere la información oportuna para poder operar determinadas tareas en el momento correcto.
- Transmisión de informaciones incompletas, el sistema no está siendo eficaz, pues no basta que la información llegue en el momento correcto, es preciso que el conjunto de las informaciones esté disponible y completo.
- Altos costos de obtención de información, el sistema no está siendo eficiente, dado que es una señal que los recursos disponibles no están siendo adecuadamente utilizados, ya que los beneficios generados para la obtención de determinadas informaciones (agilidad del proceso, influencia en el costo final del producto, etc.) deben siempre justificar los costos.
- Duplicación de informaciones, la misma información puede estar siendo recolectada por diversos departamentos dentro de la empresa; a pesar de que la información pueda ser utilizada de manera diferente. Indica la falta de atribución de funciones dentro del sistema, en este caso el sistema no está siendo eficiente.

Para poseer un sistema de información eficiente y eficaz, es necesario realizar previamente un predimensionamiento del sistema para que atienda las necesidades operacionales y de toma de decisiones en el ámbito de la empresa. Además, es necesario hacer continuamente una evaluación en función de los ítems citados arriba para chequear la eficiencia y eficacia del sistema.

### **6.3 La importancia de la información en el proceso de toma de decisiones**

Cada individuo o grupo de una organización precisa de la información de otros individuos u otros grupos para poder ejercer su trabajo correctamente. La información soporta el planeamiento, control y la toma de decisiones en la organización.

La importancia de proveer información oportuna y apropiada es indispensable para tomar una decisión adecuada. Este proceso puede variar entre decisiones simples o rutinarias hasta otras más complejas con alto grado de impacto en la empresa. Se distingue decisiones que pueden ser programables y otras que no son programables. Las primeras, programables, se refieren a aquellas que para las cuales una respuesta inmediata es dada por reglas previamente establecidas, como es el caso de problemas repetitivos o de rutina; en cuanto a las segundas, no programables, son aquellas donde solamente una parte de sus parámetros son conocidos y muchos de dichos parámetros conocidos son probabilísticos [19].

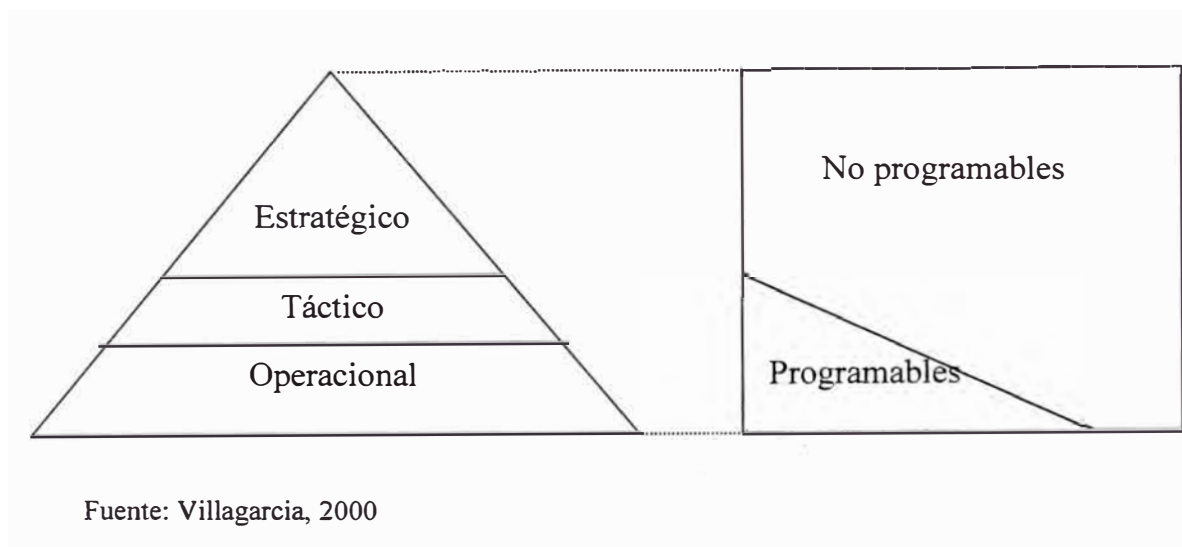
Por tanto, cuando se analiza el sistema de información en una empresa es importante tratar de identificar y reconocer las decisiones que pueden ser programables, para implementar una rutina siempre que fuera posible. Para la otra clase de decisiones, el sistema debe proveer la información necesaria para que la persona que tome la decisión tenga la información suficiente para que pueda elegir la decisión correcta.

Al analizar una empresa, se observa que en todos los niveles jerárquicos, los funcionarios necesitan tomar decisiones constantemente para hacer que ella funcione. Por otro lado, las decisiones en cada nivel tienen un impacto y una trascendencia diferente en la empresa.



Las decisiones de según el nivel jerárquico pueden ser (Fig. 6.3):

**Fig. 6.3 Grado en el cual el proceso de decisiones puede ser programado o no programado**



Fuente: Villagarcía, 2000

- **Estratégico:** las decisiones en este nivel son caracterizadas por una gran cantidad de incertidumbre y normalmente deciden el futuro de la organización. Por tanto, afectan a la empresa como un todo. Las decisiones en este nivel no son programables.
- **Táctico:** en este nivel las decisiones tienen trascendencia a corto plazo y normalmente prevén actividades o ubicación de los recursos para el cumplimiento de los objetivos (ejemplo: elaboración de presupuestos, definición del layout de la obra; mejora del producto; etc). En este nivel, las decisiones soportan tanto el planeamiento como el control de la obra. Las decisiones en este nivel tienen poco potencial para ser programadas.
- **Operacional:** el proceso de toma de decisiones en este nivel tiene como objetivo asegurar que las tareas específicas sean implementadas de forma eficiente y eficaz. En este caso, las decisiones tienen un alto potencial de ser programadas.

Un factor importante que influye en la cantidad de información necesaria para la toma eficaz de decisiones es la incertidumbre. Cuanto mayor sea la incertidumbre de la tarea, mayor es la cantidad de información, que debe ser procesada durante la ejecución de esta tarea por las personas que toman la decisión para conseguir un nivel dado de desempeño.

De esta manera, una consecuencia de la incertidumbre es la de limitar la habilidad de una organización en planear o tomar decisiones acerca de actividades futuras. Los eventos no programados son los que requieren la mayor carga informativa en la organización. A medida que la incertidumbre aumenta la empresa precisa incrementar su capacidad de procesamiento de información a través de mecanismos de integración [63].

John Burch [19] revela que la integración de la información promueve individualmente un clima de creatividad, armonía y un sentimiento de solidaridad organizacional, ayuda a reducir o eliminar las normas culturales negativas y en general mejora las relaciones humanas.

El resultado de la integración es una mejor comunicación entre los departamentos, lo cual, a su vez, mejora la cooperación ayudando a erradicar la suboptimización y los feudos departamentos. Un flujo libre de información facilita mejores relaciones de trabajo, aumenta el entendimiento, evita la creación de barreras y da apoyo a unas operaciones más uniformes. Además, la integración produce sinergia, que es un ambiente en el que la suma de las diferentes partes que trabajan en cooperación tiene un efecto total mayor que la suma de las partes que trabajan en forma independiente [19].

Galbraith. J.<sup>12</sup>, señala que la integración puede ser obtenida por tres mecanismos:

- Coordinación por normas y programas: este es el caso cuando las decisiones son simples y programables se pueden establecer normas o rutinas.
- Coordinación por jerarquía: a medida que la organización enfrenta mayor grado de incertidumbre, sus participantes enfrentan situaciones por las cuales no existen normas preestablecidas. En estos casos, los directivos de jerarquías más elevadas son los llamados a resolver tales situaciones. A medida que la incertidumbre se incrementa, las situaciones en los se requieren la necesidad de decidir aumentan, creándose así una saturación en los niveles altos de jerarquía.

---

<sup>12</sup> J. Galbraith es autor de *Organization Design: an Information Processing View*. Extraído de *Diretrizes para a Elaboração de um Modelo de Gestão dos Fluxos de Informações como Suporte à Logística em Empresas Constructoras de Edifícios* [63].

- Coordinación a través de objetivos o metas: en este caso, la organización opta por establecer metas a ser alcanzadas. De esta forma, los directivos deciden el camino para obtener los resultados a través un plan de trabajo. De esta manera, el planeamiento disminuye la cantidad de información que requiere ser procesada en los niveles jerárquicos elevados, aumentando el poder de decisión en los niveles inferiores. Igualmente, el planeamiento reduce la necesidad de comunicación entre unidades interdependientes siempre y cuando la tarea se encuentre dentro de lo planificado.

La idea es que la organización pueda procesar sus informaciones a través de la combinación de estos tres mecanismos, consiguiendo así coincidir su capacidad de procesar informaciones con la demanda existente por informaciones. Cuando la demanda por informaciones supera la capacidad de procesar información, la organización deberá rediseñar su sistema de información para cumplir con la nueva exigencia.

Hoy en día, el uso de la tecnología de información permite incrementar la capacidad de procesamiento de informaciones en una organización. Las nuevas tecnologías de información permiten realizar varios procesos sin precisar de las personas que antiguamente procesaban las informaciones. Además, las comunicaciones se realizan de una manera más rápida, muchas veces rompen las jerarquías y permiten la existencia de una estructura organizacional informal que agiliza la toma de decisiones de la empresa.

Por ultimo, es importante notar que cada uno de estos métodos formulados por Galbraith tiene un costo asociado. La organización deberá por tanto estudiar y optar por una de ellas o una combinación de ellas que represente el menor costo.

En el modelo de flujo de procesos propuesto por Lean Construction, la demanda por una mejor capacidad de manejo de información es mayor, por lo que el principio de transparencia es una clave que hace más viable dicho modelo.

El principio de transparencia es uno de los fundamentos de la excelencia en la industria manufacturera, constituyéndose un paso fundamental para las empresas constructoras que buscan la excelencia en sus sistemas de producción. Teóricamente, transparencia significa la separación de la información que soporta un sistema de producción, con la producción misma. Este principio permite que la producción sea transparente y observable el cual facilita su control y mejora, trabaja bajo el lema: “hacer del flujo principal de operación desde el principio hasta el final visible y comprensible por todos los empleados” [36].

La aplicación de este principio en el nivel organizacional y operacional ofrece ventajas como por ejemplo la simplificación, motivación, entendimiento rápido de la información y otros. Sin embargo la industria de la construcción aún no se utiliza este principio pues las empresas constructoras tienen pocos mecanismos visuales que inspiren, instruyan o motiven a sus trabajadores a realizar trabajos con mayor eficiencia, eficacia y seguridad.

#### **6.4 Proyectando e implantando un sistema de información logística**

El sistema de información es la base para hacer viable cualquier estrategia logística. El desarrollo de la logística de obra y de suministro y el éxito de su aplicación de las diversas estrategias y herramientas discutidas en este trabajo dependen de la capacidad que la empresa tiene de administrar sus informaciones.

Por ejemplo, la viabilización del sistema JIT y la integración con los proveedores depende de la capacidad que la empresa tiene de emitir y recibir informaciones en “tiempo real” y sin interferencias. Douglas Lambert [39], destaca que actualmente “se está viendo la sustitución de inventarios de materiales por información”, dejando claro, en su opinión, que la evolución de la logística pasa por las mejoras en el sistema de información.

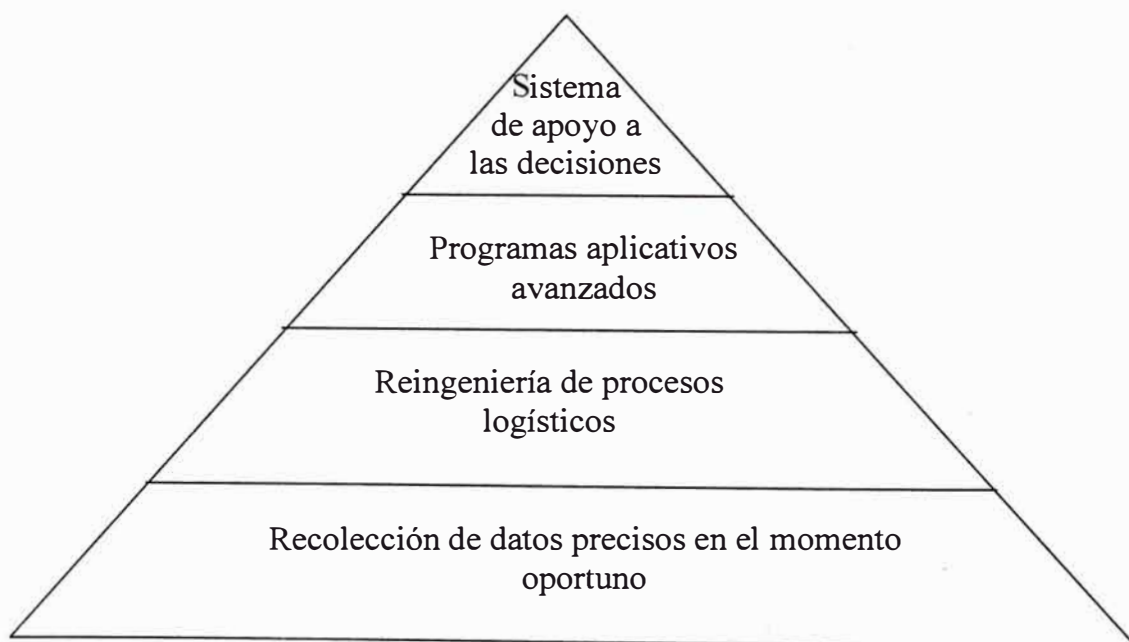
De esta misma manera, un planeamiento detallado de producción en una escala semanal o diaria, que involucra la logística de materiales, solo es posible con un sistema de información eficiente y eficaz.

Algunos principios que deben dirigir la implantación de un sistema de información son:

- Análisis de las necesidades de información.
- Integración de las necesidades de información.
- Selección de equipos, desarrollo o adquisición de programas informativos adecuados.
- Implantación del sistema de información de manera gradual y con constante evaluación.

Para ello, la implantación de un sistema de información no significa, en una primera instancia, ser necesaria la adopción de herramientas computacionales complejas. Ella pasa primeramente por la recolección de datos precisos en el momento oportuno, después por una reingeniería de procesos donde se realice un ajuste del sistema de información y sólo entonces pasan a utilizar programas aplicativos para algunos procesos y por último se emplean sistemas informatizados más complejos, conforme expresa la figura 6.4.

**Fig. 6.4 Jerarquía de las necesidades de un sistema de información**



Fuente: Borges, 2000

Al respecto, Hiroyuki Hirano [33], señala que antes de introducir un sistema de información sobre la base de sofisticados programas avanzados es preciso revisar todos los procesos que intervienen en sistema de información de la producción con el objeto de reducir y/o eliminar hasta donde sean posibles, los pasos innecesarios que no agregan valor al proceso y que crean pérdidas. De otro modo las pérdidas que habrían podido identificarse fácilmente y retirarse antes de la introducción de estos programas avanzados, resultan mucho más embebidas y ocultas en el sistema de información, lo que dificulta considerablemente su remoción.

Cada día, nuevas herramientas de tecnología de información van siendo desarrolladas de manera que se pueda realizar un cambio de información en “tiempo real” tanto para la administración de suministro de materiales (planeamiento detallado), como para la administración del transporte de materiales (flujos físicos).

El Internet, los sistemas de cambio de información y los códigos de barras están siendo hace un buen tiempo utilizados en otros sectores empresariales y su implementación en construcción civil puede mejorar la integración entre los diversos agentes que intervienen en el desarrollo de las actividades de la logística de materiales de una obra: proveedores, contratista, proyectista, clientes, etc.

### **6.5 La Tecnología de la información (TI) en el sector construcción**

El uso de la tecnología de la información en la industria de la construcción brinda una nueva generación de herramientas que son de gran ayuda en la reducción de la complejidad e incertidumbre que imperan en el desarrollo de proyectos de construcción. Las computadoras personales para todos los propósitos son la corriente principal de la TI actualmente. Los nuevos medios digitales reducen los esfuerzos involucrados en la generación de información, en contraposición al tradicional enfoque basado en documentos escritos (o dibujados) sobre papel, el cual causa trabajo traslapado, repetitivo, propenso a error y que no añade valor. Lo mismo ocurre con la recolección, almacenamiento, recuperación y comunicación de la información y por lo tanto en la diseminación del conocimiento adquirido.



Las TI utilizadas por la industria de la construcción actualmente son numerosas. Desde maquinas de fax hasta comunicaciones vía Internet, desde software de automatización para la oficina hasta aplicaciones CAD (Computer Aided Design) avanzadas, desde la adquisición de datos utilizando computadoras portátiles hasta la adquisición de datos utilizando sensores láser automatizados. Todas estas tecnologías están relacionadas con la información en la industria de la construcción. El estudio de la aplicación de la tecnología de la información en la industria de la construcción es, sin embargo, aún un campo de investigación bastante joven que lucha por definir su lugar dentro de la gran familia de disciplinas académicas. Y son pocas las empresas en el mundo que están tratando de aprovechar en la práctica, de forma coherente y ordenada, el enorme potencial que ofrece las TI a la industria de la construcción (Leonardo Rischmoller<sup>13</sup>, 2001).

Desde el punto de vista de la productividad y los principios de la nueva filosofía de la producción (Lean Production) el impacto de las herramientas que brinda la TI es inmenso en lo que se refiere al mejoramiento de la eficiencia y productividad de las actividades que agregan valor y en la reducción y / o eliminación de las actividades que ocasionan pérdidas.

Los softwares utilizados en las empresas constructoras son generalmente adquiridos a través de dos formas: comprados o hechos sobre pedidos. Los primeros son los que se compran en el mercado y son los más utilizados por empresas pequeñas. Existen diversos softwares de este tipo que sirven para presupuestar, comprar, hacer o planear, etc. Los segundos, son softwares hechos sobre pedido, son diseñados de acuerdo con los flujos de informaciones existentes en la empresa. En general, son más caros que los anteriores, ya que implican en un estudio y entendimiento preciso de la forma según el cual la empresa trabaja.

---

<sup>13</sup> Dr. Leonardo Rischmoller es especialista en la aplicación de sistemas CAVT y Tecnología de la Información en la Construcción (ITC). Extraído de *Productividad en Obras de Construcción* [30].

Es común observar en varias empresas, a pesar de que muchas veces existen datos e informaciones útiles para diferentes departamentos, los flujos de información acontecen de manera poco eficiente y la transferencia e intercambio de datos e informaciones son muy pobres. Los softwares utilizados son generalmente comprados por los departamentos de manera aislada y son incompatibles entre si, perjudicando la integración de la empresa. Esta situación trae como consecuencia la duplicidad, pérdidas de informaciones y conocimientos, principalmente lleva a la no-consolidación de un sistema eficiente de informaciones que sirve para que se tomen decisiones rápidas y eficaces. En estos casos la introducción de las tecnologías de información ha servido para mecanizar su tarea de forma aislada, obteniéndose así, una mejora en la eficiencia en la conducción de las mismas de manera particular.

Por otra parte, existen otras empresas, en las cuales el uso de la TI no está restringido únicamente a la mecanización de las tareas, también se utilizan redes que integran funcionalmente sus departamentos. En estos casos, el beneficio alcanzado por la introducción de la TI en los procesos no atiende solamente a la eficiencia sino también a la eficacia de los mismos.

Las aplicaciones (software) que se encuentran actualmente disponibles en Internet son mayoritariamente en el área de proyectos. Estos softwares son generalmente de coordinación y ofrecen básicamente sistemas que consolidan todas las informaciones referentes en el proyecto en un único lugar (site). De esta forma, se consigue una comunicación permanente entre los agentes participantes del proyecto. Adicionalmente funcionan como un organizador de las actividades de esta etapa y permiten que los proyectistas reciban las modificaciones en tiempo real con la consecuente disminución de las incompatibilidades encontradas comúnmente en los proyectos.

Una de las aplicaciones en el área de proyectos, que ha sido identificada como herramienta clave dentro del contexto de cambio y mejoramiento de la productividad en obras de construcción, es aquella que está relacionada con la presentación visual de la información. Esta representación es principalmente acerca de la geometría del proyecto a construir, pero también información de otro tipo (especificaciones, presupuestos,

programas, etc.). Por siglos la esencia de la industria de la construcción ha sido tratar de replicar una realidad futura existente de modo que pueda convertirse, a través de distintas etapas y procesos, en una realidad física existente. Para ello se fundamentó principalmente en maquetas y planos que contenían mucha información sobre la geometría de la obra, alrededor de los cuales se habían desarrollado procesos y sistemas de información de diversa complejidad que han permitido el desarrollo de las obras de ingeniería que se conoce hoy en día.

Leonardo Rischmoller, señala que el avance de la TI en lo relacionado con la computación gráfica proporciona un conjunto de herramientas que permiten la representación visual no solo de los productos de la industria de la construcción, sino también de los procesos de construcción. Actualmente, estas herramientas están constituidas principalmente por sistemas CAD (Computer Aided Design), pero se ve como la evolución de estos sistemas está dando paso a lo que se han identificado y denominado CAVT (Computer Advanced Visualization Tools) o herramientas avanzadas de visualización computacional. El impacto que la aplicación de CAVT está teniendo en la industria de la construcción, a través de empresas líderes en el ámbito mundial, está generando un cambio sin precedentes en la forma de desarrollar proyectos de ingeniería y construcción. Lejos de constituir una tecnología que por su complejidad y costo presente como inalcanzable, la aplicación del CAVT a la industria de la construcción demanda de inversiones moderadas y bajo grado de complejidad. El principal recurso para la utilización de CAVT lo constituye el conocimiento. No solo de los aspectos operativos de los sistemas sino además de las posibilidades y demandas en la gestión y organización, necesarias para poder aprovechar esta tecnología [30].

En cuanto al uso de la TI en las empresas proveedoras de materiales, el panorama es muy heterogéneo. Las empresas que producen productos industrializados, que en la mayoría de los casos son de mediana a gran empresa y tienen capacidad de investigación, están utilizando la TI tanto como para integrar las diversas áreas así como al interior de sus procesos. Por otra parte, las empresas pequeñas con poca capacidad de investigación, el uso de esta tecnología es mínimo o bastante puntual.

Lo que está aconteciendo en el sector y que la mayoría de las empresas está introduciendo la TI inicialmente como medio de automatizar sus tareas. La diseminación de la TI en sus procesos dependerá de la capacidad de las empresas en visualizar la TI como creadora de los beneficios sistémicos (modificadora de procesos, aumento de eficacia) y también de la capacidad de la empresa en realizar las investigaciones necesarias para que eso suceda.

En tanto, para que esto pueda suceder son necesarios realizar cambios tanto en el uso de la tecnología como en su gestión. La estandarización es otro punto importante que deberá ser resuelto para conseguir efectivamente integrar la cadena de suministro de materiales con las nuevas tecnologías disponibles. La infraestructura tecnológica existe, sin embargo esta se encuentra en espera de ser utilizada.

Los conceptos presentados que son de dominio corriente de la literatura sobre logística de materiales y sistemas de información enfocados al sistema productivo de la construcción, han sido revisados y citados en esta investigación porque más adelante serán de utilidad para el análisis de los estudios de caso, demostrando la importancia y la validez de ellas. Se han descrito las principales actividades de la gestión logística de materiales, teniendo en consideración los aportes principalmente del Lean Construction y del Just in Time.

## CAPÍTULO 7. PRODUCTIVIDAD

El trabajo de investigación en curso pretende distinguir dentro de los muchos factores que influyen en el desempeño del sistema productivo, aquellos factores que corresponden a la gestión logística de materiales. Específicamente el objeto de la investigación es evaluar el impacto de la gestión logística de materiales en el *desempeño del sistema productivo* de una obra de edificación.

No obstante, esto no se podría evaluar, si no se realiza mediciones de eficiencia con que los recursos son administrados durante el desarrollo de las actividades del sistema productivo, de tal modo que permita identificar los factores que corresponden a las actividades de la gestión logística de materiales que afectan el desempeño del sistema productivo. Por esta razón, en el presente capítulo se describirán los alcances del concepto de productividad y las herramientas para el seguimiento y control de la misma en obras de construcción.

Clarkson Oglesby [54] señala que el *desempeño del sistema productivo de una obra* está constituido por tres elementos adicionales a la productividad, estos elementos son: seguridad, cumplimiento de plazos y calidad. Se realiza a continuación un breve alcance de cada una de ellas.

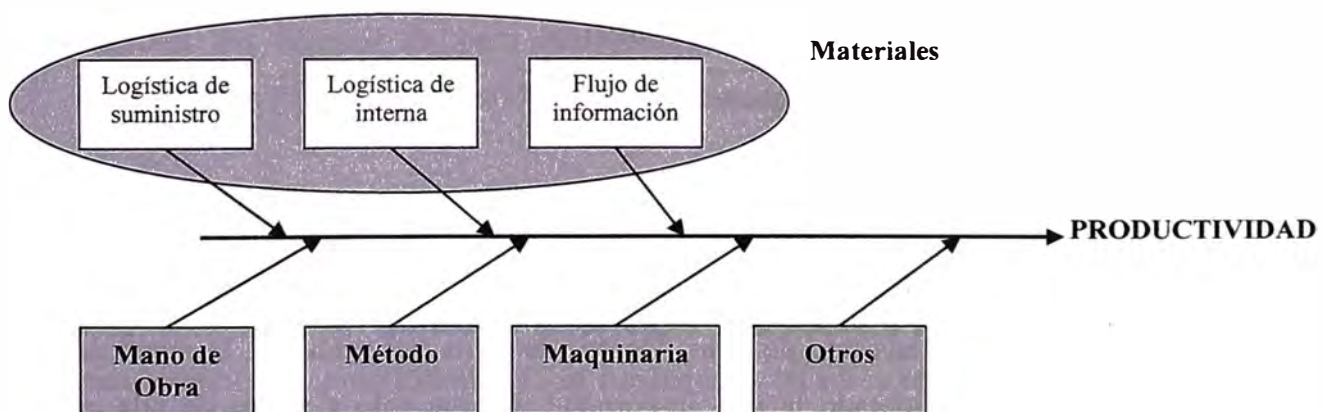
- Productividad, el cual es medido inicialmente en términos de costo. Bajo este criterio, una “productividad satisfactoria” significa realizar el trabajo a un precio justo para el propietario y con una ganancia razonable para el constructor.
- Seguridad, el proyecto debe realizarse libre de accidentes dentro de los límites razonables.
- Cumplimiento de plazos en lo que se refiere a la planificación y disponibilidad de recursos.
- Calidad, todos los elementos deben cumplir con los requerimientos de manera de satisfacer las necesidades del propietario.

Está claro que los cuatro elementos no son mutuamente excluyentes, cada una se ve influenciada por los otros. Por ejemplo, la productividad se verá afectada si en una obra existe:

- Falta de seguridad, todos los actos y eventos inseguros, aunque no resultan en daños, perturban el trabajo en una variedad de formas y hace que la administración deje de prestar atención a sus funciones primarias lo cual afecta al trabajo realizado.
- Incumplimiento del plazo de obra dado por el propietario o falta de recursos para ejecutar cada nivel de trabajo programado.
- Falta de calidad, incumplimiento de los requerimientos del cliente e ineficiencia en la producción generan costos adicionales (pérdidas de tiempo y trabajo rehecho).

No es posible realizar una adecuada evaluación de la productividad si no se tiene conocimiento detallado de los factores que participan en ellas y de los objetivos que persiguen para cada una. Una forma eficiente de realizar el análisis es la que se presenta en la figura 7.1. A través de la utilización del diagrama de espinas de pescado, es posible identificar los factores y subfactores que impactan en el resultado de la productividad.

**Fig. 7.1 Relación entre factores y la productividad**



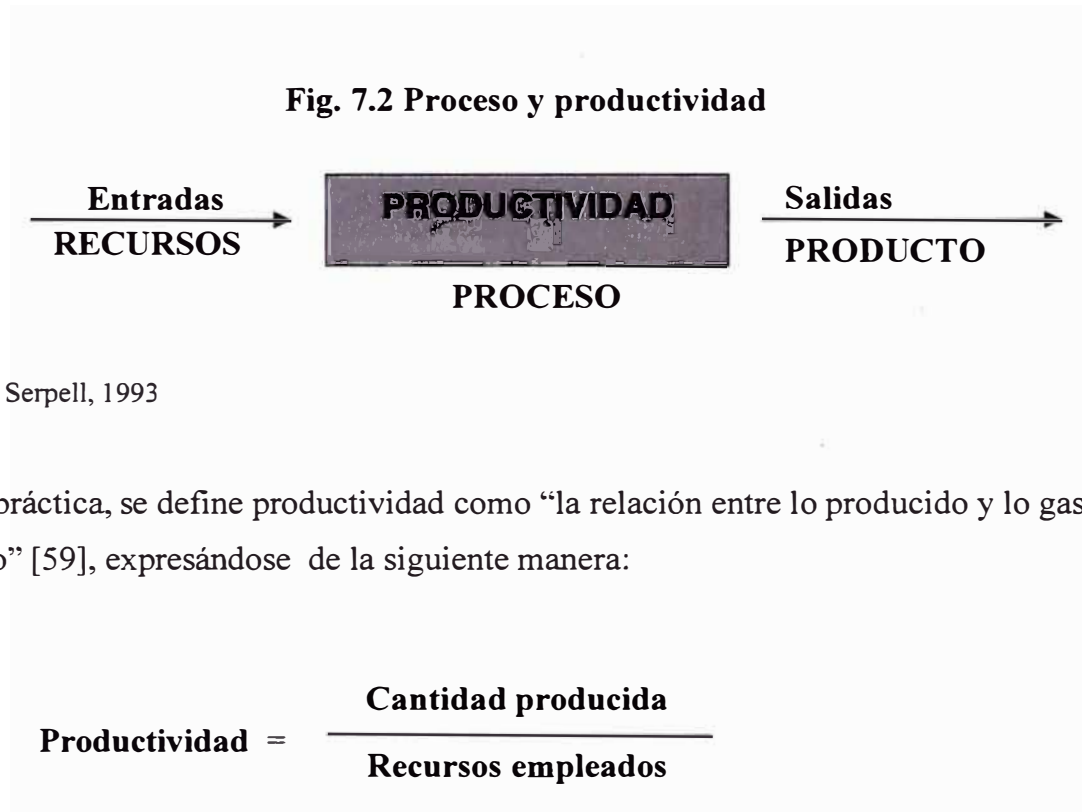
Fuente: Elaboración propia.



Los conceptos relativos a las actividades de los flujos físicos de materiales y el flujo de información que garantiza el desarrollo de la gestión logística de materiales fueron descritos y analizados en los capítulos anteriores.

### 7.1 Productividad

El término productividad tiene una variedad de significados, pero básicamente todos se refieren a la medida de la eficiencia con que los recursos (personal, materiales, equipos, herramientas y lugar de trabajo) son administrados para completar un producto específico (proceso) dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (Fig. 7.2).



Fuente: Serpell, 1993

En la práctica, se define productividad como “la relación entre lo producido y lo gastado en ello” [59], expresándose de la siguiente manera:

En la construcción, los principales recursos utilizados son: materiales, mano de obra, maquinaria y equipos (Fig. 7.3). Entonces es posible hablar de productividad independientemente para cada uno de ellos. Dentro de estos tres recursos, la mano de obra es comúnmente considerado la más importante, ya que solo a través de ella es posible llevar a cabo el trabajo, que finalmente representa la acción de la administración dentro del sistema. No obstante, en muchos casos la mejora de la productividad de la

mano de obra puede ser un componente insuficiente, siendo necesaria una mejora de la productividad de todos los otros recursos empleados en el proceso productivo.

**Fig. 7.3 Tipos de productividad**



Fuente: Serpell, 1993

El estudio de la productividad de esta investigación está enfocado principalmente a la evaluación de los factores y subfactores de la gestión logística de materiales que influyen en la productividad de las unidades de conversión (cuadrillas de producción), bajo la premisa de que aislando las unidades productivas se puede mejorar el desempeño de estas, si se mejora el flujo de actividades que están detrás de las unidades productivas o de conversión.

Se puede mejorar la productividad de las unidades productivas, desarrollando una eficaz y eficiente gestión logística que incrementen la rapidez y la flexibilidad en la entrega de los materiales a los frentes de trabajo, al menor costo posible. Con esto se evita al máximo los tiempos de paro no productivos, reprocesos, etc., sobre todo como consecuencia de una mala gestión logística de materiales.

## 7.2 Pérdidas

El sistema de producción JIT, base de la nueva filosofía de construcción, presupone un amplio concepto de “pérdida o desperdicio” con respecto al significado usual dado a este término. La producción JIT, se fundamenta en ideas técnicas para la eliminación total de despilfarro.

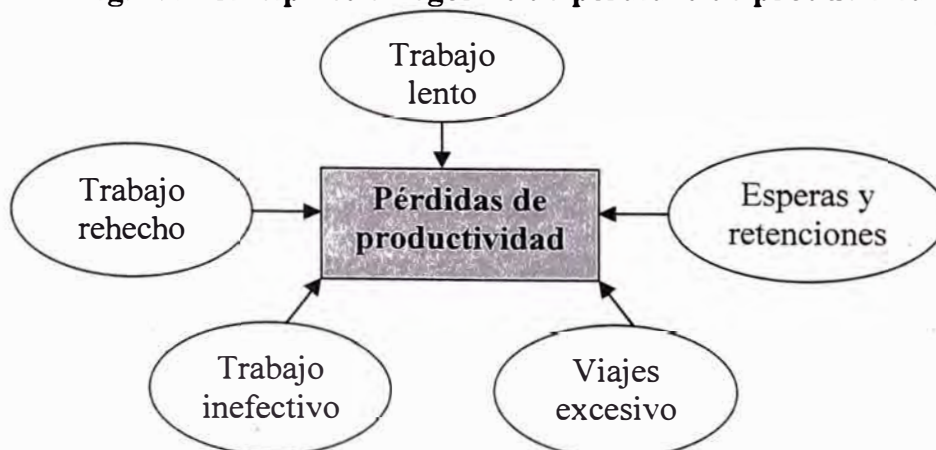
Por ejemplo, Toyota define como pérdida: “Cualquier cosa que difiere de la mínima cantidad de equipos, materiales, partes y tiempo de trabajo que son absolutamente esenciales para la producción”. Una definición usando, términos similares podría ser “cualquier cosa que difiere absolutamente de lo mínimo de materiales, máquinas y mano de obra, necesarios para añadir valor al producto”.

En general el término pérdida esta relacionado con la eficiencia del proceso, equipo y personal. Estas son difíciles de encontrar y medir, sabiendo que la eficiencia óptima es requerida pero no siempre se consigue.

Alfredo Serpell [59], cita cinco categorías de pérdidas de productividad (Fig. 7.4):

1. Pérdidas debido a esperas y detenciones: esperando por materiales, esperando frente de trabajo, esperando información.
2. Pérdidas debido a viajes excesivos: demasiados trámites en diferentes lugares, caminos mal diseñados o poco claros, deficiente distribución de las instalaciones auxiliares, etc.
3. Pérdidas debido a trabajo lento: obreros poco capacitados, obreros desmotivados, fatiga, clima adverso, exceso de personal, etc.
4. Pérdidas debido a trabajo inefectivo: cambio continuo en las tareas del personal, invención de trabajos para mantener ocupado el personal, etc.
5. Pérdidas debido a trabajo rehecho: reparación de elementos desplomados, fallas en mediciones, cambios de diseño, etc.

**Fig. 7.4 Principales categorías de pérdidas de productividad**



Fuente: Serpell, 1993

De las categorías descritas las dos primeras tienen relación directa con la gestión de materiales. En tanto, la única categoría que considera implícitamente pérdidas de materiales es el trabajo rehecho. Las pérdidas de materiales corresponden a todo material que no ha alcanzado a ser transformado en producto parcial o final durante el proceso productivo, o que habiendo sido es dañado durante la ejecución de otros trabajos lo que implica su extracción y nueva colocación.

Debido a la importancia de la inversión en los materiales de un proyecto, es necesario controlar el nivel de pérdidas que pueden alcanzar hasta un 20% del total de materiales, reduciendo las utilidades del contratista. Por tanto, si un recurso se usa de más y no está generando un valor agregado o un valor al producto final, es una pérdida o desperdicio.

Existen dos tipos principales de pérdidas de materiales, que se producen en obra:

1. Pérdidas directas: lo que se remueve directamente de la obra.
2. Pérdidas indirectas: es aquel que está escondido y puede ocurrir en tres formas:
  - a. Sustitución: cuando algunos materiales se usan para propósitos distintos de aquellos por lo que fueron adquiridos.
  - b. Uso en producción: uso excesivo de materiales en la ejecución de una actividad.
  - c. Negligencia: cuando se requieren materiales extras debido a desviaciones en el cumplimiento del diseño, por errores del contratista.

Normalmente existe algún grado de control sobre las pérdidas directas, las que quedan registradas en los sistemas de control tradicionales. Sin embargo, también es importante identificar y calcular las pérdidas indirectas de materiales. Estas últimas solo pueden reconocerse durante la ejecución del trabajo, ya que una vez completada la obra resulta más difícil detectarlas.

En un estudio realizado por Lucio Soibelman [60] en Brasil, relacionado con las pérdidas indirectas de materiales en cinco obras de construcción de edificaciones entre cinco y 12 pisos, cuatro de uso residencial y uno comercial. Observó que los valores de desperdicios entre los materiales que se consideraron con mayor influencia en el costo

total de la obra, eran mayores a los estimados teóricos en las composiciones de costos. Así por ejemplo, para el caso del mortero cuya variación de desperdicio fue de 40% a 150%, mientras que el estimado en la composición de costos correspondía a un valor de 15%. La causa principal que generó este enorme desperdicio, para el ejemplo citado, fue el espesor de los revoques y enlucidos.

Sus estudios concluyeron que los desperdicios llegaron a ser hasta ocho veces el valor en las composiciones de costos, que por lo general fueron resultados de una combinación de factores más que un incidente aislado. Uno de los factores principales, concluye, es causado por pobres prácticas administrativas.

Si bien la muestra fue muy pequeña y no se puede generalizar los resultados, sorprendentemente el autor encontró la tendencia: a menor desperdicio, mayor productividad, y a la inversa, donde se encontró mayores desperdicios había menor productividad.

No existen sistemas que contemplen detalladamente y con exactitud, todos los gastos de un proceso de construcción, sin embargo, pueden usarse estudios parciales hechos en diferentes países para estimar el orden de magnitud de las pérdidas en las actividades de construcción. El cuadro 7.1 indica los gastos extras originados por pérdidas en construcción según los estudios de Lauri Koskela [37].

**Cuadro 7.1 Pérdidas en Construcción**

<b>Pérdida</b>	<b>Costo</b>	<b>País.</b>
Costo de calidad.	12% del costo total del proyecto.	USA
Costos externos de calidad.	4% del costo total del proyecto.	SUIZA
Falta de constructabilidad.	6% a 10% del costo total del proyecto.	USA
<b>Gestión pobre de materiales.</b>	<b>10% a 12% del costo total de la mano de obra.</b>	<b>USA</b>
<b>Exceso de consumo de materiales.</b>	<b>10% sobre el promedio.</b>	<b>SUIZA</b>
Tiempo usado en actividades que no añaden valor.	Aproximadamente 2/3 del tiempo total.	USA
Falta de seguridad.	6% del costo total del proyecto.	USA

Fuente: Koskela, 1992b



### 7.3 Seguimiento y control de la productividad en obra.

Los objetivos del seguimiento y control en un sistema productivo son los siguientes:

- Verificar que la ejecución de los trabajos se estén realizando de acuerdo a lo planificado y especificado (eficiencia de la gestión).
- Tomar acciones correctivas que permitan superar las deficiencias o ajustar la planificación a condiciones actuales diferentes a las supuestas inicialmente.
- Aumentar la productividad y la calidad, a través del mejoramiento continuo de la eficiencia y efectividad en la ejecución de las operaciones en construcción.

**Fig. 7.5 Ciclo de mejoramiento de la productividad**



Fuente: Serpell, 1993

Para llevar a cabo la evaluación y control de un proceso, es necesario contar con retroalimentación en cantidad y calidad suficiente, además de oportuna, que permita a la administración de una obra percibir la realidad (Fig. 7.5).

### 7.4 Herramientas para el seguimiento y control de la productividad en obra.

Frecuentemente la dirección de una empresa recurre a estudios de trabajo para que la ayuden a mejorar la productividad. Por ejemplo, determinar que están haciendo los trabajadores en instantes específicos de tiempo, dará una descripción del nivel de actividad de un tipo de trabajo, una operación o del proyecto.

Según la OIT [51], el estudio de trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de



establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando.

Por tanto, el estudio del trabajo tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, el uso antieconómico de recursos y fijar el tiempo normal para la realización de esa actividad. La relación entre productividad y estudio del trabajo es pues evidente.

Los objetivos principales de las herramientas de seguimiento y control de la productividad son:

- Detección de pérdidas en la ejecución del proceso de construcción.
- Identificación de las áreas donde se producen las pérdidas y sus causas.
- Cuantificar la magnitud de las pérdidas.
- Entregar información para la toma de decisiones oportunas.
- Usar la información obtenida como base de medición de mejoramientos.

Se entiende como trabajo a todas las acciones realizadas por los participantes del sistema para convertir los recursos en productos finales o parciales. Para introducirse en el estudio de la productividad del trabajo es necesario analizar en primer lugar el tipo de *contenido del trabajo* de las actividades que se realizan en una obra de construcción. El contenido de trabajo significa la cantidad de trabajo “contenida en” una actividad o en un producto dado. Básicamente se dividen en tres categorías.

- Trabajo productivo: aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción incluyendo actividades tales como la colocación de ladrillos, colocación de acero, el pintado de un muro, etc.
- Trabajo contributorio: aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad aparentemente necesaria pero que no aporta valor. Algunos ejemplos de actividades en esta categoría son:

recibir dar instrucciones, leer planos, retirar materiales, ordenar o limpiar, descargar un camión, etc.

- Trabajo no contributivo: cualquier actividad que no corresponde a algunas de las categorías anteriores, tiene un costo y no genera valor, por tanto no es necesaria. Algunos ejemplos son: caminar con las manos vacías, esperar que otro obrero termine su trabajo, fumar, etc.

En relación con la gestión logística de materiales, un flujo físico deficiente que produzca movimientos innecesarios de materiales, métodos inadecuados de manipulación de los mismos y un control incorrecto de los inventarios que origina retrasos o paralizaciones debido a la falta de materiales; pueden ocasionar tiempos no productivos en el sistema y aumento de costos.

#### **7.4.1 Muestreo del trabajo**

La técnica muestreo de trabajo es un método de medición del nivel de actividad de un proyecto u operación. Esta técnica siendo utilizado en forma más creciente en los últimos años, aún cuando existen varias otras técnicas de mejoramiento disponibles, la simplicidad y el bajo costo del muestreo del trabajo, ha contribuido considerablemente a su popularidad.

El muestreo del trabajo sirve para medir el porcentaje de tiempo de la mano de obra y los equipos que ocupan en ciertas categorías predeterminadas de actividades. Conociendo como es utilizado el tiempo de estos recursos, aparecerán los problemas que afectan la productividad, los que al ser eliminados, permitirán reducir los costos asociados a la mano de obra y a los equipos.

Algunas características que definen particularmente a esta técnica son [59]:

1. Es una medición para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de las actividades de los recursos.
2. Se aplica principalmente a la mano de obra y / o recursos.
3. Las observaciones de muestreo deben ser hechas en forma aleatoria.

4. Se deben establecer categorías predeterminadas de actividades en las cuales clasificar las observaciones de los recursos.
5. Los resultados permiten realizar una inferencia estadística de las actividades de los recursos.

## Etapas de un plan de muestreo del trabajo

Las etapas básicas que forman parte de un plan de muestreo de trabajo son [59]:

### 1. Definición del objeto

Como cualquier plan, el muestreo del trabajo tiene por finalidad tener un objetivo claramente establecido, el cual debe reflejar lo que la administración desea lograr con la información obtenida. La especificación del objetivo es importante, dado que el diseño del plan deberá facilitar el cumplimiento de dicho objetivo. Esto es específicamente cierto en relación con las categorías específicas de trabajo a usar y en relación de la población de la cual se tomarán las muestras.

Como regla general, mientras más información y mayor detalle se desee obtener de un sector de la obra, cuadrilla, especialidad o actividad, mayor es la atención que debe brindarse a la definición de las categorías de trabajo y de la población.

### 2. Selección de las categorías de trabajo

Hay dos interrogantes que es necesario contestar cuidadosamente una vez que se han seleccionado las categorías de trabajo que se usarán en un plan de muestreo:

- a. ¿Ayudarán las categorías elegidas, al cumplimiento de los objetivos del plan de muestreo?
- b. ¿Entregan estas categorías la información necesaria para que la dirección de la obra tome las acciones mas adecuadas?

La primera pregunta refleja la importancia de asegurar la compatibilidad entre las categorías de trabajo y los objetivos, objetivos amplios implican categorías amplias y objetivos específicos requieren categorías más detalladas. La segunda pregunta enfatiza

el aspecto de la información que se desea obtener del estudio y como las categorías que se definan deben satisfacer plenamente dichos requerimientos. No obstante, se pueden distinguir tres categorías principales de trabajo que han sido descritas anteriormente y que han sido utilizadas en estudios realizados hasta la fecha, estas categorías son: trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio.

### 3. Proceso de toma de datos

En los estudios de muestreo del trabajo se acostumbra usar dos métodos para la observación y posterior registro de las actividades de los recursos en estudio:

1. Recorrido de la obra de los sectores que se desea hacer un muestreo.
2. Observación desde un punto o posición fija determinada.

El método del recorrido es más apropiado para obras de gran extensión, que no son posibles abarcar en su totalidad desde una sola posición. El segundo método es el que generalmente se utiliza cuando se analiza una operación o un conjunto limitado de ellas, o un área específica de una obra.

En ambos casos, la idea es que en instantes predeterminados aleatoriamente, el observador registre las actividades de la mano de obra y / o equipos que tiene a la vista. La frecuencia de observación debe estar de acuerdo con los objetivos del estudio que se realiza, dependiendo del tipo y oportunidad de la información que se quiera obtener. Se requiere registrar al menos 384 observaciones para obtener un 95% de confiabilidad del estudio, en ambos casos [59].

### 4. Análisis de datos

En general el análisis de datos se realiza por categorías de trabajo preestablecidas, determinándose el porcentaje de tiempo que los recursos ocupan en cada una de ellas. Además, es recomendable agrupar las categorías con el objeto de determinar el porcentaje de tiempo en que los recursos realizan trabajo productivo o contributorio y el porcentaje correspondiente a trabajo no productivo o no contributorio.

### 7.4.2 Cuestionarios y Encuestas

Los cuestionarios se usan para un análisis primario de la situación. Su propósito básico es ayudar en la definición de las áreas problema, indicando sus características y límites.

Al usar esta técnica para obtener información es importante definir los siguientes aspectos:

1. Tamaño de la muestra: especialidades, áreas de trabajo, etc.
2. Preguntas específicas a realizar.
3. Lugar donde se realizará la entrevista.
4. Momento en que se notificará a las personas a entrevistar y modo en que se hará.

Los cuestionarios permiten detectar en forma bastante precisa, aspectos tales como la existencia de elementos desmotivadores, aspectos del trabajo que afectan el desempeño de los trabajadores y fallas en la administración de la obra. El objetivo perseguido con el cuestionario debe determinar su diseño.

Para el análisis de la información obtenida a partir de un cuestionario, es recomendable seguir los siguientes procedimientos:

- a. Respuestas numéricas:
  1. Clasificarlas por área y por especialidad.
  2. Ordenar por especialidades en todas las áreas o sectores.
  3. Ordenar por área con todas las especialidades.
- b. Respuestas escritas:
  1. Centrar atención en elementos escasos y deficiencias señaladas.
  2. Comentarios cualitativos sobre otros aspectos no considerados inicialmente.

Por otro lado, las encuestas son usadas para identificar con precisión las fuentes más frecuentes de interrupciones y la incidencia de cada una de ellas en términos de recursos desperdiciados. Se centran en aspectos externos de la gestión de la obra que afectan el

trabajo del capataz y su cuadrilla y suponen que el capataz es capaz de identificar y estimar con una exactitud apropiada, las pérdidas de tiempo debido a detenciones.

Para que la encuesta sea efectiva debe estar confeccionada de forma tal, que sea rápida y fácil de llenar con la información que en ella se pide, además, requieren confianza e interés de parte de los capataces y supervisores. Por otro lado, la administración de la obra debe demostrar la importancia que se le brinda a esta herramienta, a través de un uso real y acciones concretas de mejoramiento dirigidas a resolver los problemas detectados. Para el análisis obtenido de este tipo de encuestas se deben seguir los mismos procedimientos especificados para los cuestionarios.



## CAPÍTULO 8. ESTUDIO DE CASOS

El criterio de selección entre las empresas que se solicitó colaborar con la investigación, fueron aquellas que venían ejecutando por lo menos una obra de edificación de un costo promedio aproximado de 500 mil dólares, que se encontrara en cualquier fase de construcción y que principalmente en el momento de la evaluación contaran con recursos humanos que permita la evaluación de la utilización de los mismos en los estudios de muestreo del trabajo. Asimismo, se consideró que las empresas sean pequeñas formalmente constituidas con una antigüedad de por lo menos 5 años en el sector construcción ejecutando obras de edificaciones con presupuestos similares.

Según la el Boletín de Estadísticas Ocupacionales N° 6 Construcción<sup>12</sup>, la mayoría de las empresas del sector construcción tiene menos de 5 años de antigüedad (37%), asimismo, el 76% de las empresas constructoras en Lima Metropolitana están conformadas por pequeñas empresas (Cuadro 8.1).

**Cuadro 8.1 Lima Metropolitana: Distribución de las empresas y los trabajadores según tamaño de empresa en el sector construcción, 2007 (En porcentajes)**

<b>Tamaño de la Empresa</b>	<b>Empresas de Construcción</b>
Pequeña (10 a 49 trab.)	75.5%
Mediana (50 a 99 trab.)	13.0%
Grande (100 a más trab.)	11.5%
<b>TOTAL</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: MTPE- Hoja de Resumen de Planilla, 2007 / MTPE-Programa de Estadísticas y Estudios Laborales (PEEL).

<sup>12</sup> Boletín de Estadísticas Ocupacionales N° 6 del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo del sector Construcción. III Trimestre 2,007

La muestra de tres empresas que se tomó en esta investigación no permite obtener conclusiones estadísticamente válidas, pues para ello se requeriría haber realizado el estudio en aproximadamente 384 empresas constructoras para tener una confiabilidad de 95% [59]. La presente investigación se ajusta a una metodología de investigación práctica que tiene por objeto identificar, en tres empresas con similares características y que representen a la mayoría de las empresas constructoras de Lima Metropolitana, los factores comunes de la gestión logística de materiales que influyen en su sistema productivo.

Se considera que tomando estos criterios de selección, las empresas elegidas para el estudio de casos son representativas de un número importante de empresas constructoras que operan en el sector. Por tal razón, los problemas más relevantes del sistema productivo encontrados en el estudio de casos, pueden presentarse de manera similar en muchas empresas del sector, asimismo, las directivas de gestión logística de materiales que se pueden obtener a partir de esta investigación pueden ser muy bien aplicables a estas mismas empresas. Finalmente, entre las empresas que cumplían con estos criterios, se seleccionaron aquellas que tenían la mejor predisposición para colaborar con el desarrollo de la investigación en esta etapa de exploración.

En el siguiente acápite se expone la metodología que se desarrollará durante la exploración de campo, el cual permitirá recabar la información precisa y necesaria relativa al tema de la investigación.

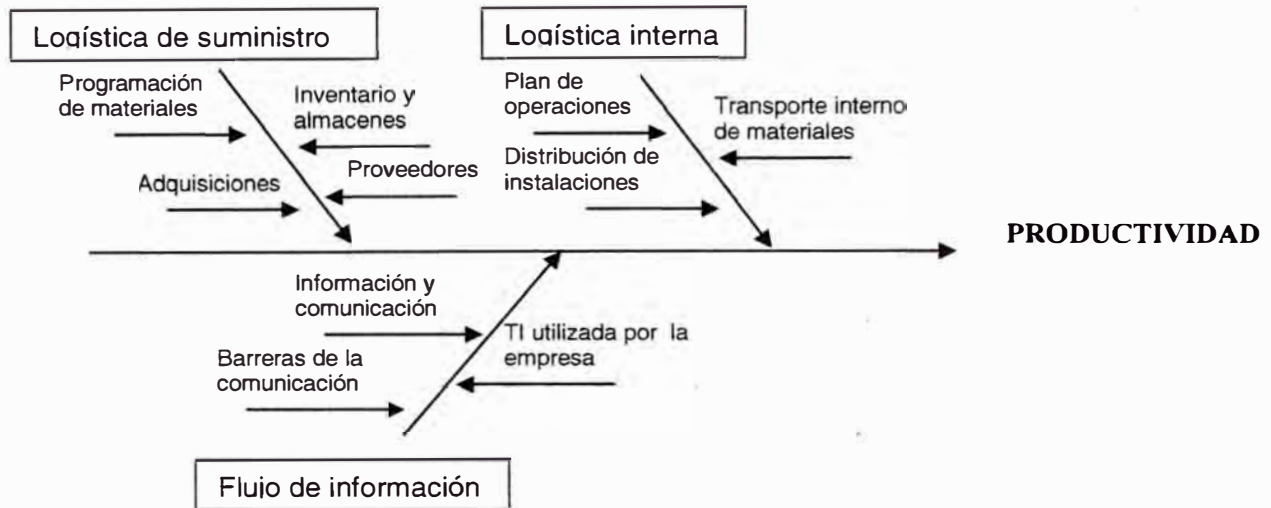
### **8.1 Metodología de exploración de campo**

Tal como se indicó en el capítulo 7, son varios los factores que afectan el desempeño del sistema productivo de una obra. Algunas de ellas son el diseño, la metodología del proceso, la seguridad, el recurso humano, equipo, materiales, etc.

El propósito de esta investigación es evaluar la gestión logística de materiales como un factor que influye en la productividad del sistema productivo, el cual no sería posible, si no se conoce a fondo las características de las actividades que la integra y como éstas han sido estructuradas dentro del sistema productivo de las obras de edificaciones en

construcción, en virtud de lo anterior se evaluará la relación entre los subfactores de la gestión logística de materiales y la productividad (Fig. 8.1).

**Fig. 8.1 Relación entre subfactores de la gestión logística de materiales y la productividad**

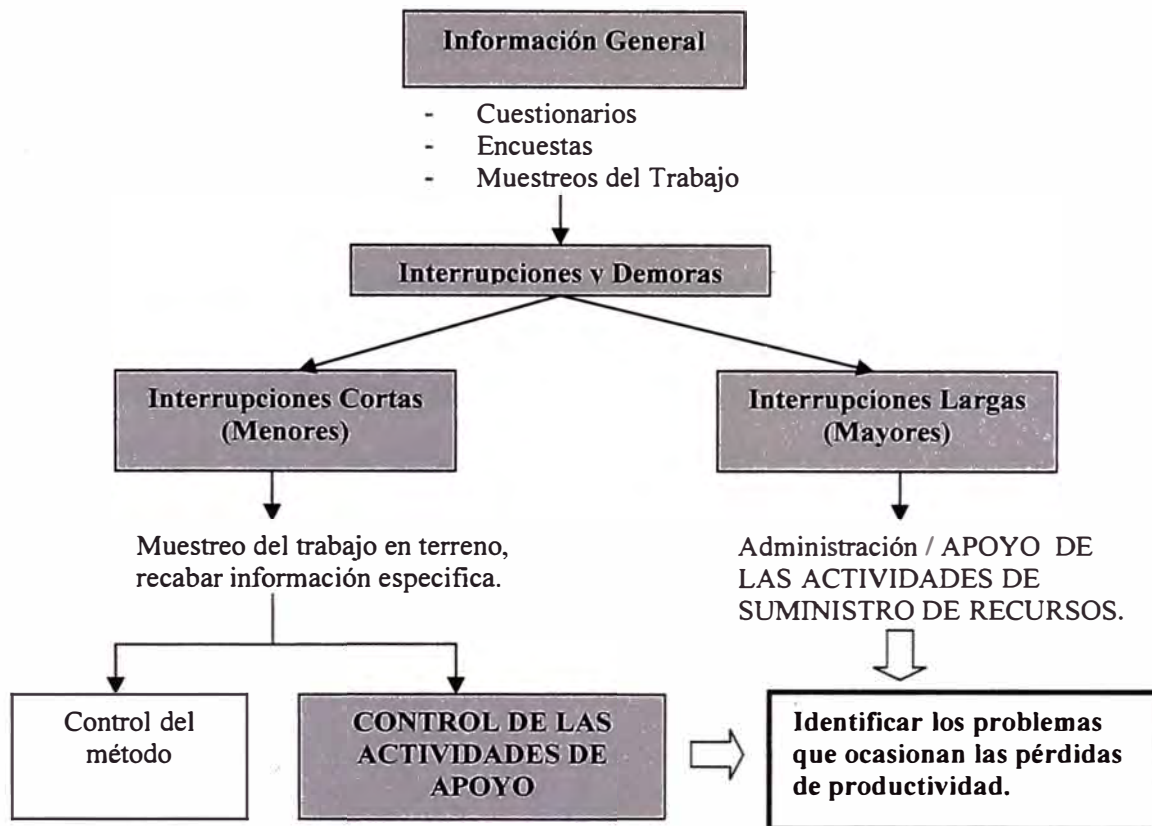


Fuente: Elaboración Propia

Para lograr distinguir los subfactores que tienen su origen en la gestión logística de materiales y que acarrearán posteriores problemas y pérdidas en el sistema productivo, además del conocimiento de las actividades que la integran (descritos en los capítulos 3, 4, 5 y 6), es necesario recabar información a través de un trabajo exploratorio de las obras que componen la muestra, siguiendo la metodología estructurada en este acápite. Las herramientas que serán utilizadas en esta metodología de investigación, son básicamente cuestionarios, encuestas y muestreos del trabajo, los cuales han sido descritos en el capítulo 7.

La estructuración del proceso de obtención de información en el trabajo exploratorio, que permita identificar los factores de la gestión logística de materiales en los estudios de caso que ocasionan las pérdidas de productividad en sus sistemas productivos, seguirá el siguiente esquema (ver figura 8.2):

**Fig. 8.2 Proceso de obtención de información**



Fuente: Serpell, 1993

Se entiende como actividades de apoyo, todas aquellas actividades que corresponden a la administración de las actividades de la logística que soportan con recursos (materiales, equipos, información, etc.) a los frentes de producción.

La evaluación y el diagnóstico, así como la propuesta para la mejora del sistema logístico de materiales se realizarán básicamente en cuatro fases, los cuales se describe a continuación:

Fase 1. En esta fase, a través de un cuestionario dirigida al personal administrativo de la empresa (ingenieros, arquitectos, administradores), se recabará aspectos generales relacionados con la organización y staff del área de logística dentro del organigrama de la empresa, políticas de la empresa que afectan al sistema productivo del proyecto, organización del proyecto (Anexo A).

Fase 2. Los cuestionarios que se realizarán en esta fase va dirigido a todos los profesionales que participan en los procesos logísticos de materiales del proyecto y tendrá como objeto en una primera instancia entender como se desarrollan las actividades de la gestión logística de materiales de la obra en estudio y en segunda instancia localizar los factores que originan los problemas más relevantes que tienen su origen en dichas actividades y como repercuten en el sistema productivo de la obra (Anexos B, C). Además se han elaborado cuestionarios dirigidos al personal obrero con la idea de evaluar la perspectiva del personal obrero frente a la administración de la obra (Anexo D). Asimismo, para conocer los puntos de vista de los agentes que se encuentran fuera de los límites corporativos de la empresa, pero que intervienen en la cadena de suministro de materiales, se entrevistará a algunos proveedores del proyecto con la finalidad de obtener sus apreciaciones respecto a los problemas que surgen en el suministro de los materiales y que solución darían, según su criterio, para resolver dichos problemas (Anexo E).

Fase 3. De los problemas más relevantes de la logística interna extraídos de la fase anterior, se obtendrán las categorías para el posterior muestreo de trabajo. Cabe recordar que el propósito de la investigación es evaluar la influencia de las actividades logísticas de materiales en el sistema productivo; por tanto, al localizar los principales problemas los cuales serán constituidos en determinadas categorías se puede cuantificar su influencia en el trabajo de las unidades productivas (cuadrillas de construcción).

Fase 4. En esta fase final se resumirá los principales problemas e interferencias más relevantes encontradas en los estudios de caso y se realizará una búsqueda de directivas administrativas para reducir o eliminar dichos problemas que se originan en las actividades de la gestión logística de materiales y que influyen en el desempeño del sistema productivo. En virtud de la importancia de esta fase, esta se desarrolla en un capítulo aparte.

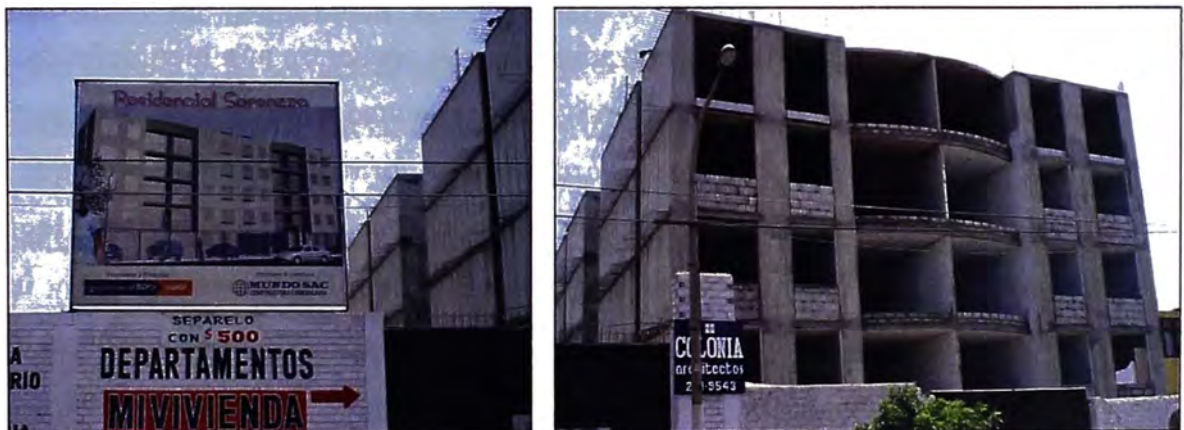


## 8.2 Empresa X

### 8.2.1 Caracterización de la Empresa y el Proyecto

La empresa en estudio es una empresa joven dedicada básicamente a la construcción de edificaciones y comercialización de unidades de vivienda, el cual ha realizado 12 obras de edificación desde el inicio de sus operaciones en 1,999. A la fecha de estudio la constructora venía ejecutando una obra de un conjunto de departamentos ubicado en el distrito de San Miguel de Lima Metropolitana comprendido en el programa Mivivienda que el gobierno actual viene impulsando. El proyecto demanda un costo aproximado de 487,000 dólares, que incluye el costo del terreno, el costo directo y los gastos generales. El plazo de ejecución del proyecto abarca un periodo de 6 meses. El sistema constructivo utilizado en este proyecto corresponde al sistema de losas y muros de concreto con mallas de refuerzo electro soldadas, constituyéndose en su primer proyecto que ejecuta utilizando este sistema (Fig. 8.3).

**Fig. 8.3 Estudio de caso: Residencial Serenzza**

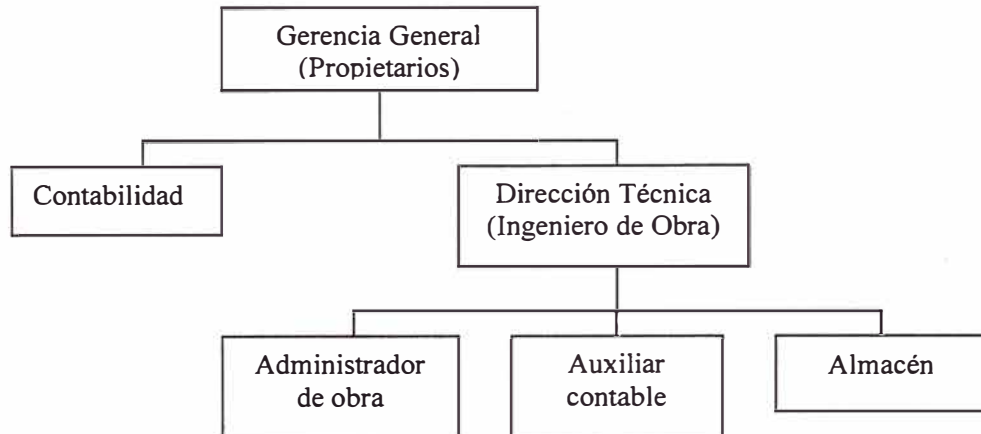


Fuente: Registros de obra

A razón que la empresa es una constructora joven, la estructura organizacional de la empresa aún no se encuentra bien definida, no obstante, de acuerdo a las labores que vienen realizando y la línea de autoridad observada se puede distinguir el siguiente organigrama adoptado por la empresa (Fig. 8.4).



**Fig. 8.4 Organigrama**



Fuente: Registros de obra

La característica de la estructura organizacional de la empresa es predominantemente lineal o independiente, con una línea de autoridad claramente definida que le otorga al ingeniero de obra el control y la autonomía en las decisiones relacionadas con la producción. No se registra ni documenta los hechos sucedidos durante el desarrollo del proyecto.

En virtud que la estructura organizacional no se encuentra aún bien definida, no se han diseñado procedimientos administrativos documentados que soporten la gestión de las obras, por tanto, no existen procedimientos formales establecidos que guíen el desarrollo de las funciones de la logística. El desarrollo de las actividades logísticas que demanda la obra son ejecutadas por casi todos los miembros que integran el organigrama de la empresa, bajo la dirección y coordinación del ingeniero de obra. El ingeniero de obra, quien asume la dirección técnica dentro del organigrama de la empresa realiza todas las labores propias de un ingeniero residente de obra y es el responsable del aspecto técnico del proyecto y de la producción. Asimismo, coordina con la gerencia general, quienes son los propietarios de la empresa, en la compra de materiales importantes y en el flujo de desembolsos requerido por la obra.

En la obra, el desarrollo de las actividades logísticas de suministro es realizado por el administrador de obra y almacenero, de igual manera, bajo la supervisión y dirección del ingeniero de obra. No se tiene desarrollado la logística interna de la obra, la

ubicación de las instalaciones auxiliares, las rutas de suministro, acceso y circulación son establecidas en su mayoría por el maestro de obra y las propias unidades de producción. Asimismo, los materiales requeridos son transportados por los propios interesados por accesos y sistema de transporte que son determinados por ellos mismos.

A razón del impulso que viene dando el gobierno al programa Mivivienda, la empresa tiene previsto seguir ejecutando obras comprendido dentro de este programa. En el corto plazo no tienen previsto contratar con el estado, la empresa espera crecer lo suficiente y contar con la capacidad logística para poder participar en licitaciones públicas.

## **8.2.2 Caracterización de la Gestión Logística de Materiales**

### **8.2.2.1 Logística de Suministro de Materiales**

#### **Programación de los requerimientos de los materiales**

La planificación de la obra que se dispone es muy general, el cual, es utilizado básicamente como un instrumento de referencia y control, pero que no permite visualizar los frentes y la secuencia del flujo de trabajo; razón por la cual no se ha podido elaborar el cronograma inicial de la obra y de los materiales.

Las programaciones de trabajos semanales o quincenales se realizan de acuerdo al desarrollo de la obra y a la disponibilidad de liquidez. La cuantificación de los materiales requeridos se realiza según las necesidades de las actividades proyectadas a ejecutar en el siguiente periodo. Esta cuantificación es realizada fundamentalmente basándose en la experiencia del ingeniero de obra y del maestro general, no se realiza una cuantificación de materiales requeridos para el siguiente periodo que estén soportados por los análisis de precios unitarios del presupuesto y el programa de obra. Esta forma de cuantificar, generalmente ocasiona que algunos materiales que son necesarios suministrar pasen inadvertidos, generándose solicitudes de suministro a última hora.

Una vez identificado los materiales requeridos para la semana de trabajo el ingeniero de obra dirige la solicitud de materiales a la gerencia general (quienes son los que disponen del efectivo principal de la obra) para su adquisición, básicamente en relación con los materiales que demandan un fuerte desembolso de dinero, los materiales menudos son adquiridos a través de una caja chica que se maneja en obra y que es adquirido por el administrador de obra. La solicitud que realiza el ingeniero de obra a la gerencia y al administrador de la obra lo hace a través de un medio escrito indicando la descripción básica de los materiales (fax, correo electrónico).

### **Compras**

Una vez identificado la necesidad, el ingeniero de obra conjuntamente con la gerencia general evalúan y seleccionan a los proveedores basándose en el desempeño que vienen desarrollando. No existe una evaluación formal ni registro documentado del desempeño de los proveedores, ni procedimientos formales para la tramitación de las adquisiciones de los materiales requeridos.

Tomando el costo como el criterio más importante de evaluación, seguido por la calidad y el nivel de servicio, la empresa emprendió relaciones comerciales con proveedores de la zona, con el objeto de reducir sus gastos de transporte. Según el ingeniero de obra, la mayoría de los proveedores que venían suministrando al proyecto en ejecución eran nuevos, la razón que se explicó era precisamente porque los proveedores de los anteriores proyectos se encontraban distantes del actual proyecto y por tanto, sus precios puestos en obra de los materiales requeridos eran mayores. Si bien el precio del material era el criterio más importante para la selección del proveedor, en ocasiones cuando el nivel de servicio del proveedor era deficiente, tuvieron la necesidad de cambiar de proveedor, aún cuando este finalmente representara un gasto mayor.

No se mantuvo ninguna relación contractual con los proveedores de materiales seleccionados. Este criterio de relación comercial es común en la mayoría de las pequeñas, mediana e incluso algunas grandes empresas constructoras del sector, a razón que le otorga cierta flexibilidad para cambiar de proveedor cuando el costo, calidad o nivel de servicio no es el adecuado. Por otro lado, con los proveedores de

servicios como los subcontratistas que ejecutan algunas partidas importantes, se realizan contratos básicamente con el objeto de mantener un mecanismo de control sobre ellos.

La forma que se utiliza para transmitir la información de los materiales requeridos a los proveedores es básicamente verbal, utilizando para ello medios de telefonía celular, en otros casos cuando el proveedor no dispone de este medio se envía la descripción de los materiales requeridos por correo electrónico o fax. Solo cuando el tipo de material lo requiere se acompaña las especificaciones técnicas correspondientes. En algunas ocasiones se han presentado confusiones en las entregas de materiales debido a la falta de claridad al momento de especificar el material requerido.

Durante la recepción, la conformidad de los materiales se realiza sobre la base de la experiencia de la persona encargada en recibir el material (almacenero o en algunos casos el ingeniero de obra), solo en casos de materiales especiales, se solicita los certificados de calidad respectivos.

Según la percepción del ingeniero de obra son pocas las veces que se han registrado retrasos en la entrega de materiales y no conformidades de los materiales recibidos, básicamente porque considera que tienen un sistema flexible en la selección del proveedor y la forma de pago que prácticamente es inmediata. Si algún proveedor no cumple con lo solicitado, simplemente cambia de proveedor, en consecuencia, salvo algunos materiales específicos que requieren un tiempo adecuado de evaluación y adquisición, el ingeniero de obra considera que son pocas las veces que afectado la obra el retraso o la no-conformidad de algún material. No obstante, se observa que el traspaso de un proveedor a otro debido al incumplimiento de los compromisos asumidos por parte del primero, requiere de un tiempo determinado, el cual, dependerá de la rapidez para encontrar a otro proveedor, de la disponibilidad del nuevo proveedor para atender dicha solicitud, etc. Por tanto, cualquiera sea el tiempo que tome cambiar de proveedor afectará de alguna manera la producción de la obra (escasez de materiales, reprogramaciones de última hora de las tareas asignadas a las cuadrillas de producción, etc.)

Por otro lado, los proveedores en general consideran que brindarían un mejor servicio si las solicitudes de materiales se realizaran con una adecuada anticipación o si se les proporcionara el cronograma de materiales de la obra, con actualizaciones continuas a lo largo del desarrollo del proyecto. Asimismo, consideran que los profesionales de la obra, en general, les brindan poca anticipación en sus pedidos de materiales, razón por la cual en ocasiones no les pueden atender las solicitudes de pedido en la fecha prevista. También revelan que esporádicamente han demorado en atender algunos pedidos de materiales en virtud que los materiales solicitados por la obra no se encontraban convenientemente especificados, razón por la cual, requerían que se precise la información.

### **Inventarios**

La empresa no mantiene una política de inventario bien definida. Muchas veces se observa que existe escasez de algunos materiales requeridos por las cuadrillas de producción. Por otro lado, algunos otros materiales adquiridos anticipadamente se mantienen en obra por varios días, incluso semanas, antes que sean requeridos por las unidades de producción, debido principalmente a la disponibilidad de espacio en obra (Fig. 8.5).

**Fig. 8.5 Materiales en inventario**



Fuente: Registros de obra



## **Almacenes**

La obra no dispone de un diseño previo de las instalaciones de los almacenes, razón por la cual los materiales son ubicados según la disponibilidad de espacio en obra. Esto origina muchas veces que los materiales estén expuestos a daños, pérdidas y robos.

El control de los materiales se encuentra bajo la responsabilidad de una persona asignada para tal fin, no obstante, no se realiza un registro formal de ingresos y salidas de los principales materiales de la obra. Por otro lado, la cuantificación de la mayoría de los materiales es definida por las propias unidades de producción en función de las tareas asignadas y sus necesidades. Esta situación difícilmente permite conocer la magnitud de las pérdidas directas e indirectas que se pueden producir durante el desarrollo de la obra.

La obra no dispone de cuadrillas exclusivas para el suministro de materiales. La espera, recepción y transporte de materiales son realizados por los propios integrantes de las cuadrillas.

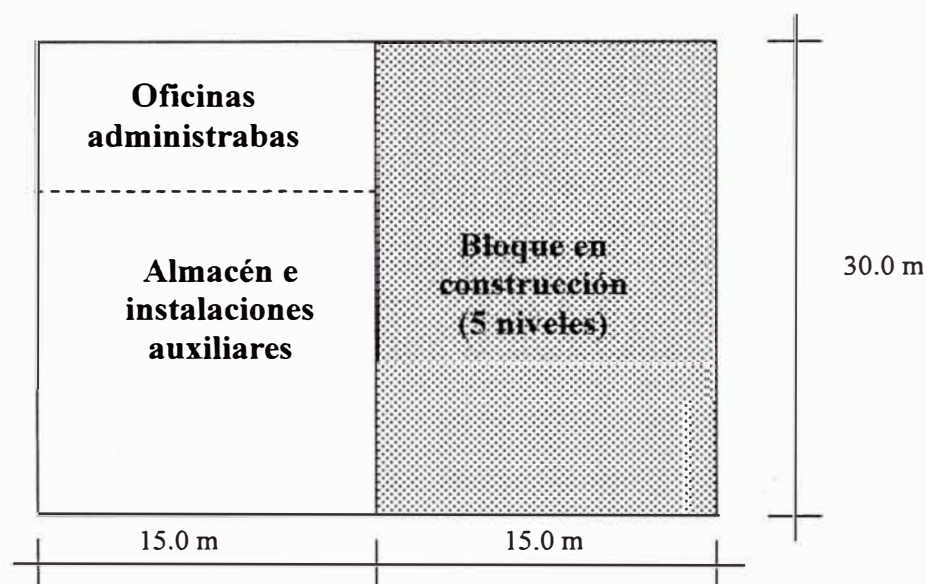
### **8.2.2.2 Logística Interna de Materiales**

Se realiza una planificación básica de la manera como se desarrollarán las operaciones en la obra, basándose en la experiencia del ingeniero de obra y del maestro general. Las decisiones de la secuencia de la obra y la distribución de las instalaciones auxiliares son transmitidas a las unidades productivas de manera verbal al inicio y durante la ejecución del proyecto. En el caso particular del proyecto que vienen ejecutando, que consiste en dos bloques gemelos de edificios de viviendas, no se tuvo mayor problema en la disponibilidad de espacio para la ejecución del primer bloque, dado que se disponía del área correspondiente al segundo bloque para la ubicación de las instalaciones auxiliares y los almacenes (Fig. 8.6). Ya para la ejecución del segundo bloque se observa que demandará una buena planificación de operaciones y de instalaciones auxiliares para la ejecución del proyecto, así mismo, se observa que se requerirá que las entregas de los materiales a la obra se realicen en entregas pequeñas y justo cuando es requerido por la producción debido a la escasez de espacio que se dispondrá.



Tal como se indicó inicialmente, la planificación de operaciones es básicamente un acuerdo entre el ingeniero y el maestro de obra de la secuencia que se seguirá para la ejecución del proyecto, asimismo, la asignación de las áreas correspondientes para las instalaciones auxiliares se realiza a través de directivas verbales a los responsables de dichas instalaciones. Las rutas de acceso y distribución de materiales son establecidas por las propias unidades productivas interesados en transportar sus materiales y herramientas.

**Fig. 8.6 Área de construcción y distribución de instalaciones**



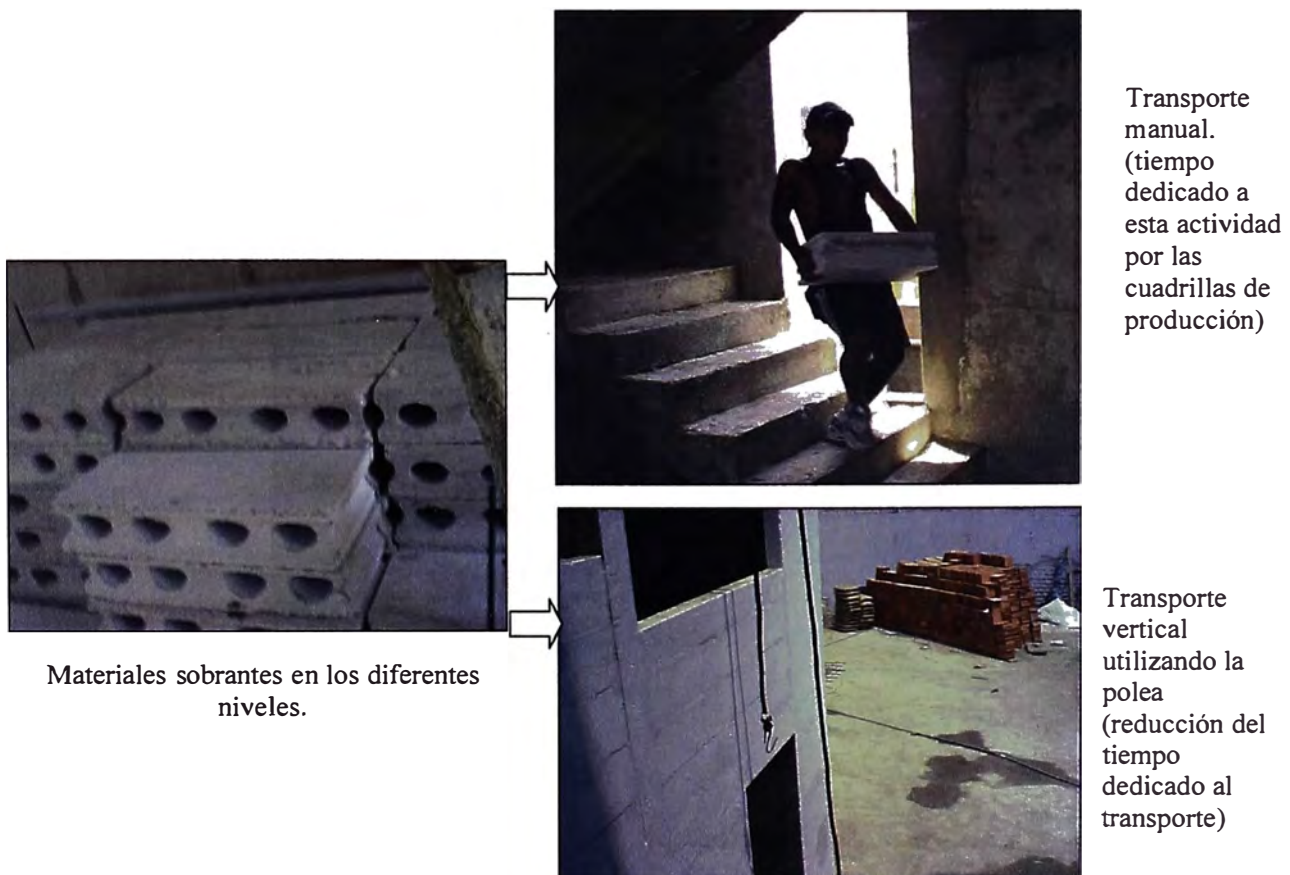
Fuente: Registros de obra

Al no diseñar y registrar las rutas de acceso y sistemas de distribución de materiales, la dirección de la obra desconoce el tiempo que dedica las unidades productivas en viajes a las instalaciones y el transporte de sus materiales; de la misma manera, al dejar a criterio del trabajador la ruta y el medio de transporte no se evalúan métodos apropiados para el transporte de materiales, desaprovechando los equipos disponibles que pueden ser utilizados para reducir los tiempos de suministro y transporte en obra. Como un ejemplo de ello, se observó en varias ocasiones que el transporte del material sobrante de los pisos superiores hacia los almacenes ubicados en el primer nivel era realizado por una cuadrilla de trabajadores que realizan actividades productivas, desaprovechando la polea

disponible y la fuerza de gravedad como la mejor fuerza motora aconsejable para el transporte vertical de estos materiales (Fig. 8.7).

Finalmente, se constató que la empresa desconoce la magnitud de las pérdidas que se genera en movimientos y transportes debido a no existe una cultura para realizar una planificación previa a la ejecución del proyecto, solo se revisa el plan general cuando surge algún conflicto o problema en la secuencia lógica del proyecto o en el abastecimiento de recursos a los frentes de trabajo. No obstante, al margen de los problemas de abastecimiento, transporte y pérdidas que se presentan en la obra, la dirección técnica del proyecto reconoce que estos problemas serían resueltos si se realizara antes de la ejecución del proyecto una adecuada planificación de obra, de instalaciones auxiliares y procesos de distribución, con actualizaciones periódicas, soportados por herramientas técnicas de planificación, control y mejora.

**Fig. 8.7 Transporte manual de materiales**



Fuente: Registros de obra

## 8.3 Empresa Y

### 8.3.1 Caracterización de la Empresa y el Proyecto

La empresa en estudio inició sus operaciones en 1987, durante estos 18 años ha ejecutado diversas obras de edificaciones tanto públicas como privadas razón por la cual han ganado experiencia en el ramo. A la fecha de estudio venían ejecutando dos proyectos de edificaciones una de ellas se encontraba en la fase de acabados y la otra en la fase inicial (cimentaciones), anterior a estos dos proyectos, ejecutaron dos proyectos de edificaciones, todos ellos comprendidos dentro del programa Mivivienda que viene impulsando el gobierno.

El nombre del proyecto en estudio se denomina Edificio Multifamiliar INCLAN IV (Fig. 8.8), ubicado en el distrito de Miraflores, cuyo monto aproximado de construcción (costo directo más gastos generales) sin incluir el valor del terreno es de S/. 3,500,000.0 y cuenta con un plazo de 7 meses. El sistema constructivo utilizado en este proyecto corresponde al sistema mixto de concreto armado y albañilería confinada. El diseño del proyecto contempla la construcción ocho pisos destinados a unidades de vivienda y dos sótanos para estacionamiento. A la fecha de inicio del estudio del caso, el proyecto se encontraba en la etapa de cimentaciones y contaba con 40 trabajadores asignados para esta fase inicial.

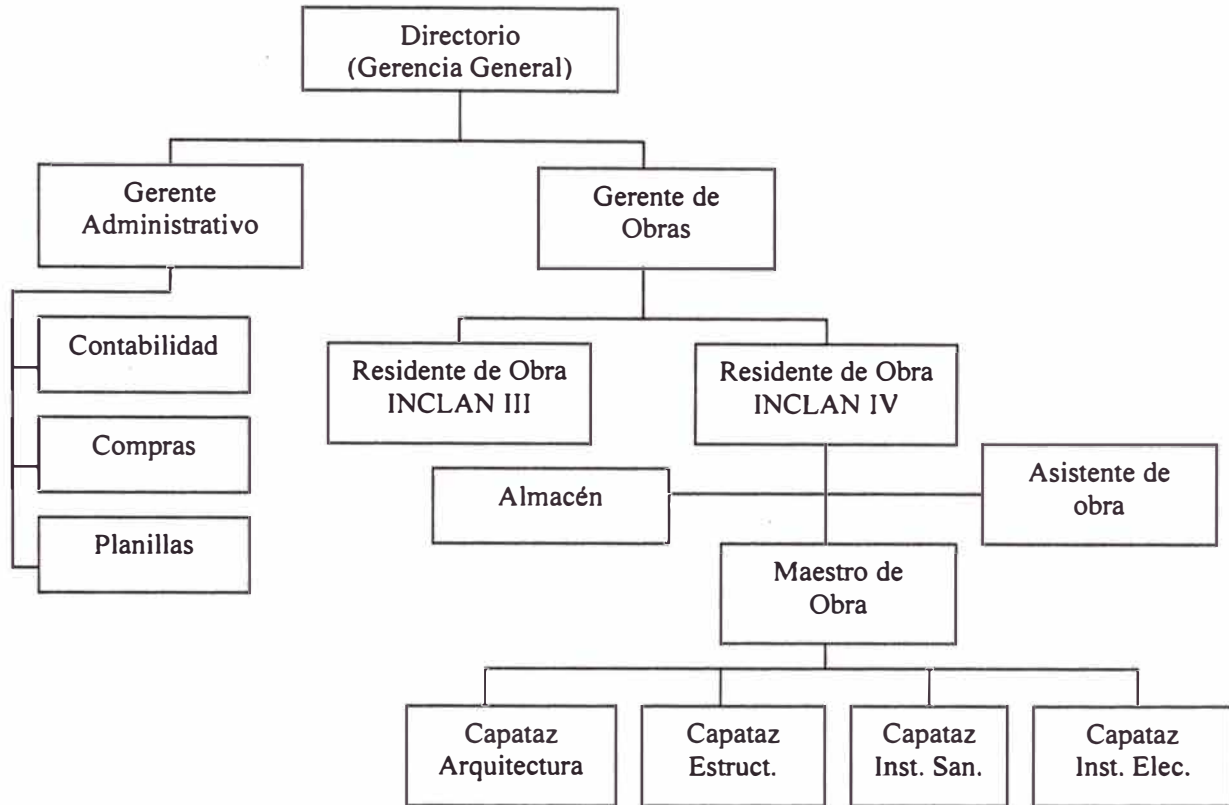
**Fig. 8.8 Estudio de caso: Edificio multifamiliar Inclán IV**



Fuente: Registros de obra

La estructura organizacional de la empresa definida de acuerdo a las responsabilidades asumidas por empleados y directivos de la empresa a lo largo del desarrollo de las diversas obras que han ejecutado se muestra en la figura 8.9.

**Fig. 8.9 Organigrama**



Fuente: Registros de obra

Como se puede observar, la estructura de la organización de la empresa en estudio cae dentro del esquema de una organización funcional, a razón que se distingue dos áreas de conocimiento diferenciadas, la primera disciplina es la parte del manejo técnico de las obras dirigido por el gerente de obras y la segunda disciplina corresponde al manejo administrativo de las obras a cargo de la gerencia administrativa. Cada área se encarga de la parte que le corresponde del proyecto asumiendo la responsabilidad que le concierne. Este esquema organizacional, le permite conservar la experiencia ganada a lo largo de las obras desarrolladas en las disciplinas correspondientes, no obstante, al igual que la empresa X, la ausencia de un sistema que le permita registrar y documentar los hechos sucedidos en el proyecto le impide acumular, procesar y disponer de información de las experiencias adquiridas en obras futuras.



La empresa a través de las obras que ha ejecutado, estableció procedimientos implícitos para desarrollar las actividades logísticas que requiere las obras, no obstante, estos procedimientos no se encuentran formalmente documentados. Según los directivos de la obra, esperan más adelante formalizar estos procedimientos de modo que estas se conviertan en una guía de gestión de las actividades logísticas.

En cuanto a las funciones de la logística de suministro, la planificación e identificación de las necesidades de materiales es determinada por la parte operativa de la obra, en tanto que el total de las adquisiciones de materiales se centra básicamente en el área administrativa. El proyecto en ejecución dispone de un cuaderno de requerimientos de materiales en obra, donde el maestro general o los capataces realizan su solicitud de materiales, estas solicitudes son tomadas por la gerencia administrativa y asigna a una persona para que realice las cotizaciones y compras de los materiales requeridos, todas las adquisiciones de la empresa se trasladan directamente al almacén de la obra. La dirección no desarrolla una clasificación de los materiales según su incidencia o por las características del proveedor, razón por la cual, la administración realizaba los mismos esfuerzos en los trámites y controles en las adquisiciones tanto para los materiales menudos (clavos, hojas de sierra, etc.) como para aquellos importantes. Se observó una saturación de la gerencia administrativa al concentrar en ella todas las solicitudes de materiales requeridos por la producción, esto en ocasiones, generaba que muchas solicitudes de materiales no sean atendidas a tiempo, más aún, cuando las solicitudes de materiales eran realizados a última hora por los interesados (cuadrillas de producción).

Al igual que la empresa X, la empresa constructora tiene previsto seguir ejecutando obras de edificación comprendidos dentro del programa Mivivienda que viene impulsando el gobierno actual y participar en licitaciones públicas que le permita contratar con entidades del estado en la medida que se incremente la inversión del sector.

## **8.3.2 Caracterización de la Gestión Logística de Materiales**

### **8.3.2.1 Logística de Suministro de Materiales**

#### **Programación de los requerimientos de los materiales**

Aún cuando la obra ya se había iniciado, recién se hallaba en proceso de elaboración el presupuesto y la planificación detallada de la obra, por el ingeniero asistente bajo la supervisión del ingeniero residente de la obra; por tanto, no se encontraba definido la secuencia lógica de las actividades de la obra, el cronograma de obra y materiales y toda aquella información relacionada requerido por la producción.

Debido a que aún no se contaba con la planificación de la obra, la programación de las actividades que se proyectaban ejecutar en el siguiente periodo eran realizadas basados en la experiencia del ingeniero de obra y el maestro general. Al igual que la empresa X, la cuantificación de materiales requeridos por las actividades programadas para el siguiente periodo no se encontraban soportados por los análisis de precios unitarios del presupuesto y el programa de obra. La identificación y cuantificación de las necesidades de los de materiales se realizaba basándose en el criterio y la experiencia del ingeniero y maestro de obra, esta información se acompañaba a la solicitud de materiales que se realizaba a través de un cuaderno de requerimientos de materiales que se disponía en obra. Naturalmente esta forma de programar, ocasionaba que algunos materiales pasasen inadvertidos, generándose solicitudes de compra a última hora.

Estas solicitudes de materiales, eran recogidas por la gerencia administrativa para iniciar los trámites de su adquisición, pero antes de ello, revisaba dichas solicitudes para corregir o solicitar mayor precisión o información, basándose en su experiencia. Este procedimiento (uso de cuaderno de requerimientos) pocas veces permitía anexar las especificaciones técnicas de los materiales, lo que generaba evidentemente muchos reprocesos (precisiones en las solicitudes de materiales), ocasionando demoras en las adquisiciones y pérdidas en el proceso logístico.

El ingeniero de obra estima que del 10% al 20% de actividades planificadas para el siguiente periodo (semana) son reprogramadas debido a que los materiales no se



encuentran en obra. Las razones de este elevado porcentaje de actividades reprogramadas se debe a la falta de una programación anticipada de materiales coherente con la planificación de la producción; falta de una clasificación previa de los materiales; solicitudes de materiales sin la información necesaria; medios inadecuados de transmitir las solicitudes y; por la centralización excesiva de la gerencia administrativa en la tramitación de todos los materiales requeridos por la obra.

Los directivos de obra reconocen que debido a la escasez de una planificación confiable existe incertidumbre y variabilidad en el avance de la producción, lo cual, dificulta realizar una programación de materiales certera con la anticipación adecuada. Por otro lado, la mayoría de los trabajadores concuerdan que debido a que no se les comunica con anticipación las actividades que tienen que realizar no pueden solicitar con tiempo los materiales que requieren para ejecutar dichas labores. La falta de materiales en obra les obliga a realizar muchas veces otras actividades no productivas (limpieza, reubicación de materiales y herramientas, etc.).

### **Compras**

Esta etapa se inicia cuando la gerencia administrativa recoge las solicitudes de materiales realizadas en el cuaderno de requerimientos, para iniciar los trámites para su adquisición. Similarmente a la percepción de los trabajadores la gerencia administrativa considera que con frecuencia se inician tarde las adquisiciones debido a las deficiencias de la programación de actividades que no permite con tiempo anticipar las solicitudes de compra de los materiales a los proveedores, razón por la cual casi siempre se realiza solicitudes de compra de materiales a última hora. Esto se hace crítico, cuando la solicitud de los materiales no cuenta con las especificaciones técnicas necesarias para su adquisición, lo cual, ocurre con cierta frecuencia.

Estas solicitudes de compra son trasladadas a los proveedores para que realicen sus ofertas. Según la información brindada por el gerente administrativo, mantienen una relación comercial con los principales actuales proveedores desde hace dos años (dos proyectos de edificación ejecutadas anteriormente), no obstante no se han establecido

compromisos contractuales con ninguno de ellos, que permitieran una integración y mejora de los procesos logísticos.

La selección de las ofertas o cotizaciones básicamente consiste en una evaluación conjunta entre el gerente de proyectos y el gerente administrativo, del precio, calidad y nivel de servicio ofrecido por los proveedores del material requerido.

Si bien no existe un cronograma de materiales que anticipe sus adquisiciones, los profesionales de obra consideran que la mayoría de las veces el tiempo que toma la administración de la obra en la evaluación, selección y negociación de las ofertas de los materiales se prolonga demasiado, de tal modo que con frecuencia afecta el avance de la producción. Asimismo, periódicamente las adquisiciones se ven condicionada a la disponibilidad de liquidez, generando de igual modo retrasos en las entregas de materiales a obra.

El criterio más importante para cambiar o conservar a un determinado proveedor es el precio ofertado por este, el segundo criterio en importancia es la calidad, sin embargo, no siempre los proveedores que cubren ambos criterios ofrecen las facilidades de pago que la empresa requiere, razón por la cual, se ven obligados a buscar a otro proveedor que les otorgue cierta flexibilidad en el pago.

El medio que se utiliza para realizar las ordenes de compra así como solicitar las cotizaciones de los materiales requeridos es verbal y posteriormente es formalizado mediante un documento escrito que es enviado por fax o correo electrónico. La existencia de teléfonos fijos y móviles, radios troncalizados, etc., permiten fácilmente realizar consultas a los proveedores antes de enviar la solicitud de cotización escrita. Dependiendo del tipo de material se anexan las especificaciones técnicas requeridas por el proyecto, en los demás casos se remiten únicamente la descripción del material.

Cuando el material es enviado a obra por el proveedor la conformidad del material se realiza sobre la base de los requisitos de calidad establecidos en la orden de compra mediante inspecciones visuales realizados por el ingeniero de obra o a través de certificados de calidad que garanticen el material suministrado.

## Inventarios

Estos problemas e interferencias expuestos que surgen en las etapas de planeamiento y compras originan que a menudo las unidades de producción no encuentren los materiales requeridos en las instalaciones de la obra. Por otro lado, debido a cambios en el diseño que obliga a cambiar los materiales requeridos y que muchas veces no son comunicados a tiempo a la gerencia administrativa, genera que se adquieran materiales o insumos sin considerar estos cambios y sean almacenados por mucho tiempo, ocupando espacio y generando gastos en su control y cuidado.

Al igual que las demás empresas, no se dispone de una política clara respecto al manejo de inventarios. No se mantiene una reserva de materiales que garantice el desarrollo normal de la producción, pero tampoco, se realiza entregas de materiales justo a tiempo cuando es requerido por la producción.

## Almacenes

La obra no dispone de mucho espacio para la ubicación de las instalaciones auxiliares, razón por la cual, los almacenes se encuentran ubicados en el sótano del edificio que encuentra en la fase de acabados, adyacente al proyecto que recién se esta iniciando, además, se dispone del frontis del área en construcción para almacenar materiales de mayor volumen (varillas de refuerzo, agregados, etc.). No se ha realizado un diseño formal de las instalaciones previo a la ejecución de la obra, asimismo, aún cuando existen limitaciones de espacio en la obra no se ha considerado un lugar de acopio para materiales de gran volumen que pueden ser afectados por el medio ambiente.

**Fig. 8.10 Almacenes de la obra: Edificio Multifamiliar Inclán IV**



Fuente: Registro de obra.

La obra cuenta con una persona encargada en el control de los almacenes, el cual, registra todos los ingresos y salidas de los materiales importantes y susceptibles de cuantificarse con precisión con la ayuda de una hoja de cálculo. Se puede afirmar que las pérdidas directas en estos materiales (sustracciones, robos, etc.) son controladas mediante este sistema.

Las entregas de materiales a las unidades de producción se realizan durante todo el día, el cual, le toma al almacenero entre 4 a 5 horas efectivas en atender todas las entregas. El almacén de la empresa no cuenta con una cuadrilla especial que se encargue en recibir y transportar los materiales desde los almacenes hasta los frentes de producción, esta labor lo realizan las propias unidades de producción (operarios, oficiales, peones) interesados en los materiales. La demora en la atención o entrega de materiales genera que las unidades de producción que se encuentran a la espera de sus materiales se mantengan inactivos o realizando actividades que no son necesariamente productivas (limpieza, transporte, mediciones, etc.).

Las solicitudes de materiales se realizan según lo requerido por las unidades de producción, en función de las tareas a ejecutar durante el día asignadas por el maestro de obra o ingeniero, el transporte de dichos materiales es realizado por los integrantes propios de las cuadrillas, los cuales pueden ser realizado durante todo el día en los momentos en que los materiales son requeridos.

### **8.3.2.2 Logística Interna de Materiales**

Como se comentó en el acápite anterior de la logística de suministro, la obra en estudio que se viene ejecutando no dispone de un plan de obra, por tanto, no se encuentra definido con precisión la secuencia de la obra, los frentes de trabajo, los procesos constructivos, etcétera. Las ubicaciones de las instalaciones auxiliares (talleres y almacenes) y las rutas de suministro, son definidas durante la ejecución de la obra basándose en el desarrollo de la misma y la experiencia del ingeniero y el maestro de obra. Estas rutas de suministro establecidas por el ingeniero de obra son transmitidas de manera verbal a las unidades productivas por el maestro de obra, no obstante, no siempre son respetadas por las cuadrillas de producción. En los casos de las rutas de suministro, acceso y circulación hacia los frentes de trabajo e instalaciones que no se



encuentran definidas por la dirección, los equipos de producción interesados establecen sus propias trayectorias.

**Fig. 8.11 Área de construcción y distribución de instalaciones auxiliares**



Fuente: Registro de obra.

Por otro lado, se observó que la obra no dispone de mucho espacio para la ubicación de las instalaciones auxiliares, esta restricción de espacio demanda con urgencia realizar una buena planificación de obra y de instalaciones auxiliares para la ejecución del proyecto, con el objeto de tomar control de las pérdidas en los movimientos y transporte de materiales que se pueden generar. En este caso, se observa la necesidad de programar las entregas de los materiales a obra en pequeñas cantidades (basado en una planificación por lotes de producción) en el momento que es requerido por la producción.

En cuanto a los medios de suministro de materiales, se observa que la mayoría de las veces el transporte se realiza de manera manual por las propias cuadrillas de producción interesados en sus materiales. No se cuenta con personal exclusivo encargado para el suministro y transporte de materiales.

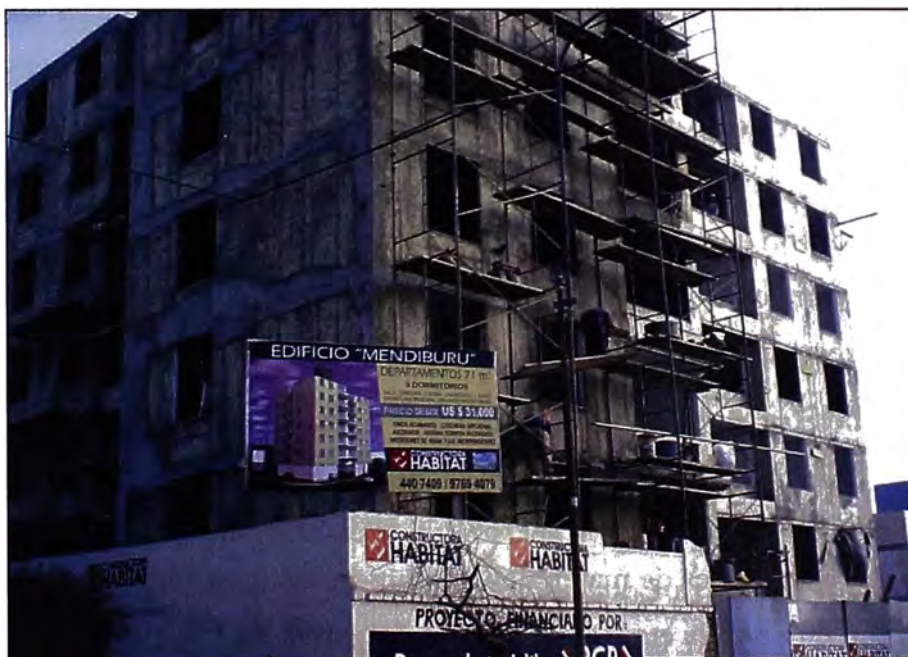
## 8.4 Empresa Z

### 8.4.1 Caracterización de la Empresa y el Proyecto

La empresa en estudio tiene una antigüedad aproximada de 10 años, la experiencia adquirida en estos años ha sido básicamente la ejecución de obras de edificación, logrando ejecutar más de 12 obras desde su fundación. A la fecha de estudio viene ejecutando un proyecto de edificación destinado a viviendas familiares comprendido dentro del programa Mivivienda.

El nombre del proyecto en ejecución se denomina Edificio Multifamiliar MENDIBURO (Fig. 8.12), ubicado en el distrito de Miraflores, cuyo monto aproximado de construcción incluido el valor del terreno es 520,000.0 dólares y cuenta con un plazo de 6 meses. El sistema constructivo utilizado en este proyecto corresponde al sistema de losas y muros de concreto con mallas electro soldadas de refuerzo. El diseño del proyecto contempla la construcción 21 unidades de vivienda distribuidas en siete pisos. Al iniciarse el estudio del caso, el proyecto se encontraba iniciando la etapa de acabados y contaba con 40 trabajadores asignado para esta fase del proyecto.

**Fig. 8.12 Estudio de caso: Edificio multifamiliar Mendiburo**

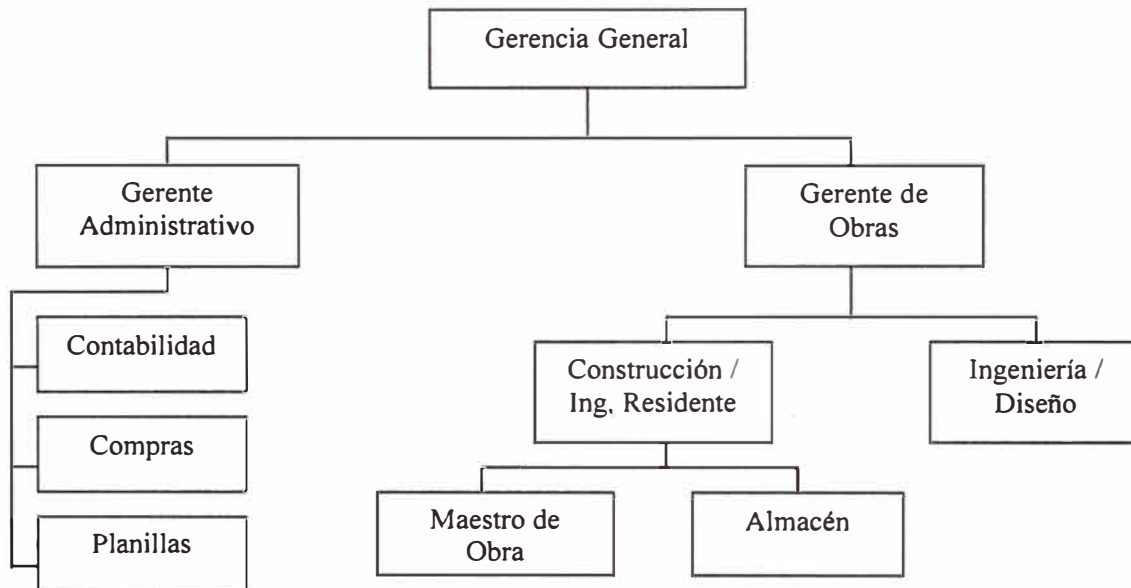


Fuente: Registros de obra



El organigrama adoptado para llevar adelante el proyecto en ejecución se representa en la figura 8.13.

**Fig. 8.13 Organigrama**



Fuente: Registros de obra

La estructura organizacional adoptada por la empresa distingue dos áreas principales. La primera es relativa a la gerencia de operaciones que tiene a su cargo el diseño del proyecto y la construcción del mismo. En tanto que la segunda área está vinculada con el manejo administrativo de la empresa y de la obra, no obstante, las actividades que realizan son básicamente de apoyo a razón que no tiene mayor contacto con la obra.

Durante la elaboración del diseño del proyecto, en el cual intervino el ingeniero de obra, se elaboró la mayoría de los documentos, tales como, planos, presupuesto, plan de obra, cronograma de recursos, flujo de caja, etc., requeridos para la ejecución del proyecto. Estas informaciones, se convirtieron en una herramienta de guía y control, el cual, permitió de alguna manera anticipar problemas y facilitar la gestión de la producción. Además, durante la etapa de diseño previa a la ejecución se pudo recabar información necesaria como cotizaciones de materiales e insumos, relación proveedores locales, etc., los cuales fueron útiles en la etapa de ejecución del proyecto.

Según el esquema adoptado se puede observar que el organigrama es fundamentalmente funcional con cierto grado de autonomía otorgado a la parte operativa, al dejar en esta área no solo la responsabilidad de la dirección de la obra, sino además, de la selección y contratación de los materiales requeridos por el proyecto. La parte administrativa básicamente, tiene funciones de apoyo con la tramitación documentaria de las compras, pago a los proveedores, planillas, etc., en función del informe y la autorización del área operativa del proyecto.

Al igual que el resto de los casos estudiados, la ausencia de un sistema que le permita registrar y documentar los hechos sucedidos en el proyecto le impide acumular, procesar y disponer de información de las experiencias adquiridas en obras futuras.

En general, no se tiene aún bien desarrollado las funciones de la logística de la empresa, razón por la cual, no existe un departamento o responsable que coordine e integre las actividades de la logística del proyecto. La identificación de los materiales requeridos, el contacto con los proveedores, el registro de ellos y la solicitud de la cotización es realizada por el ingeniero de obra. Una vez seleccionado y generado la orden de compra, el trámite de facturación y pago es realizado por la parte administrativa de la empresa. Por otro lado, no se encuentra adecuadamente planificado la logística interna que facilite el desarrollo de la producción de la obra, los materiales requeridos por las unidades productivas son transportados por los propios interesados por accesos y sistema de transporte que son determinados muchas veces por ellos mismos.

La empresa basa su competitividad en la calidad y el acabado del producto que ofrece, procurando brindar un mejor producto al estándar ofrecido en el mercado por otras empresas constructoras, además de ello, han seleccionado a proveedores de insumos y materiales incidentes considerando el prestigio que tienen y la calidad garantizada de sus productos. Por otro lado, se informó que una de las principales políticas de la empresa es tratar bien a los empleados y trabajadores que trabajan en la empresa, tanto en el aspecto personal como en el económico, basando su confianza en la habilidad y capacidad técnica de sus profesionales y trabajadores al realizar su trabajo. Esto ha

permitido eliminar el clima de tensión que normalmente se presentan en las obras, generando un ambiente, donde cada trabajador ejecuta la labor que tiene que realizar.

## **8.4.2 Caracterización de la Gestión Logística de Materiales**

### **8.4.2.1 Logística de Suministro de Materiales**

#### **Programación de los requerimientos de los materiales**

La empresa en estudio cuenta con la planificación inicial detallada de la obra, el cual fue elaborado en la etapa de diseño por el ingeniero responsable de la obra. Con la planificación, el cronograma de obra y el presupuesto, se elaboró el cronograma inicial de materiales y la lista general de materiales. Esta información fue muy útil durante la ejecución del proyecto, pues sirvió de referencia para la identificación de las necesidades y las adquisiciones. Sin embargo, no es actualizado según el avance de la producción, razón por la cual, presentaba limitaciones como herramienta de apoyo a la gestión de la producción.

La cuantificación de los materiales requeridos por las actividades proyectadas a ejecutar para el periodo siguiente (semana) se realiza según la experiencia del ingeniero de obra con la colaboración del maestro general tomando en consideración el avance actual de la obra y la referencia del cronograma inicial de materiales. Al igual que las demás empresas, aunque con menos frecuencia, esta forma de identificar y cuantificar los materiales, ocasionaba que algunos de ellos pasasen inadvertidos, generándose de igual modo solicitudes de compra a última hora.

La dirección de la obra reconoce que la mayoría de las veces que se han presentado retrasos en las adquisiciones de los materiales debido a deficiencias de la programación, ha afectado la marcha normal de la producción del proyecto. Estas interferencias en el suministro de los materiales expresa la necesidad de actualizar la planificación inicial tomando en consideración el estado de desarrollo de la producción que permita anticipar los trámites en las adquisiciones de los materiales (planificaciones periódicas de corto plazo).

Una vez identificado los materiales requeridos y sus cantidades, el ingeniero de obra elabora una solicitud de materiales consignando la descripción de los materiales y sus especificaciones técnicas dependiendo del material requerido. Esta solicitud se transmite a la oficina central de la empresa donde funciona la parte administrativa encargada en realizar las adquisiciones. El medio utilizado para la comunicación es a través del correo electrónico y fax

### **Compras**

Como se indicó anteriormente, durante la elaboración de la planificación de la obra previa a la ejecución, el ingeniero de obra elaboró una lista de proveedores con las que mantuvo una relación comercial en obras anteriores, para solicitarles la cotización de los insumos requeridos por el proyecto para la elaboración del presupuesto. Esta información se tomó como referencia para la adquisición final de los materiales, no obstante, al igual que las demás empresas analizadas, si bien se disponía de la relación de materiales e insumos requeridos por el proyecto y sus proveedores, no se elaboró una clasificación de ellos en función de su incidencia (clasificación ABC) y de las características del proveedor del material, que permitan aplicar un esfuerzo administrativo y de control consecuente con esta clasificación.

La evaluación de las ofertas de los proveedores es realizada principalmente por el ingeniero de obra y se hace considerando el precio ofertado y de una apreciación subjetiva de las referencias que se tiene del proveedor, respecto a la calidad de su producto y el nivel de servicio que ofrece. Ya durante la ejecución del proyecto muchas veces se cambia de proveedor por razones de precios, o cuando el nivel de servicio desarrollado por la empresa proveedora no ha sido el esperado por la constructora. No se dispone de un sistema de evaluación objetiva de los proveedores sobre la base de parámetros de evaluación preestablecidos.

La empresa mantiene una relación contractual con aquellos proveedores que suministran insumos principales como el concreto, el encofrado metálico y mallas de acero. Esta relación se dio básicamente con el objeto de conseguir cierta flexibilidad en el pago. En

cuanto a los materiales menudos, las adquisiciones generalmente se realizan a los proveedores locales cercanos a la obra en ejecución.

Dependiendo del material las solicitudes de compra hechas por la empresa hacia los proveedores son realizadas verbalmente indicando la descripción del material, por escrito cuando el material requiere mayor especificación o cuando la empresa proveedora requiere necesariamente de una orden de compra por parte de la constructora. Los medios utilizados para realizar estas solicitudes generalmente son hechos a través de teléfono, fax y correo electrónico.

Los retrasos en las adquisiciones de materiales, según la información brindada, no son tan frecuentes. No obstante, las veces que ocurrieron se debieron a retrasos en la colocación de la orden de compra por la persona encargada de la parte administrativa de la empresa. Por otro lado, se observa que se da poca anticipación a los proveedores para el envío de los materiales desde la fecha de confirmación o colocación de la orden de compra, normalmente estos pedidos son para entrega inmediata, lo que genera que normalmente dichos pedidos no sean atendidos en el plazo solicitado.

La conformidad del material durante la entrega es realizada básicamente mediante una inspección visual del material suministrado por parte del ingeniero de obra. Asimismo, en algunos materiales se solicita a los proveedores los certificados de calidad, catálogos, fichas técnicas que garanticen y describan las características del material entregado. Al igual que las demás empresas estudiadas, la empresa no cuenta con procedimientos que documenten y registren la conformidad y no-conformidad del material suministrado, ni registros de evaluación del proveedor por el servicio ofrecido.

### **Inventarios**

Los problemas de inventarios se presentan fundamentalmente por restricciones de espacio, muchas veces no se puede completar de suministrar los materiales requeridos por la producción debido a esta restricción. Por otro lado, debido a la organización del trabajo que se tiene previsto realizar en el periodo siguiente, se solicitan el volumen de los materiales requeridos durante dicho periodo, sin especificar el número de envíos y

las fechas de entrega, esto genera muchas veces que los proveedores envíen el volumen total solicitado de materiales al inicio del periodo, ocupando espacio e impidiendo la entrega de los demás materiales. Esta descoordinación en las entregas, genera a veces que algunas actividades sean reprogramadas o postergadas hasta que se elimine la restricción de espacio y se puedan abastecer los materiales requeridos para sus ejecuciones. Por otro lado, la obra tampoco dispone de almacenes de acopio cercanos a la obra que permitan almacenar materiales de gran volumen.

Debido a la restricción de espacio para almacenar los materiales se observa la necesidad de programar las entregas de los materiales a obra en pequeñas cantidades (basado en planificación por lotes de producción) siguiendo las recomendaciones señaladas por Wegelius –Lehtonen [65], citadas en el acápite 4.3.

**Fig. 8.14 Materiales en inventario**



Fuente: Elaboración propia.

### **Almacenes**

Como se indicó en la parte de inventarios, la obra no dispone de mucho espacio para la ubicación de las instalaciones auxiliares, razón por la cual, los almacenes se encuentran ubicados en los primeros pisos de la edificación y en el área destinada a estacionamientos del proyecto. La disposición de los materiales no guarda un orden pues se observa que un mismo tipo de material esta ubicado en diversas partes de esta área disponible, propensos a pérdidas o sustracciones (Fig. 8.14, Fig. 8.15).



**Fig. 8.15 Los primeros pisos son utilizados como almacenes**



Fuente: Registro de obra.

La obra cuenta con una persona encargada en el control de los almacenes, quien se encarga en registrar con la ayuda de una hoja de cálculo los ingresos y salidas de aquellos materiales importantes y que son susceptibles de cuantificar. Las pérdidas directas de este tipo de materiales son controladas de alguna manera mediante este sistema.

Las entregas de materiales a las unidades de producción se realizan generalmente durante la mañana, el cual le toma al almacenero entre 3 a 4 horas efectivas del día en atender todas las entregas. El almacén de la empresa no dispone de personal encargado en transportar los materiales desde los almacenes hasta las unidades de producción; esta escasez de personal encargado a esa labor exclusiva origina que muchas veces algunos miembros de las unidades de producción interesados en los materiales requeridos dediquen parte de su tiempo a estas actividades de recepción y transporte de materiales (actividades contributorias). La asignación de los materiales es realizada por el maestro general bajo la supervisión del ingeniero de obra, según las necesidades de las actividades asignadas a las unidades de producción.

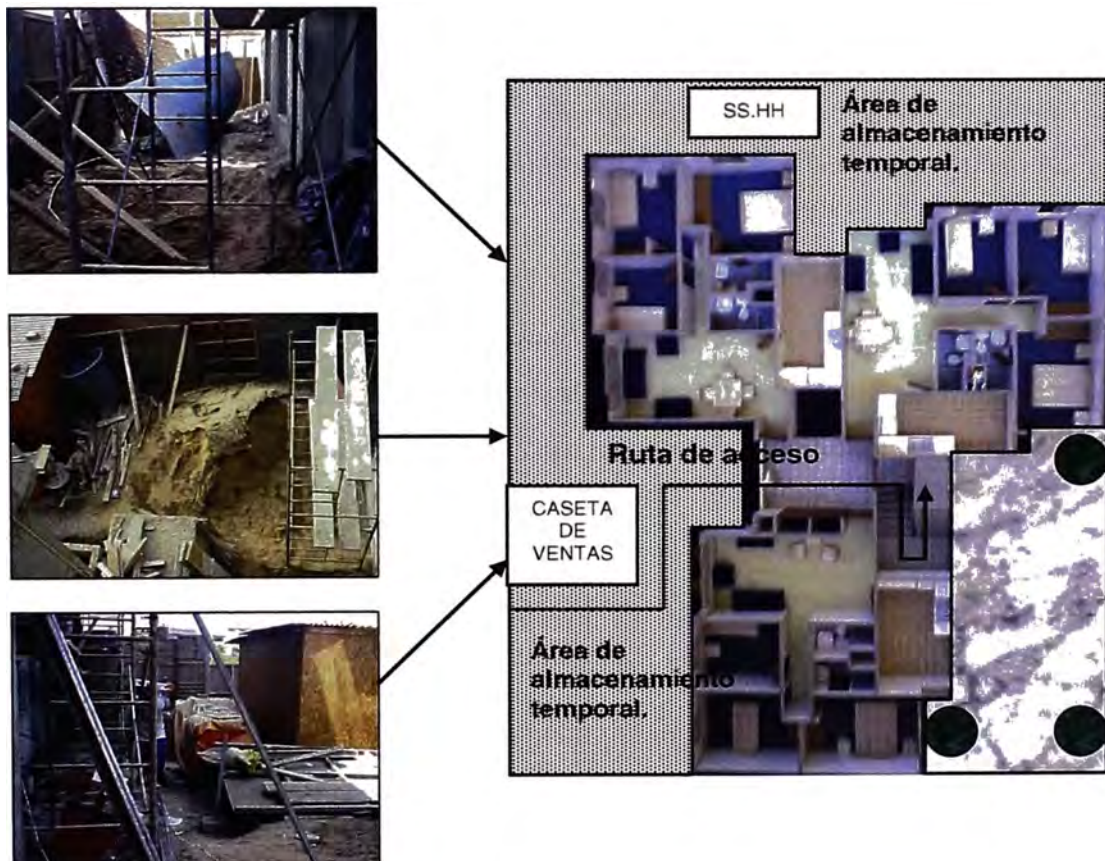
#### **8.4.2.2 Logística Interna de Materiales**

Como se comentó en el acápite de la logística de suministro, el proyecto dispone de un plan de obra que le permite describir la secuencia lógica de la obra, los frentes de trabajo etc., no obstante, la planificación de las instalaciones auxiliares como los almacenes y talleres son realizados de manera muy general por el maestro de obra. La

ubicación de las instalaciones auxiliares (talleres y almacenes), las rutas de suministro acceso y circulación son definidas en su mayoría durante la ejecución de la obra sobre la base del desarrollo de la misma y la disponibilidad de espacio por el maestro de obra y las unidades propias de producción.

Si bien la obra cuenta con un winche eléctrico para el transporte vertical, muchas veces este equipo no es aprovechado en su real capacidad. Se observó en varias ocasiones realizar transportes verticales manuales aún cuando el winche se encontraba disponible. En general, se percibe que la mayoría de las veces el transporte se realizaba de manera manual por las propias cuadrillas de producción interesados en sus materiales.

**Fig. 8.16 Área de construcción y distribución de instalaciones auxiliares**



Fuente: Registro de obra.

Finalmente se puede afirmar que la planificación de las instalaciones auxiliares y las rutas de suministro y acceso a los frentes de trabajo no se realizan de manera formal

dentro de la empresa (Fig. 8.16), razón por la cual, al igual que los demás estudios de caso, la dirección de la obra desconoce el tiempo que dedica las unidades productivas en movimientos y transporte, al dejar la mayoría de las veces a criterio del trabajador la ruta y el medio de transporte.

## CAPÍTULO 9. ANALISIS DE CASOS ESTUDIADOS Y DIRECTIVAS DE GESTIÓN LOGÍSTICA DE MATERIALES

### 9.1 Principales problemas e interferencias comunes encontrados en la gestión logística de materiales

Antes de describir los principales problemas comunes encontrados en el flujo logístico, cabe indicar que en general no se percibe una cultura que registre formalmente los hechos que se suceden en las obras. Por esta razón, muy pocas veces estos datos (conocimiento) son utilizados como información durante el desarrollo del proyecto o en proyectos futuros.

Por otro lado, cada empresa presenta características distintas en la gestión logística de materiales. En ningún caso se cuenta con una persona o departamento que se encargue en coordinar e integrar las actividades logísticas, tampoco se cuenta con procedimientos claramente específicos y adecuados de trabajo que faciliten y guíen el desarrollo de las mismas, generando problemas de comunicación al interior de la organización.

En las relaciones internas existe una comunicación demasiado informal, en el que predomina mayoritariamente la intuición. Generalmente, las descripciones de las necesidades de materiales, las asignaciones de las tareas a las cuadrillas de producción, etc., son realizadas verbalmente, generando frecuentemente mal entendido y confusiones (incertidumbre).

Este contexto en la comunicación al interior de las organizaciones genera ausencia en la definición de la responsabilidad, rol, autoridad y atribuciones de cada cargo, falta de organización y delegación, demasiada centralización, falta de apoyo de la oficina central a la administración de las obras, decisiones lentas, demoras en las adquisiciones de los materiales, etc. Influyendo directamente en el desempeño del proceso productivo.

#### 9.1.1 Logística de suministro de materiales

Muchos de los problemas encontrados como la escasez de materiales en los almacenes, materiales que no cumplen con las especificaciones, entregas incompletas de materiales,

daños y defectos de los materiales suministrados, etc., surgen dentro de la gestión de las actividades de la logística de suministro de materiales, lo que ocasiona la mayoría de las veces, paralizaciones largas en la ejecución de determinadas actividades, reprogramaciones de actividades a última hora, etc., las cuales, afectan directamente al desempeño de la producción y consecuentemente incrementan el costo de la producción. Por otro lado, mantener almacenados materiales por tiempos prolongados, frecuentes pedidos en pequeñas cantidades de materiales que no tienen mayor incidencia, inadecuados ambientes para almacenar los materiales, inadecuados medios de control de los movimientos de materiales, etc., generan incrementos en el costo logístico de la producción y surgen también durante la gestión de la logística de suministro.

### **Planeamiento**

Ninguna de las tres empresas toma la planificación como una herramienta de apoyo a la gestión de la producción. En los casos de las empresas X e Y, la planificación realizada es tan genérica que no permite identificar los frentes y la secuencia lógica del flujo de trabajo, el cronograma de obra y de materiales, etc., solo se utiliza como un documento de referencia y control de hitos del proyecto, en tanto que en la empresa Z, si bien se dispone de una planificación inicial detallada, esta no se actualiza en función del progreso de la obra, limitando la utilidad de la planificación inicial y toda la información relacionada que se desprenden de ella. Naturalmente, los principales problemas del suministro de los materiales tienen su origen en esta etapa, al no actualizarse ni detallarse adecuadamente la información que requiere la producción.

Por otro lado, la identificación y cuantificación de los materiales en base a la experiencia del maestro de obra o los capataces, como comúnmente se realiza periódicamente en todas las empresas analizadas, genera problemas de escasez de materiales debido a que muchas veces estas identificaciones y cuantificaciones no se encuentran soportados por un cálculo numérico que contemple el tamaño de las actividades proyectadas y los materiales que integran los análisis de precios unitarios del presupuesto, razón por la cual, se generan solicitudes de compra a última hora de aquellos materiales que no fueron contemplados durante la identificación de las



necesidades, ocasionando retrasos en la entrega de materiales y afectando el desempeño de la producción.

Asimismo, muchas veces los ingenieros de obras planifican actividades sin tomar en cuenta la culminación de actividades precedentes de la secuencia lógica y la información relacionada al estado y disponibilidad de los recursos (materiales). La planificación de estas actividades genera que se inyecte de forma consciente incertidumbre dentro de la obra dado que son pocas las probabilidades que se puedan ejecutar dichas actividades. Cuando lo producido no concuerda con lo planificado se incrementa la variabilidad, la incertidumbre y la presión por cumplir con los compromisos de plazo y costos. Ya en estado de incertidumbre y variabilidad, difícilmente la dirección puede planificar actividades que reúnan requisitos de calidad señalados en el acápite 5.2.1 (definición, cabalidad, secuencia, etc.) y por ende programar los materiales para la ejecución de dichas actividades, generándose consecuentemente solicitudes de materiales urgentes a última hora y afectando similarmente el desempeño de la producción.

Si bien la empresa Z dispone de la relación de materiales requeridos por el proyecto obtenido del presupuesto y sus costos asociados a ellas, no se elaboró una clasificación ABC de los materiales según su incidencia en el costo, de tal modo que se pueda realizar el esfuerzo en la adquisición y control coherente con la clasificación que le corresponde. En general todos los materiales requeridos por las obras demandan el mismo esfuerzo y control en sus adquisiciones, incrementándose los costos administrativos de la logística de materiales. Tampoco se elabora un cronograma inicial de materiales que permita identificar a aquellos que requieren un tiempo prolongado para su adquisición como son los materiales importados o fabricados bajo pedido.

Una vez identificado las necesidades utilizando el procedimiento expuesto por las empresas, la solicitud de materiales se traslada a la persona encargada del área administrativa de la empresa para que realice la compra o directamente al proveedor como es el caso de la empresa X. Estas solicitudes de materiales en ocasiones no



contienen la información que precisa algunos de materiales (especificaciones técnicas), lo que genera retraso y confusión en la entrega de materiales.

Como se comentó inicialmente, muchas de las interferencias en los flujos logísticos de materiales que afectan la producción, tienen su origen en la etapa de la planificación de la obra, debido a la ausencia de la cultura que reserve el tiempo necesario para desarrollar adecuadamente la planificación como una herramienta de apoyo a la gestión de la producción. Muchas veces se observa que los ingenieros ocupan muchas horas de su tiempo tratando de resolver problemas que suscitan durante el desarrollo de la obra, que pudieron anticiparse y resolverse mediante una adecuada planificación.

### **Compras**

En general no se desarrollaron procedimientos que orienten y agilicen los trámites en la evaluación, selección y negociación de las ofertas de los proveedores, razón por la cual la administración de la empresa en varias ocasiones retrasó la entrega de los materiales a la obra como consecuencia de las demoras, confusiones, reprocesos, etc., en la adquisición de los materiales.

El área o la persona encargada en realizar las compras de las empresas analizadas en ocasiones utilizan medios de comunicación con los proveedores que pueden generar confusión, como son los medios verbales. Asimismo, en ocasiones no se acompaña la información necesaria en la solicitud de cotización o compra que precisan de algunos materiales, lo que genera envíos de materiales que no corresponde a lo especificado por el proyecto. Por otro lado, debido a que la persona que solicita la cotización o la compra del material de las empresas analizadas generalmente no cuenta con el conocimiento necesario relacionado a los materiales, simplemente traslada la relación de los materiales solicitado por los responsables de la obra a los proveedores, sin observar alguna inexactitud que pudiera existir en la solicitud, lo que genera igualmente, correcciones y reprocesos en los trámites y retrasos en las entregas de materiales a la obra.

Por otro lado, ninguna de las empresas estudiadas mantiene un registro formal actualizado de sus proveedores, tampoco se realiza una evaluación técnica de las ofertas de los proveedores para la selección de aquellos que suministrarán la obra y una evaluación del desempeño de los proveedores durante la prestación de sus servicios.

Algunas de las empresas analizadas mantiene relaciones comerciales con sus proveedores desde hace varios proyectos, no obstante, no se han considerado establecer contratos que permitan integrar las actividades logísticas entre la empresa y el proveedor y ganar eficiencia en el proceso.

La conformidad de la calidad de los materiales durante la recepción es muy informal y subjetiva, propensa a errores, que puede derivar en pérdidas de materiales, paralizaciones y reprocesos. Comúnmente no se registra las no conformidades de los materiales que permitan identificar las causas que originan que los materiales enviados a la obra no corresponden a lo especificado.

### **Inventarios**

No se identifica una política clara respecto al manejo de los inventarios. Por un lado se observa muchas veces que los materiales requeridos por las unidades de producción para el desarrollo de las actividades programadas no se encuentran en almacén y por otro lado se observa materiales almacenados en obra que son innecesarios durante un largo periodo de tiempo, lo que ocasiona costos de producción y costos logísticos respectivamente. Asimismo, es común observar el envío de volúmenes de materiales demasiado grandes con excesiva anticipación que ocupan gran parte del espacio disponible en obra y también realizar pedidos frecuentes de materiales en pequeñas cantidades, básicamente aquellos que corresponden a la categoría C dentro de la clasificación ABC, originando un aumento en los costos administrativos.

Como se comentó en la etapa de planeamiento, muchos de los problemas que se acarrearán con los inventarios están vinculados a las deficiencias de la programación, que no permiten apoyar adecuadamente a la administración en la adquisición precisa y el momento oportuno de materiales requerido por la obra.

## Almacenes

El tamaño y la calidad de los almacenes, en general no brindan la seguridad y la protección necesaria a los materiales. En varias oportunidades se observó materiales dispersos por distintas partes de la obra, expuestos a daños o pérdidas.

Dos de los proyectos en ejecución estudiados realizan el control de movimientos de los principales materiales de la obra, apoyados por una hoja de cálculo donde registran los ingresos y las salidas de los materiales. En el tercer proyecto solo se encarga a una personal a quién se le asigna la responsabilidad de la entrega y el cuidado de los materiales, no se registran los movimientos de los materiales en ningún medio. Se puede afirmar, por tanto, que las pérdidas directas de los materiales principales se encuentran controladas a través de este sistema en dos proyectos, en tanto que en el tercer proyecto no es posible detectar a tiempo cualquier pérdida o sustracción que pudiera ocurrir (Fig.9.1).

**Fig. 9.1 Materiales dispersos por diferentes lugares de la obra en construcción**



Fuente: Registro de obra.

Por otra parte, no se realiza una asignación diaria de los materiales a las cuadrillas de producción en función de una cuantificación sustentado por el metrado de la actividad a ejecutarse y los materiales que componen el análisis de precio unitario de dicha actividad en el presupuesto. La cantidad diaria de material suministrado por almacén es determinada la mayoría de las veces por la cuadrilla misma de la producción basándose en las necesidades de material de la actividad que vienen ejecutando. Por estas razones, es difícil que la dirección de la obra pueda identificar y calcular las pérdidas indirectas que se producen durante la ejecución de la obra.

Finalmente, debido a la falta de un sistema que agilice las entregas de materiales en los almacenes y la falta de una cuantificación previa que permita asignar y distribuir los materiales a las unidades productivas anticipadamente, los almacenes de las obras toman buena parte del día en atender estas entregas, lo que genera muchas veces que las cuadrillas de producción se mantengan a la espera de la entrega de sus materiales o realizando actividades que no son necesariamente productivas. En el cuadro 9.1 se resume los factores que originan los principales problemas e interferencias en el flujo de materiales de la logística de suministro encontrados en los casos estudiados.

**Cuadro 9.1 Principales factores comunes encontrados en la logística de suministro de materiales**

<b>Etapa</b>	<b>Factores</b>	<b>Problema</b>
Planeamiento	No se elabora un cronograma inicial de materiales.	Escasez de materiales.
	No se elabora un cronograma periódico de recursos (materiales) en base a las planificaciones periódicas.	Escasez de materiales.
	No se elabora una clasificación de materiales en función de su incidencia en el costo y según las características del proveedor.	Incremento de los costos logísticos.
	Errores frecuentes en la identificación y cuantificación de los materiales requeridos por las actividades programadas.	Escasez / pérdidas de materiales.
	Solicitudes de materiales a última hora.	Escasez de materiales
	Solicitudes de materiales enviadas al área de compras sin la información suficiente que requiere el material (especificaciones técnicas).	Materiales fuera de la especificación.
	Medios inadecuados para transmitir la solicitud de materiales al área de compras.	Materiales fuera de la especificación.
Compras	Falta de entrenamiento y capacitación de la persona encargada en las adquisiciones.	Escasez de materiales / Materiales fuera de la especificación.
	No se elabora ni actualiza formalmente el registro de los proveedores.	Sobre costos en las adquisiciones.
	No se elaboran procedimientos que agilicen los trámites de evaluación, selección y negociación de las ofertas.	Escasez de materiales.
	Solicitudes de cotizaciones de materiales enviadas a los proveedores sin la información suficiente que requiere el material (especificaciones técnicas).	Materiales fuera de la especificación.
	Medios inadecuados para transmitir la solicitud de cotizaciones / compras de materiales a los proveedores.	Materiales fuera de la especificación.
	No se elaboran procedimientos que aseguren la conformidad de la calidad de los materiales (QA).	Materiales fuera de la especificación.
	No se evalúa formalmente a los proveedores durante la prestación de su servicio.	Materiales fuera de la especificación, retrasos en las entregas, entregas incompletas y con daños.
Inventarios	Material requerido por la obra no se encuentra en almacén.	Incremento de los costos de producción.
	Materiales almacenados durante un tiempo prolongado de tiempo.	Incremento de los costos logísticos.
	Envío de volúmenes grandes con excesiva anticipación.	Exceso de material, incremento en los costos logísticos.
	Pedidos frecuentes de materiales en pequeñas cantidades.	Incremento de los costos logísticos.
Almacenes	Inadecuado tamaño y calidad de las instalaciones.	Sustracciones y daños a los materiales.
	No se registran los movimientos de los materiales.	Incremento de las pérdidas directas de los materiales.
	Inadecuada asignación y distribución de los materiales a las unidades productivas.	Incremento de las pérdidas indirectas de los materiales.
	Inadecuados procedimientos que demoran la entrega de materiales.	Escasez de materiales. Incremento de los costos de producción.

Fuente: Elaboración propia.



### 9.1.2 Logística interna de materiales

Sobre la base de los datos obtenidos en los cuestionarios y encuestas realizadas a los profesionales y trabajadores de las obras analizadas y los estudios de muestreo de trabajo, se observa que los principales factores que originan interrupciones cortas en el proceso productivo están vinculados con la logística interna de las obras. Estas interrupciones que se originan por una inadecuada distribución de las instalaciones auxiliares de la obra e inadecuadas rutas y medios de transporte de materiales, afectan directamente la productividad de las unidades de producción

Se resume a continuación los principales factores encontrados en el trabajo exploratorio de campo realizado en las obras de los casos de estudio, que generan las interferencias en el suministro interno de materiales hacia los frentes productivos.

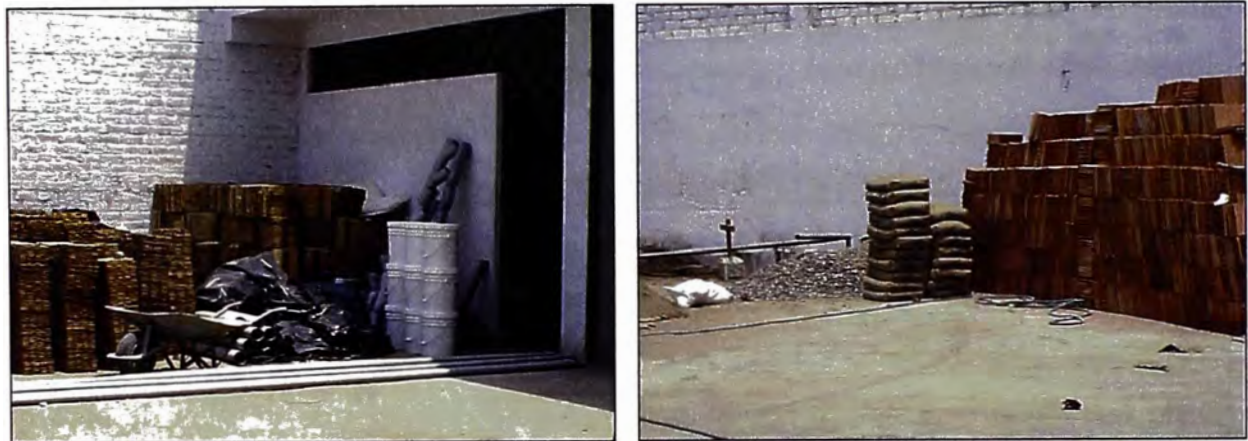
Dado que algunos de los proyectos en estudio no disponen de un plan de obra que defina la organización, los frentes y la secuencia del flujo de trabajo, difícilmente se puede proponer alternativas de diseño de distribución de las instalaciones auxiliares en forma integrada y evolutiva acorde con la secuencia constructiva, que apoye a la producción. Normalmente se ubica las instalaciones según la disponibilidad de espacio sin considerar muchas veces si estas se encuentran cercanas a los frentes de trabajo o existen obstrucciones en la ruta de acceso. Por otro lado, se observa que no se mantiene la limpieza y el orden requerido por las obras, encontrándose en varias ocasiones restos de materiales abarrotados, herramientas, etc., que obstruyen los caminos de acceso

Al no reservar los profesionales de la obra el tiempo necesario para la elaboración del plan de obra con el nivel de detalle requerido por la producción, se reduce la posibilidad de reunir a los ingenieros responsables de la obra, proveedores, subcontratistas y otros agentes importantes para desarrollar una planificación de las instalaciones auxiliares y de las rutas de suministro, acceso y circulación, dejando en la mayoría de las veces estas decisiones a criterio del maestro de obra y de las propias unidades de producción.



En cuanto a la ubicación, el diseño, el tamaño y la calidad de las instalaciones, se observa que muchos de los almacenes y talleres auxiliares no reúnen las condiciones necesarias que brinde una adecuada protección a los materiales, razón por la cual, algunos materiales no se encuentran adecuadamente almacenados (Fig. 9.2).

**Fig. 9.2 Materiales inadecuadamente protegidos contra daños y sustracciones**



Fuente: Registro de obra.

Por otro lado, la mayoría de los profesionales que dirigen las obras de construcción de edificaciones, como es el caso de algunas de las empresas analizadas, desconocen herramientas como las cartas de proceso, diagrama de flujos, etc., que son muy difundidas y utilizadas en la ingeniería industrial y que pueden ser muy útiles en el diseño de la distribución de las instalaciones auxiliares y las rutas de suministro de materiales en la obra. Tampoco se mantiene un registro de las distancias de viaje entre las distintas instalaciones de la obra que permitan minimizar el tiempo en los suministros de materiales y los movimientos de los trabajadores. En general, la dirección de las obras desconoce el tiempo invertido por las unidades de producción en movimientos y transportes.

Finalmente, no se realiza una evaluación económica de los medios y sistemas de transporte que se pueden utilizar para el suministro de los materiales con la finalidad de incrementar el nivel de servicio en la entrega de los materiales a los frentes de trabajo. Como se comentó en la parte teórica, la logística tiene como objeto incrementar el nivel de servicio proporcionando los materiales oportunamente a un mínimo costo, razón por

la cual, deberían realizarse estas evaluaciones económicas considerando su impacto en la producción y los costos logísticos asociados al sistema de transporte.

Con el objeto de cuantificar la incidencia de los principales problemas de la logística interna de materiales encontrados en los estudios de caso que influyen en el desempeño de las unidades productivas, se ha realizado estudios de muestro de trabajo a nivel general de actividades. Previamente, se ha definido categorías que aglutinen e identifiquen a estos principales problemas. Se describe a continuación los principales factores que originan estas categorías, agrupados según el trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio:

**Trabajo Productivo (TP):** Todo aquel trabajo realizado por los trabajadores que aporta en forma directa la producción de la obra (Fig. 9.3).

**Fig. 9. 3 Ejemplos de Trabajo Productivo**



Fuente: Registro de obra.

**Trabajo Contributorio (TC):** Identifica a todo trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo pero que no aporta valor.

**Transporte Manual (T):** Debido a la escasez de una cuadrilla dedicada al abastecimiento de los materiales, origina que los integrantes de las unidades productivas deban abandonar sus tareas para ir en busca de sus materiales, lo que les ocupa buena parte de su tiempo. Además de la mala distribución de las instalaciones que origina el transporte manual de materiales a distancias excesivamente largas o entre pisos consecutivos. La mala utilización de los

equipos de transporte que ocasiona transportes manuales y la subutilización de los mismos. La falta de disponibilidad de equipos que origina que todos los transportes sean realizados manualmente (Fig. 9.4).

**Fig. 9.4 Unidades productivas realizando transporte manual**



Fuente: Registro de obra.

**Mediciones (M):** Adicionalmente a las mediciones normales que se tienen que realizar debido a la naturaleza propia de las actividades, algunas veces se exagera principalmente en las actividades de encofrado y colocación de acero, cuando el material o las piezas a ser ensambladas no están organizadas o se encuentran en desorden, se propicia el retaceo de las piezas para completar cierto elemento o la continua búsqueda de aquellas que se adapten a las medidas de la pieza faltante; así se incrementa el número de mediciones para la ejecución de las actividades (Fig. 9.5).

**Fig. 9.5 Unidades productivas realizando mediciones**

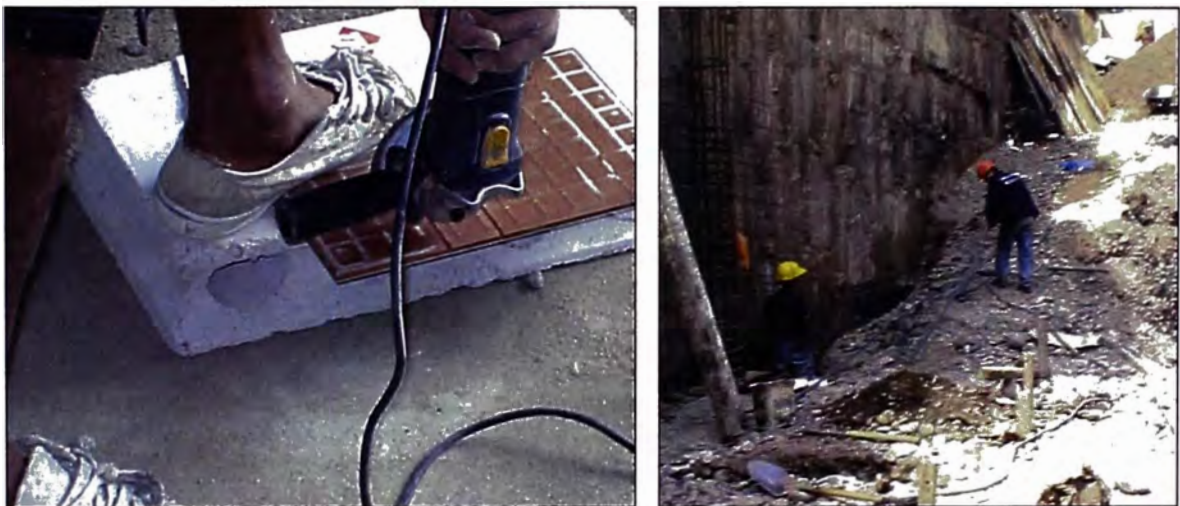




Fuente: Registro de obra.

**Habilitación (H):** Tiempo dedicado por las cuadrillas de producción a la habilitación o búsqueda de la herramienta, material o la pieza faltante que se adapte a la medida requerida para completar cierto elemento, en actividades como encofrado, refuerzo, enlucidos, etc., debido al desorden en la ubicación de las herramientas y los retazos de materiales. Se considera también en esta categoría al tiempo dedicado a la habilitación de los equipos y herramientas (limpieza, combustible, lubricación, encendido, etc.), por las unidades de producción antes de su utilización (Fig. 9.6).

**Fig. 9.6 Habilitación de materiales**



Fuente: Registro de obra.

**Limpieza (L):** La mala organización y planificación de las instalaciones origina que los escombros y desperdicios que se producen en los talleres y durante el desarrollo de las actividades obstaculicen las rutas de suministro, lo que en ausencia de una cuadrilla exclusiva para los trabajos de limpieza, genera muchas veces que los integrantes propios de las unidades de producción dediquen parte de su tiempo a estas labores de limpieza (Fig. 9.7).

**Fig. 9.7 Actividades de limpieza**



Fuente: Registro de obra.

**Instrucciones (I):** La información que llega al obrero es deficiente, provocando que estos soliciten continuamente aclaraciones sobre la misma para poder realizar su trabajo.

**Trabajo No Contributorio (TNC):** Relativo a cualquier actividad que no son necesarias para la realización del trabajo productivo, tienen un costo y no agregan valor.

**Viajes (V):** La escasez de la planificación y establecimiento de las rutas de suministro, acceso y circulación hacia los frentes de trabajo provoca el desplazamiento de los integrantes de las unidades productivas por distintos lugares de la obra. Asimismo, la inadecuada ubicación de los talleres de encofrado y fierro, almacenes y demás instalaciones auxiliares genera que las unidades productivas recorran largos tramos para recabar sus materiales o información. También se producen viajes debido al desplazamiento innecesario del personal, provocado por el desorden de materiales y herramientas que estos requieren para realizar sus funciones y a actividades como el picado y retaceo que producen gran cantidad de escombros que obstruyen las rutas de suministro originando que las cuadrillas tengan que incrementar su desplazamiento hacia las instalaciones auxiliares por accesos libres de escombros. Por otro lado, el desconocimiento de las actividades para realizar durante el día por parte de las

cuadrillas, trae consigo que realice viajes a las instalaciones de la obra en búsqueda de instrucciones (Fig. 9.8).

**Fig. 9.8 Viajes**



Fuente: Registro de obra.

**Esperas (E):** Debido al poco apoyo en los almacenes para el abastecimiento de los materiales o cuando no se dispone del material necesario en los frentes de trabajo que origina que parte de los integrantes de las unidades de producción se mantenga a la espera de sus materiales en los almacenes o frentes de trabajo. Las esperas también se debe al exceso de personal en áreas de trabajo reducidas, que origina que una de las cuadrillas se encuentre a la espera que las otras cuadrillas avancen para que puedan iniciar su trabajo o al sobredimensionamiento de las cuadrillas debido al exceso de personal obrero en el proyecto, para el cual no existen frentes de trabajo disponibles permanentemente hace que, para mantenerlo ocupado, se ordene auxiliar a otras cuadrillas originando cuadrillas con exceso de personal (Fig. 9.9).

**Fig. 9.9 Esperas**





Fuente: Registro de obra.

**Trabajo Rehecho (TR):** Debido a la falta de supervisión durante la ejecución de los trabajos y la poca capacitación de la mano de obra. También se produce trabajo rehecho debido a la información incompleta que se entrega a las unidades de producción respecto a la realización de algunas actividades (Fig. 9.10).

**Fig. 9.10 Unidad de producción corrigiendo una actividad (Trabajo Rehecho)**



Fuente: Registro de obra.

**Necesidades Fisiológicas (B):** Tiempo utilizado por las unidades de producción para realizar sus necesidades fisiológicas (Fig. 9.11).

**Fig. 9.11 Necesidades fisiológicas y viajes**



Fuente: Registro de obra.

**Tiempo ocioso (O):** Tiempo dedicado al descanso momentáneo, durante el horario de producción por algunas unidades productivas. También se generan estos tiempos cuando en ocasiones algunos integrantes de las cuadrillas interrumpen sus tareas y las de otros trabajadores por motivos no justificados. Cuando el profesional de obra o el personal responsable de control de la producción no realizan esta función de manera eficaz, se pueden generar intervalos de inactividad, lo que se acentúa cuando se dispone de holgura en el tiempo de ejecución o cuando no se responsabiliza al personal por el cumplimiento de los trabajos asignados (Fig. 9.12).

**Fig. 9.12 Descanso**



Fuente: Registro de obra.

Tomando en consideración estas categorías predefinidas se han realizado los estudios de muestreo de trabajo en cada caso de estudio. Los resultados de los estudios de muestreo se muestran en las figuras 9.13, 9.14, 9.15 y 9.16, y permiten ofrecer las siguientes conclusiones:

Fig. 9.13 MUESTREO GENERAL DEL TRABAJO

Caso de estudio: Empresa X

Día	Fecha	#	TP	TC	TNC	TOT
1	01/01/2005	25	95	133	172	400
2	08/01/2005	25	82	176	142	400
3	14/01/2005	25	106	160	134	400
4	20/01/2005	25	87	161	152	400
5	28/01/2005	25	77	168	155	400

Prom.	89	160	151	400
-------	----	-----	-----	-----

Prom (%)	22.4%	39.9%	37.8%	100%
----------	-------	-------	-------	------

# : Número de trabajadores

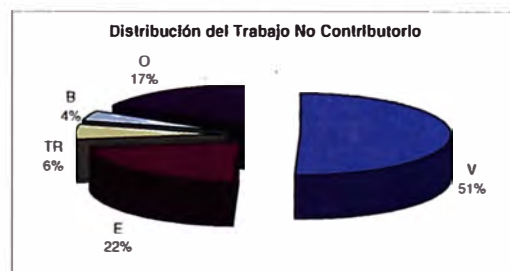
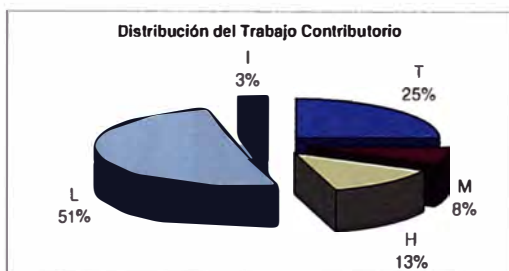
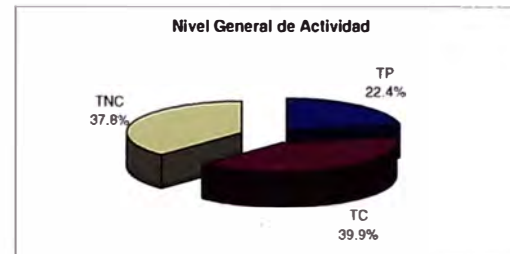
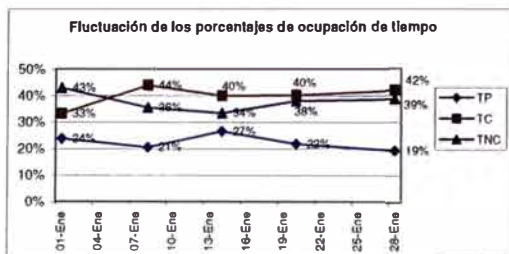
TC					TNC					
T	M	H	L	I	V	E	TR	B	O	
25	14	12	79	3	81	36	20	8	27	
52	10	19	89	6	73	30	4	9	26	
46	7	30	72	5	75	28	6	5	20	
33	17	25	78	8	84	40	7	7	14	
42	12	18	92	4	69	33	9	4	40	

40	12	21	82	5	76	33	9	7	25
----	----	----	----	---	----	----	---	---	----

25%	8%	13%	51%	3%	51%	22%	6%	4%	17%
-----	----	-----	-----	----	-----	-----	----	----	-----

TC	T	Transporte manual
	M	Mediciones
	H	Habilitación
	L	Limpieza
I	Instrucciones	

TNC	V	Viajes
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	B	Necesidades fisiológicas
O	Otros (tiempo ocioso, descanso)	



Fuente: Registro de obra.

Fig. 9.14 MUESTREO GENERAL DEL TRABAJO

Caso de estudio: Empresa Y

Día	Fecha	#	TP	TC	TNC	TOT
1	07/02/2005	45	135	126	139	400
2	09/02/2005	45	106	171	123	400
3	11/02/2005	45	121	107	172	400
4	14/02/2005	45	132	109	159	400
5	16/02/2005	45	117	128	155	400

Prom.	122	128	150	400
-------	-----	-----	-----	-----

Prom (%)	30.6%	32.1%	37.4%	100%
----------	-------	-------	-------	------

# : Número de trabajadores

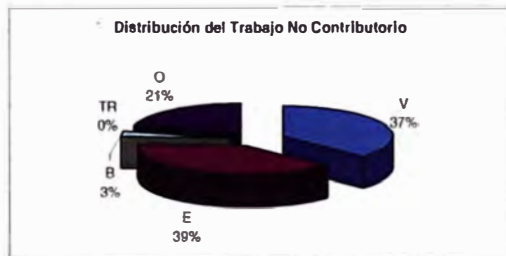
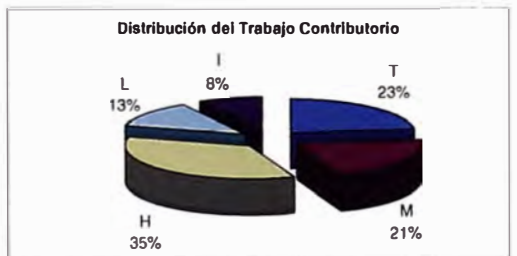
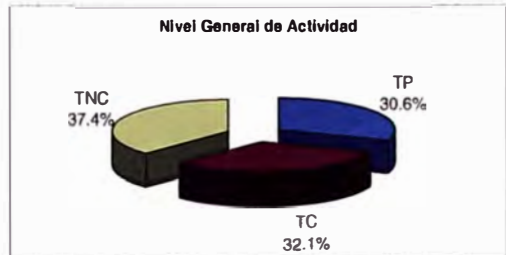
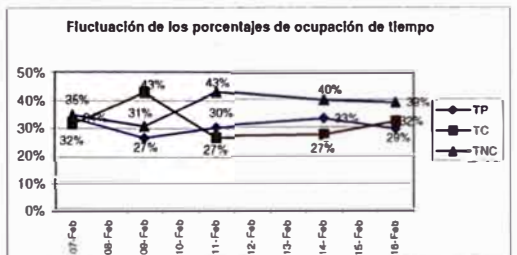
TC					TNC				
T	M	H	L	I	V	E	TR	B	O
21	30	45	7	23	44	48	0	6	41
33	46	36	44	12	50	25	0	6	42
31	26	44	6	0	68	74	0	5	25
34	6	54	8	7	54	85	0	0	20
29	27	45	16	11	61	58	0	4	32

30	27	45	16	11	55	58	0	4	32
----	----	----	----	----	----	----	---	---	----

23%	21%	35%	13%	8%	37%	39%	0%	3%	21%
-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	----	----	-----

TC	T	Transporte manual
	M	Mediciones
	H	Habilitación
	L	Limpieza
I	Instrucciones	

TNC	V	Viajes
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	B	Necesidades fisiológicas
	O	Otros (tiempo ocioso, descanso)



Fuente: Registro de obra.





Fig. 9.16 RESUMEN DEL MUESTREO GENERAL DEL TRABAJO DE LOS CASOS ESTUDIADOS

Caso de estudio	#	TP	TC					TNC					TOT		
			T	M	H	L	I	V	E	TR	B	O			
Empresa X	25	89	160	151	400	40	12	21	82	5	76	33	9	7	25
Empresa Y	45	122	128	150	400	30	27	45	16	11	55	58	0	4	32
Empresa Z	35	112	118	170	400	39	11	54	11	4	64	53	4	6	42
Prom.		108	135	157	400	36	17	40	36	7	65	48	5	6	33
Prom (%)		27.0%	33.8%	39.2%	100%	27%	12%	29%	27%	5%	42%	31%	3%	4%	21%

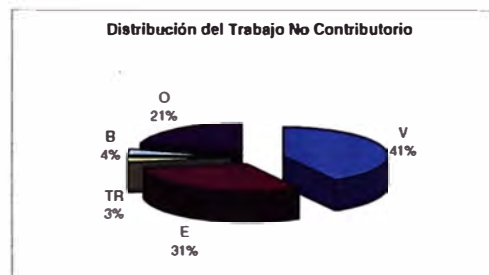
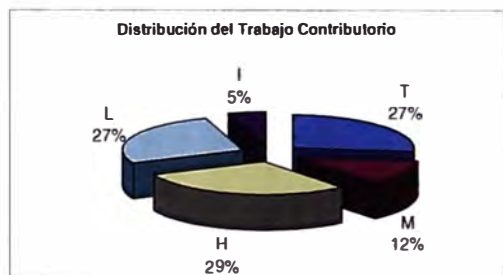
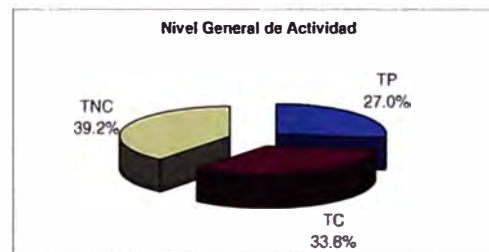
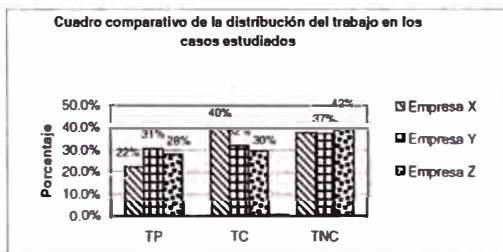
  

TC	T	Transporte manual
	M	Mediciones
	H	Habilitación
	L	Limpieza
	I	Instrucciones

TNC	V	Viajes
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	B	Necesidades fisiológicas
	O	Otros (tiempo ocioso, descanso)

# : Número de trabajadores



Fuente: Registro de obra.



El porcentaje promedio de ocupación de tiempo en trabajo productivo obtenido en la empresa X es de 22%, menor al obtenido en la empresa Y que tiene un valor de 31% y al de la empresa Z que tiene un valor de 28%, en tanto el porcentaje más alto de trabajo productivo se registra en la empresa Y con un valor de 34% y el porcentaje más bajo se registra en la empresa X con un valor de 19%. Estos resultados expresados en otras palabras significan que de una jornada de trabajo hipotético de 10 horas, en general, menos de 3 horas se dedican a labores netamente productivas, la diferencia se dedica a actividades que no agregan valor a la obra y que representan un costo al proyecto. El porcentaje mayor en el trabajo productivo obtenidos en las empresas Y y Z, respecto a la empresa X, se debe a la mejor organización que mantienen estas empresas y al nivel de administración que se considera es superior al de la empresa X. Estas empresas, cuentan con procedimientos implícitos desarrollados a lo largo de sus obras (aunque no se encuentran formalmente establecidos), que permiten soportar la producción. Por su parte la empresa X, que es aún bastante joven y que no cuenta con la logística y procedimientos que permitan guiar la gestión de la producción, traslada la mayoría de los riesgos que se generan debido a las deficiencias de la administración de las obras a las empresas subcontratadas para la ejecución de las partidas importantes de la obra.

Sin embargo, aún con estas diferencias encontradas en la administración de las obras, los valores obtenidos en las empresas estudiadas para el trabajo productivo están muy por debajo de los estándares internacionales y los valores óptimos que se obtienen al aplicar sistemas consistentes de aumento de la productividad (60% de TP).

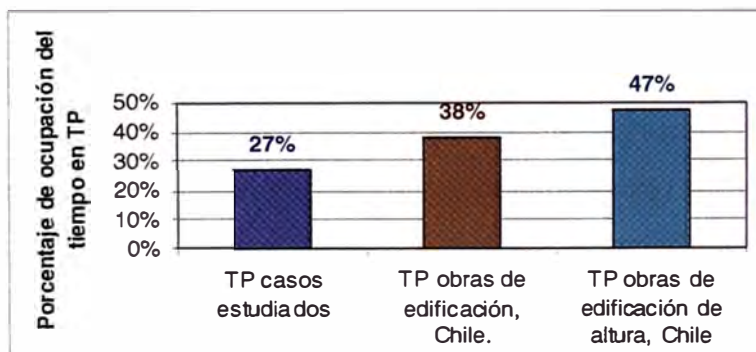
Por otro lado, se observa que el porcentaje de tiempo dedicado a actividades contributorias y no contributorias en la empresa X es generalmente mayor al trabajo productivo, dedicando la mayoría del tiempo de las unidades de producción básicamente a labores de *limpieza, viajes y transporte*. En tanto en la empresa Y se observa que el tiempo dedicado a actividades productivas es casi similar al tiempo dedicado a actividades contributorias, no obstante, ambas son menores al tiempo dedicado a labores no contributorias, debido básicamente a la utilización del tiempo por las cuadrillas de producción en *esperas, habilitación, viajes y transporte*, lo cual denota, tal como se señaló en el estudio de caso, una desorganización en el trabajo y la falta de desarrollo

de la logística interna. Por su parte la empresa Z, refleja un panorama similar al de la empresa Y, acentuándose en este caso el tiempo dedicado a actividades no contributorias que representa el mayor porcentaje de utilización del tiempo, en *esperas, viajes y al descanso* (cuadrillas sobredimensionadas, mala distribución de instalaciones auxiliares, etc.).

Si se observa la definición de las categorías se puede advertir que estos elevados porcentajes en la utilización del tiempo por parte de las cuadrillas de producción en actividades que no aportan directamente a la obra se suscitan debido a las deficiencias de la gestión de la logística interna de la obra.

En la figura 9.17, se observa que el trabajo productivo promedio obtenido para los tres casos estudiados tiene un valor de 27%, muy inferior al promedio obtenido en Chile de 38% en obras de edificación diversas y de 47% en obras de edificación de altura, realizadas el año 1992 [59], lo cual demuestra el gran trecho que falta por recorrer para alcanzar el promedio obtenido en el vecino país.

**Fig. 9.17 Cuadro Comparativo del Trabajo Productivo (TP)**



Fuente: Serpell, 1993

Del porcentaje total de tiempo dedicado por las cuadrillas de producción, para los tres casos estudiados, se dedican 9.12 % ( $0.27 \times 0.338$ ) en transporte, 16.07% ( $0.41 \times 0.392$ ) en viajes y 9.12 % ( $0.27 \times 0.338$ ) en limpieza, lo que hace un total de 34.31% dedicado a estas *actividades no productivas vinculadas directamente con la planificación de la logística de interna*. Si se considera 35 trabajadores en promedio para las tres obras con una jornada laboral de 8 horas durante un mes (24 días), resulta 2,305 horas (0.3431 x

35 trabajadores x 8 horas x 24 días) dedicadas mensualmente a labores de transporte, viajes y limpieza por los trabajadores de la producción sin considerar muchas veces su condición de operario u oficial. Este valor obtenido es inclusive mayor al tiempo dedicado por las cuadrillas de construcción a labores netamente productivas de 1,815 horas (0.27 x 35 trabajadores x 8 horas x 24 días). Este resultado, refleja la ausencia de la planificación de la logística interna observada en las obras estudiadas.

El cuadro 9.2 indica el porcentaje absoluto de utilización del tiempo y las horas que representa cada categoría, considerando un total de 6,720 horas mensuales (35 trab. x 24 días x 8 horas).

**Cuadro. 9.2 Porcentaje absoluto de utilización del tiempo por cada categoría**

			% Rel.	% Abs.	# horas / mes	
TC	<b>T</b>	<b>Transporte manual</b>	<b>33.8%</b>	<b>27%</b>	<b>9.13%</b>	<b>613</b>
	M	Mediciones		12%	4.06%	273
	H	Habilitación		29%	9.80%	659
	<b>L</b>	<b>Limpieza</b>		<b>27%</b>	<b>9.13%</b>	<b>613</b>
	I	Instrucciones		5%	1.69%	114
TNC	<b>V</b>	<b>Viajes</b>	<b>39.2%</b>	<b>41%</b>	<b>16.07%</b>	<b>1080</b>
	E	Esperas		31%	12.15%	817
	TR	Trabajo rehecho		3%	1.18%	79
	B	Necesidades fisiológicas		4%	1.57%	105
	O	Otros (tiempo ocioso, descanso)		21%	8.23%	553

Fuente: Registro de obra.

Si adicionalmente se considera el porcentaje de incidencia en la utilización del tiempo por las unidades de producción en actividades como la habilitación, esperas y tiempo ocioso, se puede observar que el valor obtenido de 30.18% es similarmente mayor a las actividades netamente productivas de 27%, lo que sumados a las actividades de viajes, transporte y limpieza (34.31%) suman un total de 64.49% en actividades no productivas. Muchos de los factores que producen este elevado porcentaje de actividades no productivas que generan una gran cantidad de pérdidas en el sistema productivo, se originan en la logística interna de materiales del proyecto.

Por otro lado, tal como se pudo constatar en la etapa de exploración de campo, el desorden, la falta de señalización de las rutas de acceso y circulación, la mala

disposición de las instalaciones y equipos, etc., sumados a la actitud temeraria por parte de los trabajadores, los cuales muchas veces no cuentan con la protección mínima necesaria, hace que las cuadrillas de construcción realicen su labor en condiciones inseguras, afectando negativamente el desempeño del sistema productivo.

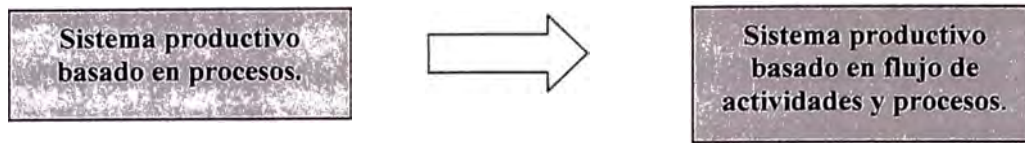
Finalmente se puede afirmar que, si bien el número de empresas estudiadas no permite obtener conclusiones válidas estadísticamente, muchos de los problemas y síntomas se encontró en la gestión logística de materiales de los casos estudiados y los índices de muestreo de trabajo obtenidos, se presentan en muchos de los proyectos actuales de edificación, por tal razón, se considera que las propuestas de mejora que se brindan en el siguiente acápite, pueden ser válidas y aplicables en varias empresas constructoras del país.

## **9.2 Principales directivas para la mejora de la gestión logística de materiales.**

Para poder incorporar mejoras al sistema productivo de la construcción en general es necesario replantear dos aspectos fundamentales en la manera tradicional de enfocar y gestionar la producción.

El primer aspecto está relacionado a la migración del enfoque tradicional de procesos de conversión a un enfoque más realista que es el enfoque de flujo de actividades y procesos del sistema productivo en la construcción. Este nuevo enfoque reconoce que la producción no sólo es la mera conversión de procesos que agregan valor al producto, sino que adicionalmente existen actividades que las vinculan como son el transporte y la espera por un material intermedio, las inspecciones, etc., comprendidos dentro del flujo de materiales e información que consumen tiempo y dinero. Tal como se observó en los casos estudiados, si el abastecimiento de materiales a los frentes de trabajo no es administrado cabalmente no solo generan pérdidas en las actividades asociadas a ellas, sino además, reducen el nivel de desempeño de las unidades de conversión al no contar con los materiales oportunamente. En otras palabras, el nuevo enfoque de flujo de actividades y procesos incorpora al proceso logístico dentro del sistema productivo de la construcción (Fig. 9.18).

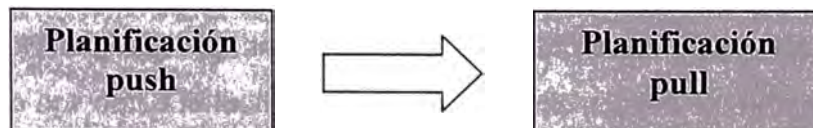
**Fig. 9. 18 Replanteo del enfoque del sistema productivo**



Fuente: Elaboración propia.

El segundo aspecto está relacionado al tipo de planificación en base a este nuevo enfoque de producción, la idea fundamental de este nuevo concepto de planificación es otorgarle confiabilidad a través de la formación progresiva y detallada de los materiales e información en el proceso de producción (planificación pull), contrario al sistema de planificación tradicional que empuja la realización de actividades sin considerar muchas veces la constructibilidad de la secuencia del proceso constructivo y la disponibilidad de recursos (planificación push). De esta manera, la planificación pull reduce la variabilidad y la incertidumbre que se genera por la interacción de los procesos de conversión por la espera de recursos y procesos previos a ser concluidos. Muchos de los factores que originan pérdidas en las obras de los casos estudiados, se debe a que se planifican actividades sin considerar si se cuenta con la información necesaria, los recursos requeridos y la culminación de procesos previos (Fig. 9.19).

**Fig. 9. 19 Replanteo del enfoque del sistema de planificación**



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para poder incorporar mejoras a la gestión logística de materiales en las obras de edificación del país, es conveniente establecer políticas estratégicas y procedimientos para su gestión. En líneas generales, esta estrategia debería definir:

El grado de confiabilidad y el nivel de detalle del sistema de planificación de obra e instalaciones auxiliares como herramienta de apoyo a la gestión logística y a la producción.



- La forma de relación con los proveedores, definición de materiales y servicios, para procurar establecer relaciones de contrato e integración con los proveedores.
- Metas u objetivos de mediano a largo plazo para la mejora de la eficiencia de la logística de materiales
- Establecimiento de indicadores para el seguimiento de la eficiencia de la logística de materiales.

Asimismo, las empresas estudiadas deberían crear procedimientos administrativos para orientar las operaciones de las actividades logísticas.

Tomando como referencia estos aspectos, se propone a continuación directivas de gestión para la resolución de los problemas e interferencias relevantes encontradas en el estudio de casos que se origina en el flujo logístico y que influye en el desempeño de las unidades de producción.

### 9.2.1 Logística de suministro de materiales

Según los conceptos que se exponen en el capítulo 4 del marco teórico, los principales procesos que engloban la mayoría de actividades de la logística de suministro de materiales recorre el siguiente flujo principal que se muestra en la figura 9.20.

**Fig. 9. 20 Principales procesos de la logística de suministro**



Fuente: Elaboración propia.

En base a este flujo inicial, se desarrolla las actividades que comprenden cada uno de estos procesos principales y se identifica las herramientas operacionales descritas en el marco teórico que permitan auxiliar las actividades de la gestión logística de suministro de materiales de los proyectos de construcción en los casos estudiados.



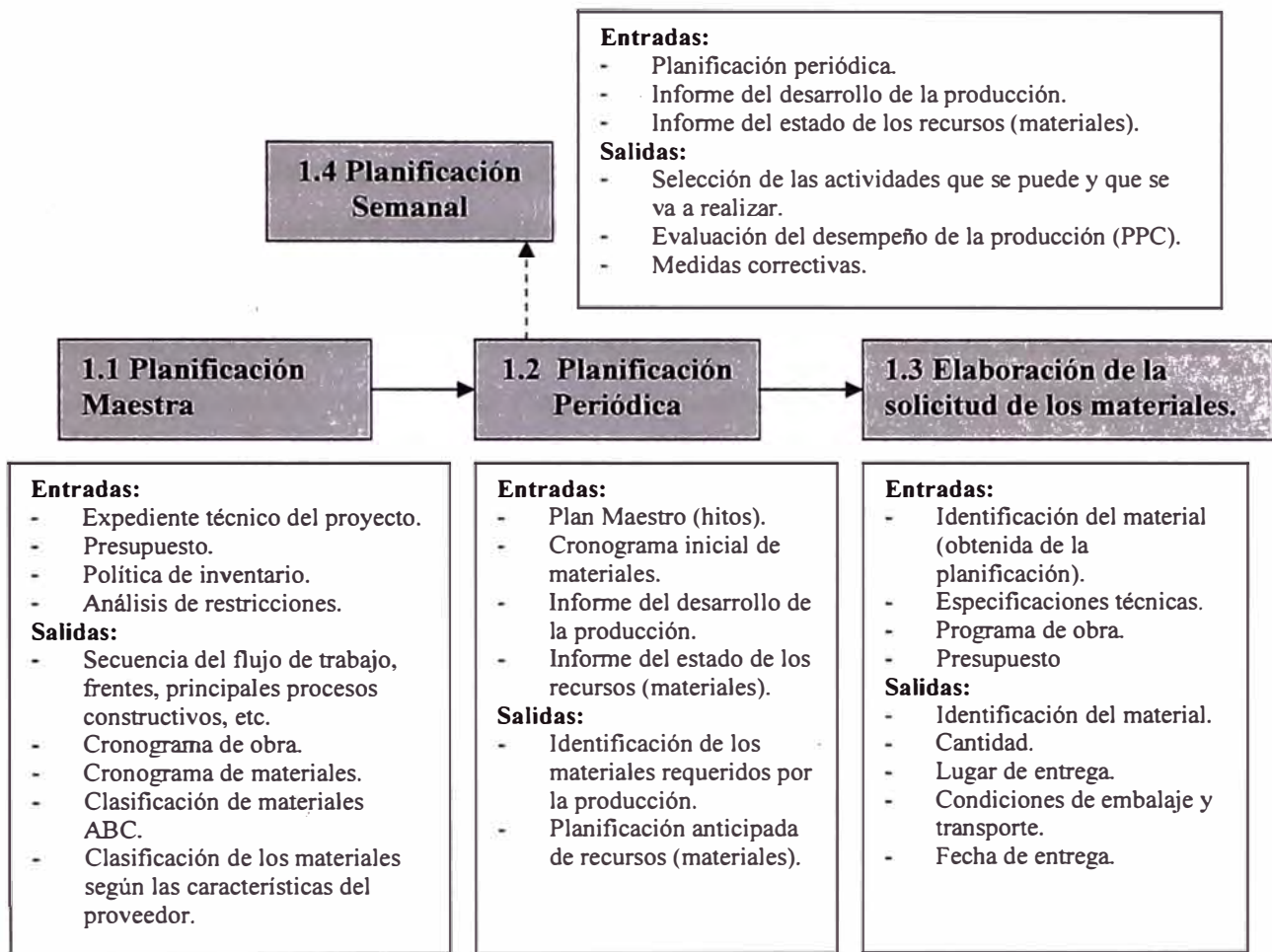
## 1. Planificación

La planificación como se menciona en el acápite 4.1.1 de esta investigación, define: lo que se debe de hacer según el entendimiento del proyecto que se tiene (contrato, expediente técnico, planos, presupuesto, condiciones generales, etc.); los frentes del proyecto, secuencia constructiva y los principales procesos constructivos; la organización de obra, materiales, equipos, mano de obra y instalaciones auxiliares requeridos por la obra, las etapas del proyecto, el cronograma de ejecución y el flujo de caja requerido.

Es decir, el plan de obra establece los objetivos para la producción sobre ¿qué se debe producir?, ¿cómo?, ¿con qué recursos?, ¿cuándo?, y ¿a qué costo?; tomando en consideración la política de inventario y las restricciones de espacio, plazo, recursos, etcétera. Sin un planeamiento confiable de la producción es prácticamente imposible identificar adecuadamente los materiales y sus cantidades que son necesarios a lo largo del tiempo.

En la figura 9.21, se muestra el esquema propuesto en el cual se identifica la secuencia de la planificación de materiales y el nivel de detalle con el cual estas deben ser realizadas. Cabe recalcar que cada una de estas etapas involucra una mayor cantidad de actividades que generan diversa cantidad de información, de las cuales se resalta aquellas que están relacionadas con la gestión logística de materiales.

**Fig. 9.21 Etapas del flujo de información del proceso de planificación de materiales**



Fuente: Elaboración propia.

**1.1** El plan maestro inicial debe ser realizado a partir del expediente técnico del proyecto y del presupuesto, en ella se deben considerar factores tales como la forma de contratación de la mano de obra; el tipo de tecnología a usar; las restricciones de espacio, plazo, recursos, etc.; dentro de otros.

El presupuesto como dato de entrada del plan maestro y del cual se obtendrá el cronograma inicial de materiales debe ser elaborado detalladamente y estar respaldado mediante una adecuada gestión de presupuestos en las que debe involucrar a toda la dirección técnica y administrativa de la empresa, esto eliminará la duplicidad de información y de trabajo como cuando se da el caso que el ingeniero de obra pierde confiabilidad en la información que contiene el presupuesto y elabora su propio presupuesto y cronograma de materiales.

Como en la mayoría de las veces en el inicio de la obra no están definidos muchos factores, el planeamiento inicial debe asumir los datos que no se disponen, basándose en índices de obras anteriores. Se sugiere que la planificación de la secuencia de la producción sea la más sencilla posible y que refleje la complejidad real del proyecto, pues en muchos casos los problemas relativos al cronograma de materiales y otros aspectos relacionados, es mucho más función de la complicación del sistema de planificación de la producción que la complejidad misma del proyecto.

Asimismo, la planificación debe considerar la política de inventario a mantener y la disponibilidad de espacio para almacenar los materiales. Se recomienda efectuar una planificación basado en pequeños lotes de producción que formen un flujo continuo de producción rítmica debido a las ventajas y beneficios (reducción de costos logísticos y de la producción) que otorga al sistema productivo y al manejo de inventarios, los cuales, se señalaron en el acápite 4.3 relativo al sistema de producción JIT y los inventarios.

El cronograma inicial de requerimiento de materiales, es elaborado a partir del plan maestro de la producción, del cronograma general de obra y de la cuantificación de los recursos obtenida del presupuesto. La idea es determinar en función del tiempo cuáles de los materiales son necesarios para cumplir con el planeamiento de la producción. En este cronograma inicial debe considerarse el tiempo que se demora desde la solicitud de materiales hasta que el mismo se entregue en obra, principalmente de aquellos que demandan un tiempo considerable como es el caso de materiales que tienen que producirse bajo pedido o importarse, en estos casos, debe establecerse la fecha de inicio para los trámites de adquisición de dichos materiales.

Asimismo, en esta etapa se sugiere realizar una clasificación ABC de los materiales requeridos por el proyecto para determinar su incidencia y el grado de control a realizar según las categorías a las que correspondan. En segunda instancia, se recomienda clasificar los materiales de acuerdo a las características del proveedor

(distribuidor, productor, productor a gran escala, etc.), con el objeto de establecer condiciones comerciales distintas para cada caso (ver acápites 4.3, 4.3.1).

**1.2** Una vez que se tiene el cronograma inicial de materiales que se desprende del plan maestro, para reducir la variabilidad y la incertidumbre que se genera en la producción, es recomendable otorgarle a la planificación la confiabilidad necesaria reduciendo la ventana de tiempo de la programación inicial de actividades e incrementando el nivel de detalle. Estas planificaciones que son periódicas y al cual se ha denominado “Lookahead Planning”, permite emparejar la planificación de la producción con el flujo de información del estado de los materiales y el desarrollo de la producción, de esta manera se obtiene una selección de actividades que se puede realizar dentro de dicha ventana de tiempo (los pasos para la obtención de esta planificación periódica se detalló en el capítulo 4, acápites 4.1.4, 4.1.4.1 y 4.1.4.2).

Por tanto, los datos de entrada para la elaboración de las planificaciones periódicas que podrían ser actualizadas semanalmente son: el plan maestro en una ventana de tiempo de 3 a 5 semanas (a medida que se va completando la producción de la primera semana se va añadiendo una semana adicional a la planificación periódica); la información del estado de avance de la producción y la información del estado de los recursos (materiales).

Los datos de salida después de la elaboración y actualización de la planificación periódica es la identificación de los materiales que son solicitados por la producción en dicha ventana de tiempo (planificación anticipada de materiales), a partir del cual la administración tiene que anticipar los trámites para su adquisición con el objeto de asegurar que los materiales se encuentren en obra cuando son requeridos por la producción.

Este nivel de planificación intermedia (planificación pull) permite proteger la producción de factores externos a ella, incrementando de esta manera el nivel de

productividad de las unidades de producción y reduciendo la incertidumbre y variabilidad del sistema productivo.

**1.3** Una vez identificado los materiales durante la elaboración de la planificación periódica, el paso siguiente es la elaboración de la solicitud de los materiales. En virtud que normalmente esta solicitud de materiales es enviada a una persona que muchas veces no pertenece a la obra y que no participa en la etapa de la planificación, es indispensable que los datos consignados de los materiales sean claros y precisos para evitar confusiones y mal entendidos en el momento de la compra. En la mayoría del estudio de casos analizados el responsable de la solicitud de estos materiales es realizado por el ingeniero residente de obra.

Con el objeto de corregir los problemas de confusiones y ambigüedades que se identificaron en el proceso de compras en las empresas evaluadas se sugiere que toda solicitud de materiales deba poseer la información necesaria que permita describir las características del material, siguiendo las pautas señaladas en el acápite 4.2.1. Se resume a continuación la información básica que se debe incorporar en el momento de la elaborar dicha solicitud:

Identificación del material: se refiere al nombre o la descripción del material, en ella se debe incluir la especificación del material con los requisitos de calidad (variables y atributos) requeridos por el proyecto. Es muy importante que la identificación del material sea suficientemente clara para que el que realiza la compra pueda consultar a los proveedores más adecuados el material requerido. Al respecto, se puede observar que en el sector construcción existen algunas empresas que han implementado la codificación de los materiales con las que vienen trabajando para facilitar su identificación y evitar confusiones.

De acuerdo a la clasificación de los materiales según las características del proveedor realizado en la etapa de planificación (distribuidor, productor, productor en gran escala), debe incrementarse el nivel de detalle de las especificaciones. Por ejemplo, en aquellos productos prefabricados realizados

sobre pedido, la solicitud debe realizarse con bastante anticipación y no basta la descripción del producto para su identificación, es importante incluir la mayor cantidad de información (especificaciones, planos, plan de producción del proyecto, etc.) para conseguir obtener el producto deseado.

- La cantidad de material requerido: esta información proviene del proceso anterior (planeamiento periódico), en el momento en que se identifica la necesidad del material. Tal como se indica en la etapa de la planificación la cantidad es obtenida a partir del presupuesto y el cronograma de obra, no obstante, el responsable en realizar la compra que recogerá esta información (siguiente etapa), debe consultar si dispone almacén cierta cantidad en inventario (análisis de stock) con el propósito de definir la cantidad final a ser adquirido de los proveedores.

Los materiales utilizados en la obra, como los componentes o materias primas que corresponden a la categoría C dentro de la clasificación de materiales ABC, se sugiere comprar el total de la cantidad que indica el presupuesto en una sola vez, de esta manera se reduce los gastos administrativos en la logística de suministro de materiales. En tanto, los materiales que corresponde a las categorías A y B, las solicitudes de compra deben realizarse en pequeñas cantidades en función del programa de producción utilizando las herramientas descritas en la etapa de planificación (lookahead schedule).

- La información precisa de la fecha y lugar de entrega que se debe brindar al proveedor debe realizarse con anticipación. La obra debe estar preparada para la recepción del material en la fecha indicada. Es recomendable para el caso de los materiales que se realicen múltiples entregas en obra se elabore un cronograma de entregas.
- La información de las condiciones de embalaje y transporte son cada vez más esenciales en una buena organización de la producción, debiendo los proveedores adecuarse a las condiciones y exigencias realizadas por la empresa constructora. En los casos estudiados que se encontraban en la etapa de



acabados, se observó, que muchos de los desperdicios de materiales requeridos en esta fase tenían su origen en los medios inadecuados de transporte y descarga.

También es conveniente incorporar a la solicitud de materiales el programa del proyecto, de modo que, además de las restricciones tecnológicas, se incorporen las restricciones debidas a la necesidad de contar con un cierto recurso para poder ejecutar una actividad. De esta manera, las personas que son responsables en tramitar la adquisición de los materiales sean conscientes de dichas restricciones y realicen convenientemente las actividades de adquisición como cualquier otra actividad necesaria para la ejecución del proyecto a su cargo.

La elaboración de la documentación de la solicitud de obra, debe ser realizada por la oficina técnica y aprobada por el ingeniero residente de la obra, antes de ser enviada al área de compras. El medio utilizado para transmitir esta información debe ser realizado a través de un medio escrito (correo electrónico, fax, etc.).

En la mayoría de las empresas analizadas estas actividades eran realizadas por los ingenieros responsables de la obra, no obstante, muchas de las solicitudes realizadas no incluían la información completa requerida, lo que en algunos casos originaba confusiones o mal entendidos.

**1.4** En este nivel de planificación lo que se persigue es programar ejecutar actividades que reúnan criterios de calidad (ver acápite 5.4.1), es decir que se encuentren en la secuencia constructiva correcta, que los recursos requeridos (materiales, mano de obra, instalaciones auxiliares, equipos, etc.) se encuentren disponibles y habilitados en obra, que el tamaño de producción programada sea coherente con el rendimiento de las unidades productivas asignadas, etc.

A través de la medición del porcentaje de actividades planificadas completadas (PPC) que se realiza semanalmente, permite focalizar las causas posibles que interfirieron que determinadas actividades no se hayan ejecutado. Es allí, donde la administración tiene que trabajar para corregir y evitar que vuelva a ocurrir (aprendizaje).

Siendo el planeamiento de la producción y el cronograma de materiales documentos indispensables para garantizar la eficiencia en la administración de materiales, es recomendable que ellas se encuentren bajo la responsabilidad del ingeniero residente de la obra.

## 2. Compras

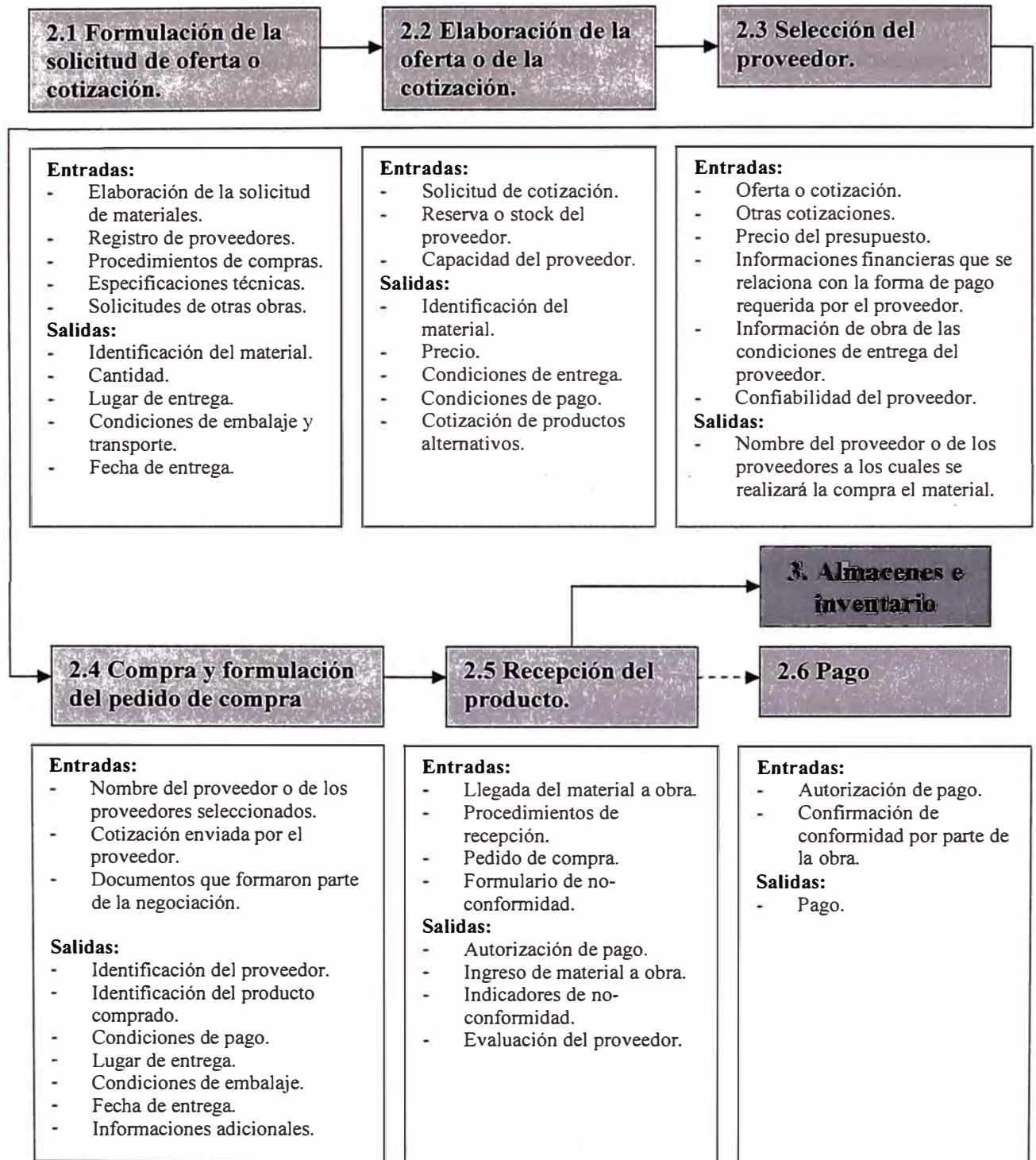
Entre los factores principales que generan paralizaciones largas o reprogramaciones de actividades planificadas inicialmente observados en el estudio de casos, se debe a una inadecuada gestión del proceso de compras. Como es el hecho, que muchas veces el atraso de un material se debe a que la información de la orden de compra se encuentra incompleta o se emplean medios inadecuados de comunicación que crean confusiones o simplemente cuando un documento (solicitud de material, orden de compra, etc.) queda trasapelado o se extravía durante el proceso. Por ello, el proceso de adquisición de materiales debe ser adecuadamente gestionado y controlado en todas sus etapas.

Para auxiliar estas interferencias que se suscitan en la gestión de compras y que retrasan la entrega de materiales a obra, se propone el siguiente flujo de información (Fig. 9.22), en el cual, se han resaltado las principales actividades del proceso de compras o adquisición.

**2.1** Esta etapa se inicia cuando el área de compras realiza la consulta con el área de almacén para la definir la cantidad de material a comprar, en base a la solicitud de materiales requerido por la obra (análisis de stock). Una vez definido la cantidad de materiales, el área de compras establece contacto con los proveedores a quienes les solicita realicen sus ofertas o cotizaciones de la solicitud de materiales requeridos por la obra. Se recalca la importancia que los datos consignados en la solicitud sean claros y precisos, pues un error en esta etapa puede requerir de un tiempo no previsto para corregir la confusión y que puede alterar la fecha de entrega requerida por la producción.

Las solicitudes de cotizaciones deberán dirigirse en lo posible a aquellos proveedores que hayan tenido experiencia en obras.

**Fig. 9.22 Principales etapas del flujo de información del proceso de compras**



Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de los casos estudiados, se observa que si bien la mayoría de las empresas disponen de un registro básico de proveedores, estas con frecuencia no se actualizan, asimismo, se observa en general que las empresas no disponen de un

instrumento que permita una evaluación formal del desempeño de los proveedores con las que trabajan.

Mantener un registro de proveedores es una información muy importante que ayuda a las empresas constructoras en la compra de materiales. La información que debe contener el registro de proveedores debe incluir la dirección, teléfono, persona de contacto, etc. Adicionalmente, debe ser constantemente actualizada según las evaluaciones hechas a lo largo del desarrollo de las obras en ejecución. El criterio de evaluación puede ser desarrollado según los conceptos vertidos en el acápite 5.2.2 de los proveedores, además, es recomendable que esta evaluación aparezca en la ficha del proveedor del registro de los proveedores para que sea utilizado como guía para la persona que realizará la compra.

En los estudios de casos se observó que todos ellos venían ejecutando un solo proyecto, solo la empresa Y realizaba dos proyectos pero estas se encontraban en fases distintas, una de ellas se encontraba en la etapa de acabados en tanto que la obra en estudio se encontraba en la etapa de cimentación. En el caso que las obras ejecuten varias obras a la vez, es importante que el área de compras agrupe los pedidos de materiales iguales con otras obras para poder realizar una compra mayor y obtener mejores precios, sin embargo, a razón que cada obra debe administrar su propia contabilidad, esta debe solicitarse de forma separada por obra. Los principales datos para la formulación de la solicitud de ofertas son prácticamente los mismos que aparecen en la solicitud de materiales realizada en la etapa anterior del proceso de compras, aprobado por el ingeniero responsable de la obra. Estos datos son:

Nombre o la descripción del material, indicando los requisitos de calidad establecidos en las especificaciones técnicas.

Cantidad.

Lugar de entrega.

Condiciones de embalaje y transporte.

Fecha de entrega.

Actualmente, el Internet es un medio adecuado de comunicación que permite incluir los datos necesarios en la solicitud de cotizaciones. En el análisis de casos estudiados se observa que las empresas estudiadas utilizan con frecuencia este medio, además del teléfono y fax, para comunicar a sus proveedores la solicitud de sus cotizaciones. Tal como se describió en el capítulo 7 relativo al flujo de información, estas herramientas de comunicación que brinda las nuevas tecnologías de información, otorga una mayor eficiencia e incrementa la capacidad del sistema de información.

Si bien en el país aún no se dispone del comercio electrónico a través del Internet por parte de las empresas proveedoras para el sector construcción, ya en otros países como en Chile y Brasil está apareciendo este tipo de comercio electrónico. Algunas de estas páginas web son: [www.superobra.com.br](http://www.superobra.com.br), [www.Sodimac.cl](http://www.Sodimac.cl), estas páginas web ponen a disposición de los clientes la relación de productos y servicios que ofrecen, así como las especificaciones técnicas de los materiales que pueden ser utilizadas por las empresas que aun no han formalizado sus especificaciones en el momento de la compra. De esta manera, este medio de transacción comercial consigue agilizar los procesos de adquisición de materiales.

**2.2** La elaboración de la cotización o la oferta es una etapa que es realizada por la empresa proveedora. El proveedor al recibir la solicitud de cotización, verifica sus reservas y su capacidad para cumplir con el pedido solicitado en las condiciones especificadas. Según estos datos elabora su oferta en el que especifica el precio de su producto y las condiciones a que se compromete a cumplir.

Las principales informaciones que deberá tener la cotización son: nombre del material solicitado, precio del material, condiciones de pago y las condiciones de entrega que ofrece. En el caso que el proveedor venda otros productos similares puede también incluir la información de los precios de las diferentes alternativas que ofrece.

Tal como se comentó en la etapa anterior y en el marco teórico, el uso continuo de la tecnología de la información que ofrece el Internet, permitirá agilizar e integrar las



informaciones entre estos dos agentes (empresa constructora – proveedor) de la cadena logística.

**2.3** Esta etapa se inicia cuando la empresa constructora recibe las cotizaciones solicitadas de los proveedores. La elección del proveedor debe ser realizado por el responsable del área de compras, el cual debe poseer la experiencia necesaria, conocer las condiciones de pago con las cuales la empresa acostumbra a trabajar y tener un buen criterio para saber en que ocasiones debe consultar a la dirección sobre una compra. Esto permitirá liberar al ingeniero de obra de este tipo de decisiones, sin embargo, si el comprador no reúne las capacidades para realizar esta elección es conveniente que esta labor sea realizada por el ingeniero de obra o por otro profesional con la experiencia y el conocimiento necesario. Se sugiere seguir las pautas señaladas en el acápite 4.2.2 relativo a la evaluación y selección de los proveedores.

En la medida de lo posible, se deberá intentar concentrar las compras en pocos proveedores. Esto facilitará la evaluación de los mismos, el aprovechamiento de economías de escala, la integración en la cadena de suministro de los proveedores y la consolidación de las relaciones de colaboración y cooperación en el desarrollo de nuevas tecnologías y/o productos.

Generalmente, en los casos de compras grandes, es normal que se solicite la opinión del gerente de obras en la toma de decisiones, siendo muchas veces el quién decide dividir la compra entre dos o más proveedores o negociar directamente con estos para obtener un mejor precio o mejores condiciones. Generalmente, las negociaciones para conseguir mejores precios o condiciones de pago o entrega son dadas entre las jerarquías superiores de la empresa.

Además se pueden presentar múltiples situaciones para efectuar una acertada toma de decisiones en la elección del proveedor, es recomendable que cada empresa constructora establezca sus reglas para evitar saturaciones en las jerarquías superiores. Existen productos en las cuales la dirección de la empresa



necesariamente deberá estar involucrado, para los cuales se debe estudiar la conveniencia de establecer contratos con los proveedores y después establecer procedimientos para la compra.

En general, los principales factores que se debe tomar en consideración para la elección son: precio del material, el nivel de servicio ofrecido, las condiciones de pago requeridas por el proveedor y la confiabilidad del proveedor (a través del registro de proveedores).

En el sector construcción del país es común observar que el criterio más importante que determina la elección de un proveedor es el precio del producto, sin considerar muchas veces otros factores como el nivel de servicio, la calidad del producto, la forma de pago, el grado de confianza adquirido por proveedores anteriores, etc. Esta consideración aislada del precio para la elección del proveedor limita el establecimiento de contratos con proveedores que pueden alinear sus objetivos con los objetivos estratégicos de la empresa basándose en una mutua confianza. Hoy en día existe la tendencia de establecer contratos con proveedores confiables de largo plazo, que tiene por objeto beneficiar a ambos agentes y permitir eliminar actividades que no agregan valor.

**2.4** Una vez seleccionado el proveedor del material requerido se realiza la formulación del pedido de compra. Este proceso se divide en dos etapas principales:

Confirmación de la compra con el proveedor: consiste en la confirmación de los datos de compra (material, cantidad), entrega, pago e informaciones adicionales con el proveedor a través de un documento llamado “pedido de compra”. Esta confirmación puede ser realizada a través de correo electrónico (Internet) o vía fax. Es importante anexar y confirmar los documentos (especificaciones, programa de obra, etc.) que forman parte de la obra.

Comunicación de la compra a obra y a la sección de “cuentas por pagar”: este documento puede debe ser registrado y anexado a la guía de reemisión obtenida en la entrega de materiales para efectuar el control contable y los pagos

correspondientes. Por otro lado, esta comunicación permitirá la actualización de la programación periódica (lookahead schedule) sobre la base de la información del estado de los recursos remitido por el área de compras.

Las principales informaciones que deben aparecer en el pedido de compra son:

- Identificación del proveedor: nombre, teléfono, dirección.
- Identificación del producto comprado: nombre, cantidad.
- Condiciones de pago.
- Lugar de entrega: dirección y teléfono de obra.
- Condiciones de embalaje y transporte.
- Fecha de entrega.
- Informaciones adicionales o complementarias que fueron establecidos en el momento de la compra (especificaciones técnicas, programa de obra, etc.).

**2.5** Debe programarse con anticipación los lugares en la obra donde serán recibidos o almacenados a la llegada de los materiales. Además, se debe tener disponibles los documentos para la recepción de los materiales, las cuales son: pedido de compra, especificaciones técnicas, procedimientos de recepción y de inspección, etc.

Debido a que generalmente las entregas de material por parte de los proveedores se realiza directamente en las obras, se sugiere que la recepción de los materiales lo realice el encargado del almacén de la obra o en su defecto el ingeniero residente, utilizando procedimientos que sustenten esta labor.

Para materiales cuya fecha de entrega fue especificada en el momento de la compra, esta etapa se inicia cuando el material llega a obra. En los casos de los materiales para los cuales la entrega depende de la decisión de la obra en función de las necesidades del plan de producción, como por ejemplo las materias primas, esta etapa se inicia en el momento en que el interesado se comunica con el proveedor realizando el pedido de entrega del material en una fecha especificada. Tal como se

indicó inicialmente, para evitar atrasos en la entrega, es mejor entregar al proveedor un cronograma anticipado de entregas de materiales.

Las informaciones que son resultado de esta etapa pueden ser las siguientes:

- Aprobación del pago: si existe la conformidad en la recepción a la obra se autoriza el pago comunicando al departamento que efectúa el pago.
- Entrada del material en la obra: cuando el material es aceptado se avisa al equipo de planificación de la producción interesados en su entrada.
- No-conformidad: se da cuando no existe conformidad en la entrega. La identificación de la no-conformidad se realiza mediante procedimientos internos de la empresa, tomando en cuenta el pedido de compra y los documentos que toman parte de la compra. La idea es que el material represente las características solicitadas por los parámetros de aceptación especificados en los procedimientos y los datos del pedido de compra. En lo posible debe tratar de evitarse que ocurra una no-conformidad a través de una correcta selección de proveedores, adecuados medios de transmitir la solicitud de compra, especificaciones claras y precisas, procedimientos internos que aseguren que el material recibido cumpla con los requisitos de calidad exigidos por el proyecto. La no-conformidad de un material puede generar en el peor de los casos paralizaciones o reprogramaciones de actividades que pueden afectar la secuencia de los procesos constructivos, originando pérdidas en el proceso.
- Evaluación del proveedor: se refiere a la evaluación que la obra realiza al proveedor con respecto al material entregado y al servicio prestado. Los principales parámetros que deben ser evaluados son: cumplimiento de plazos, conformidad del producto y las especificaciones, nivel de servicio, existencia de errores en la factura u otros documentos, entre otros. Esta información debe ser comunicada al área de suministro o compras.

En el momento de la llegada del material a la obra, la principal preocupación de la persona encargada en su recepción es verificar que esta coincida con la calidad y la

cantidad solicitada. Para realizar esta labor es recomendable desarrollar documentos que sustenten esta labor como:

Procedimientos de recepción e inspección de materiales, el cual tiene por objeto identificar si existe desviaciones de los requisitos de calidad de los materiales suministrados respecto al ideal establecido en la orden de compra (ver acápite 4.2.1). Ninguna de las empresas estudiadas tenían procedimientos formalizados, justificando básicamente la aceptación de los materiales en la confianza que depositaban en los proveedores con los que trabajan y en la inspección visual del ingeniero de obra o su asistente encargado para esta labor.

Pedido de compra: el cual debe contener todas las informaciones que fueron entregadas al proveedor al momento de la compra: nombre del producto, cantidad, especificaciones técnicas, lugar de entrega, condiciones de embalaje, fecha de entrega, etc. En el momento de la recepción del material, se debe verificar se encuentre en conformidad de acuerdo a lo acordado.

Formulario de no-conformidad: el cual servirá para registrar toda la información detallada de la no-conformidad con el objeto de realizar propuestas de solución para corregir el hecho. En caso de la existencia de una inconformidad en la entrega, dependiendo de la gravedad de la misma, se puede optar por solucionar el problema directamente con el proveedor o no aceptar la entrega y comunicar al departamento de suministro o compras.

Autorización de pago: en los casos que el material se encuentre conforme a lo solicitado al realizar la compra.

Se recalca la recomendación que se debe proceder a evaluar al proveedor en cada entrega. La única forma de mantener actualizado el registro de proveedores y de anticipar problemas de no-conformidad de materiales que tengan su origen en los proveedores es a través de las evaluaciones formales realizadas a ellos en las obras.

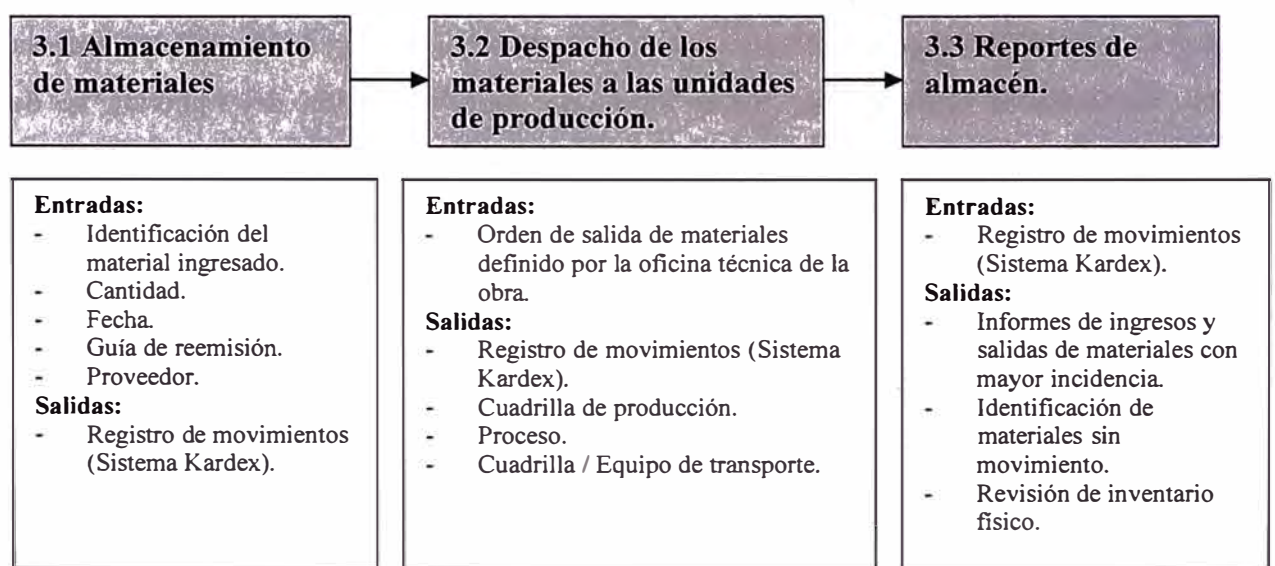
**2.6** Con la confirmación de la aceptación del material por parte de la obra, el área de compras puede realizar el pago, en concordancia con lo acordado en las condiciones de pago.

### 3. Almacenes

Luego de la recepción de los materiales suministrado por los proveedores, los materiales deben ser correctamente almacenados y protegidos para evitar daños, pérdidas y robos que se puedan producir.

Las principales actividades que se distingue en este proceso se muestran en la figura 9.23.

**Fig. 9.23 Etapas del flujo de información del proceso de almacenes**



Fuente: Elaboración propia.

**3.1** Los materiales que ingresan al almacén deben ser debidamente registrados utilizando el sistema Kardex. Estos deben ser almacenados en áreas de almacenamiento temporal, áreas de acopio o bodegas de acuerdo a las necesidades de seguridad, acceso, volúmenes de frecuencia de uso, etc., requerido por los materiales. El departamento técnico definirá: la calidad y el tamaño de los almacenes en función de la naturaleza de los materiales, las cantidades solicitadas por el programa de producción de la obra y la mejor distribución física de los

almacenes, los cuales, se encontrarán documentados dentro de la planificación de instalaciones auxiliares.

**3.2** Todas las órdenes de salidas de material desde el almacén a las unidades productivas deben registrarse en el sistema Kardex, con la identificación del material suministrado, del responsable de la cuadrilla correspondiente y del proceso de producción al cual es destinada.

Se sugiere que la identificación y cuantificación de las asignaciones diarias de materiales a las unidades productivas sean elaboradas por el ingeniero residente o la oficina técnica de la obra en función del metrado de la actividad a ejecutarse y los materiales que componen el análisis de precio unitario de dicha actividad en el presupuesto (etapa de planificación), con el objeto de reducir las pérdidas indirectas de los materiales que se producen en las obras y en el que en ninguno de los casos estudiados la dirección de la obra tienen control y conocimiento.

El transporte de los materiales a los frentes de trabajo debe realizarse utilizando las rutas de suministro predefinido y desarrollado en la planificación de la logística interna. Estas rutas de suministro deben contemplar equipos y cuadrillas específicas para el traslado de los materiales.

En cuanto al horario de la asignación y distribución de los materiales, se sugiere realizarlo a primera hora del día antes que se inicie la jornada laboral de las unidades de producción o en su defecto el día anterior al finalizar la jornada de trabajo. De esta manera se reducirá los tiempos de esperas, movimientos y transportes de las unidades de producción.

**3.3** Periódicamente el responsable del almacén deberá procesar y revisar los siguientes reportes:

Materiales sin movimiento: se deberá identificar aquellos materiales sin rotación en los últimos meses con el fin reportarlo al departamento técnico de la obra, para evaluar las razones de su no-utilización. En caso que no requieran ser



utilizados en la obra restante deberán ser considerados como saldos de materiales e iniciar su venta o transferencia a otra obra.

Niveles de reposición: los cuales puede ser realizado por grupo de ítem según la clasificación ABC realizado en la planificación inicial de materiales y la planificación periódica de la producción (Lookahead Schedule).

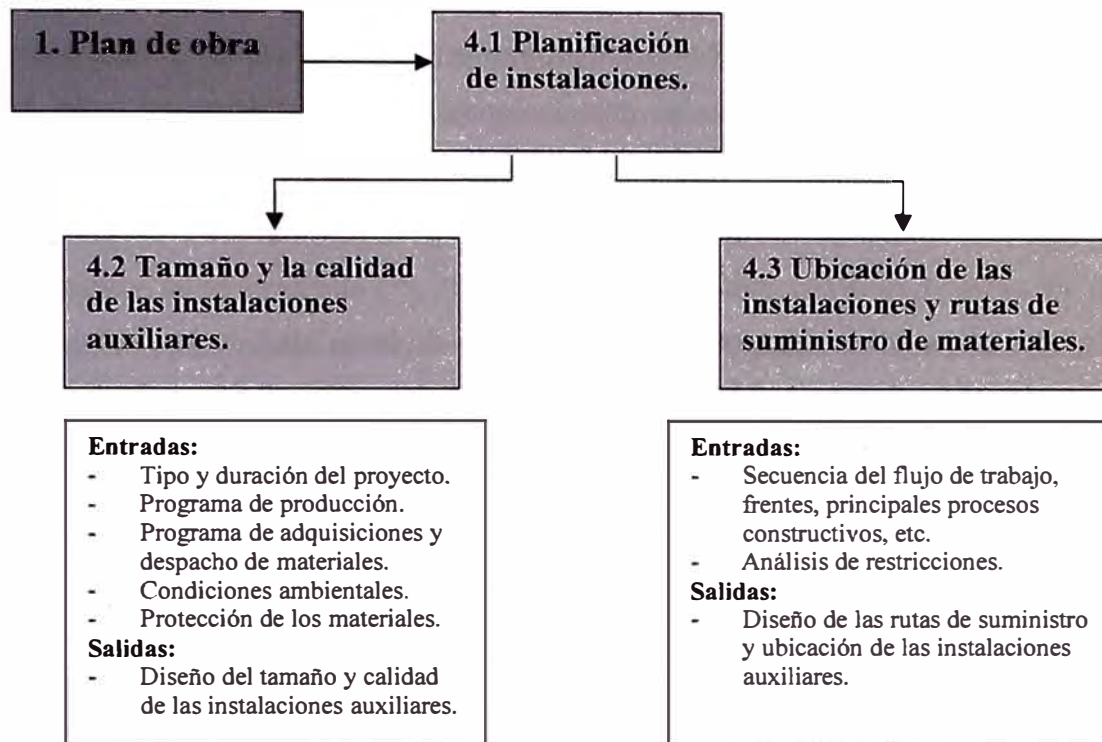
Revisión mensual del inventario físico en almacenes.

Tomando en consideración estas directivas de gestión relativa a los almacenes se controla las pérdidas directas e indirectas que se producen en las obras de los casos estudiados y se facilita la gestión de la producción en cada una de ellas.

### **9.2.2 Logística interna de materiales**

Una vez definido el plan de obra que establece la secuencia y los frentes de trabajo del proceso constructivo, la logística interna define la planificación de las instalaciones auxiliares y las rutas de suministro de materiales, necesarias para llevar a cabo la construcción (Fig. 9.24).

**Fig. 9.24 Principales actividades de la planificación de las instalaciones auxiliares**



Fuente: Elaboración propia.

**4.1** La planificación de instalaciones auxiliares involucra las instalaciones administrativas y para el personal, instalaciones de servicio de equipos y vehículos, instalaciones y suministros básicos como el agua, alcantarillado, etc. No obstante, dado que nuestra investigación está orientado a la gestión de materiales, se dará énfasis en las instalaciones de almacenamiento de materiales, talleres auxiliares, rutas de transporte y suministro interno de materiales.

**4.2** Una vez determinados la cantidad de materiales que deberá almacenarse es posible determinar el tamaño requerido para los almacenes.

La cantidad de materiales se obtiene a partir del estudio de planos y especificaciones. Sin embargo, no todos los materiales se requieren en la obra al mismo tiempo, por lo tanto, las cantidades estimadas deben reflejar el programa de construcción de la obra (planificaciones periódicas). Usando los conceptos de la teoría de control de inventarios citados en el acápite 4.3 y la técnica de clasificación de materiales ABC, es posible calcular las cantidades necesarias en el inventario

para tener una ejecución de los trabajos libre de tropiezos. De esta forma, el tamaño de las instalaciones de almacenamiento de materiales esta afectado principalmente por el programa de construcción, el programa de adquisiciones y las condiciones ambientales. El tamaño de las instalaciones debe considerar no solo el área requerida para el almacenamiento sino de un área adicional para el acceso y manipulación asociada a los materiales

En esta etapa adicionalmente debe observarse de la calidad de las instalaciones el cual involucra, costo, durabilidad y funcionalidad. Se basa en factores como el tipo y la duración del proyecto, el clima, la reutilización de las instalaciones y la protección de los materiales.

**4.3** Por otro lado, la planificación de instalaciones deberá definir la ubicación de las instalaciones o áreas de almacenamiento en relación con los frentes de trabajo y a la facilidad para recibir los materiales que llegan a obra. Muchas instalaciones o áreas de almacenamiento de materiales forman parte de un proceso productivo común, el que debe optimizarse minimizando el movimiento de los trabajadores, materiales y equipos entre ellas.

Como se observa en los casos estudiados, la mayoría de las interferencias en el suministro interno de los materiales y las pérdidas en el proceso de producción que involucran ellas, se originan debido a que no se reserva un tiempo para la planificación de la ubicación de las instalaciones auxiliares y las rutas de suministro de materiales.

Para reducir el movimiento de los trabajadores y materiales se sugiere seguir las pautas señaladas en el acápite 5.1.2 de la planificación de instalaciones auxiliares relativo al uso de herramientas (cartas de proceso, diagramas de flujo, etc.) para el diseño de rutas de suministro. La ubicación de las instalaciones auxiliares debe facilitar la secuencia del flujo de la producción adoptado en el plan de obra.

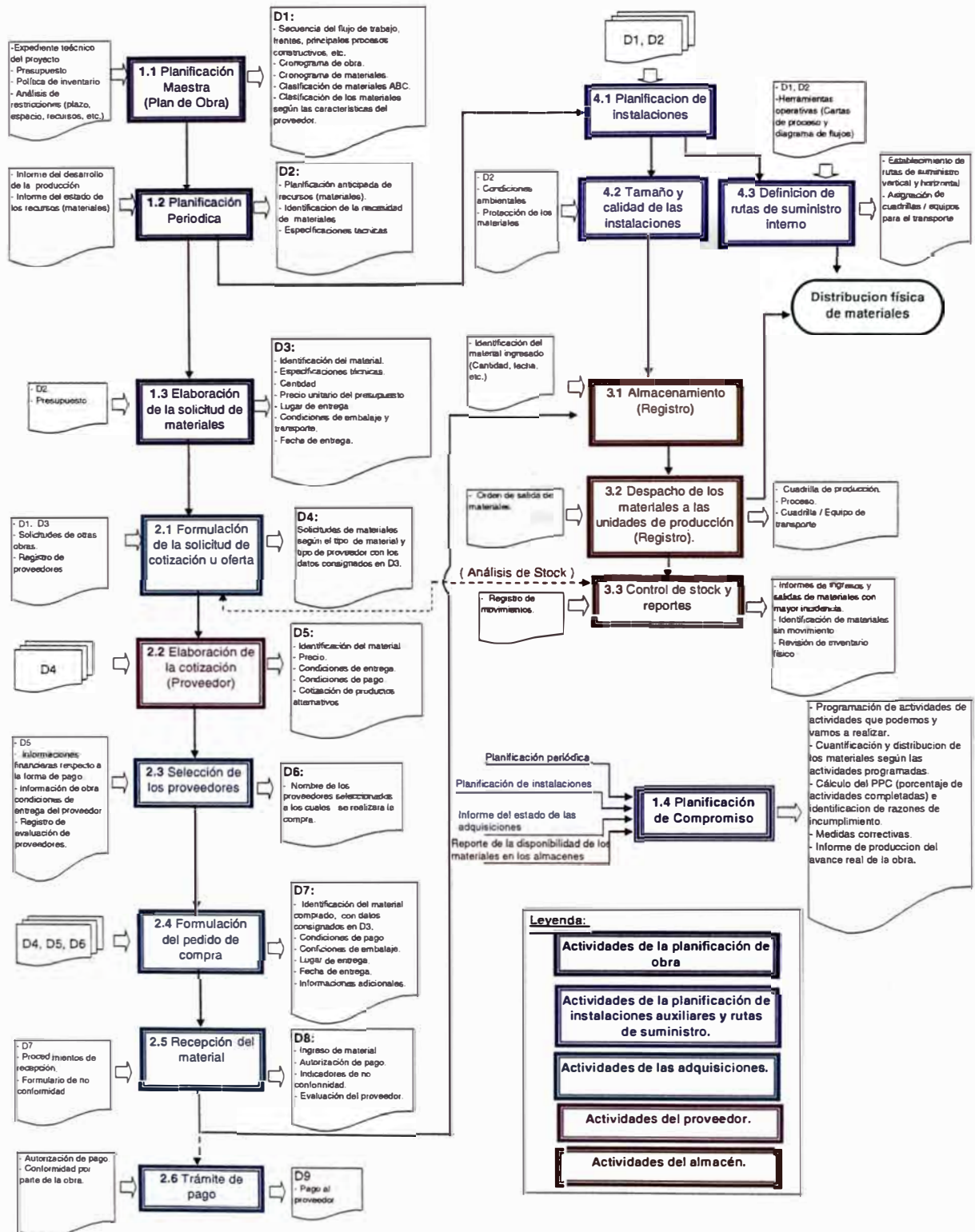
Asimismo, debe aplicarse de principios como el arreglo metódico, orden, limpieza, etc., dentro del sistema productivo que permite agilizar el trabajo e identificar lo que es necesario y lo que no lo es. Tal como se indicó en el marco teórico la aplicación de estos principios al flujo de producción permite reducir los movimientos, transportes e interferencias en el suministro de los materiales.

Finalmente, se recomienda que el diseño de las instalaciones y su distribución deban ser flexibles para poder manejar variaciones en el programa de ejecución de la obra, además que estas deben ser seguras ante diversos riesgos (robo, incendio, etc.).

Siguiendo el esquema propuesto y teniendo en cuenta las herramientas indicadas en el marco teórico (capítulo 5), es posible diseñar una distribución eficiente de las instalaciones auxiliares en una obra, lo cual, permitirá reducir los factores que generan los problemas comunes relacionados con la logística interna encontrados en el estudio de casos que impactan en el desempeño del sistema productivo.

La figura 9.25, integra el flujo de información de los principales procesos y subprocesos de la logística de suministro y la logística interna de materiales. Se sugiere tomar este flujo de información como punto de inicio para la reducción de las principales interferencias en el suministro de materiales encontrados en los estudios de caso, a partir del cual, cada empresa podrá adaptarlo de acuerdo a las características de su organización.

Fig. 9.25 Flujo de Información del Proceso Logístico.



Fuente: Elaboración propia.

Tomando en consideración el concepto y los objetivos que persiguen la logística y su influencia en el sistema productivo, este flujo de información propuesto debe ser revisado continuamente para evaluar su eficiencia y su eficacia sobre la base de ciertos criterios predefinidos. Por ejemplo, la eficiencia puede ser medida a través del tiempo que transcurre desde la solicitud del material por parte de la oficina técnica hasta que esta llegue a obra, distinguiendo el tiempo que le corresponde al proveedor y a la empresa propia, también, puede ser medido a través del porcentaje de actividades registrados que no agregan valor como por ejemplo las actividades de control, reproceso de solicitud, contratos ineficaces con proveedores, solicitudes de cotización sin respuesta, duplicidad de datos e informaciones, etc. En el acápite 4.3, relativo a inventarios, se manifestó que el alto volumen de materiales en inventario y la existencia de actividades precedentes concluidas por un tiempo prolongado pueden ser considerados como un indicador de eficiencia del proceso.

Por otro lado, la eficacia puede ser medida a través del número de ocurrencias de no-conformidad de los materiales en un determinado periodo, número de ocurrencias de escasez de material en obra requeridos por las cuadrillas de producción, etc. La eficacia también puede ser medida a través del grado de satisfacción de los usuarios internos, es importante conocer la opinión de los usuarios del sistema logístico a fin de evaluar si el nivel de servicio en el suministro interno de materiales es el óptimo.

Se observó que muchos de los problemas en la administración de materiales tienen su origen en la etapa y el sistema de planificación. El esquema propuesto que contempla el enfoque de producción, Lean Construction, permite corregir estas deficiencias, mediante la medición del desempeño del sistema de planificación [9], comparando los resultados obtenidos con los deseados, a fin de observar si se está encaminado a realizar los objetivos del proyecto. Este control permite descubrir los problemas y entender las causas de incompatibilidad, de modo que se pueda resolver y mantener encaminado el proyecto. Esta herramienta de medición del desempeño del sistema de planificación, puede ser utilizada como un instrumento complementario para evaluar la eficiencia y eficacia del flujo de información de la gestión logística de materiales propuesto.



Sobre la base de estas consideraciones expuestas, para medir la eficiencia y eficacia de la gestión logística de materiales en un proyecto de construcción se propone en el cuadro 9.3 algunos principales indicadores de gestión:

**Cuadro 9.3 Indicadores de Gestión**

1	Número de días en el retraso de la solicitud de materiales para el siguiente periodo.
2	Número de días de retraso del suministro que no se encuentra en la fecha planificada requerida por la producción.
3	Número de HH de trabajo no productivo por deficiencias en la gestión logística de materiales.
4	Número de cambios en las órdenes de compra.
5	Número de cambios en las especificaciones.
6	Número de días de retraso en las órdenes de compra debido a la demora en la evaluación, selección y negociación de las ofertas.
7	Número de casos de materiales suministrados que no cumplen con las especificaciones técnicas.
8	Cantidad de suministros con problemas de recepción (defectos, entregas incompletas, daños).
9	Número de documentos (órdenes de compra, guías, facturas, etc.) rechazados en un determinado periodo.
11	Alto volumen de inventarios de materiales y actividades precedentes concluidos por un tiempo prolongado.
12	Grado de satisfacción de los usuarios internos.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, cabe recordar que el flujo propuesto como cualquier otro proceso productivo o administrativo es susceptible de un mejoramiento continuo (ver acápite 5.3.2 relativo al ciclo de mejoramiento continuo), razón por el cual, se recomienda cuantificar estos indicadores de gestión, mediante el registro de los sucesos que se producen durante el desarrollo de las actividades logísticas de materiales. Esta cuantificación permitirá identificar oportunidades de mejora dentro del sistema logístico. Adicionalmente a la cuantificación de estos indicadores, los cuales deben informarse periódicamente a la dirección de la obra para su análisis, se sugiere realizar muestreos del trabajo a nivel general de las actividades y entrevistas a los profesionales y trabajadores de la empresa vinculados con la logística de materiales, que permitan identificar las causas que suscitan los problemas en el abastecimiento de materiales, con el objeto igualmente, de encontrar oportunidades de mejora en el sistema logístico.

## 9.3 Análisis de Costo Beneficio

### 9.3.1 Costo

En este acápite se trata del costo que representa la implementación del esquema propuesto para la mejora del flujo logístico. Como se puede observar la mayoría de las empresas de los casos estudiados cuentan o no cuentan con el personal necesario para realizar las actividades logísticas. En la producción misma, el Ingeniero Residente es el único responsable de la dirección técnica, planificación y control de la obra; actividades en las cuales la mayoría de las veces no son realizados con la oportunidad y el detalle que requiere la obra. Por ello se sugiere incorporar dentro del organigrama de las empresas a un ingeniero para que realice las actividades de planificación de obra dentro del esquema propuesto del flujo de información para el proceso logístico de materiales (ver figura 9.25). De esta manera se libera al ingeniero residente de algunas funciones fundamentales que deben ser llevadas a cabalidad; así el ingeniero residente o su asistente dispondría de más tiempo para alimentar con información al ingeniero de programación del estado de producción. Dependiendo de la magnitud y la complejidad del proyecto se puede incorporar asistentes para apoyar las actividades de planificación, adquisiciones y control.

Tal como se observa en cuadro 9.1 la mayoría de los factores que origina las interferencias en el flujo logístico de materiales tienen su origen en el proceso de planificación, por ello es importante la incorporación de un ingeniero encargado a esta actividad exclusiva con el objeto de anticipar a la administración central (adquisiciones) en el abastecimiento de los materiales.

Tomando en consideración el tamaño de las obras analizadas se cree necesario incorporar un ingeniero encargado en la planificación y un asistente que apoye y agilice las actividades de adquisiciones. En cuanto a la infraestructura, equipos de cómputo y comunicación se observó todas las empresas disponen del mínimo necesario para realizar las actividades logísticas, por ello se considera que no es necesario incorporar inicialmente recursos de esta naturaleza.

De este modo la composición del costo directo que intervendrían dentro del esquema propuesto se indica en el cuadro 9.4:

**Cuadro 9.4 Análisis del Costo del Esquema Propuesto**

	ACTUAL		PROPUESTA	
	Costo mensual	6 meses	Costo mensual	6 meses
<b>Oficina Principal</b>				
Encargado en las Adquisiciones	S/. 3,500.00	S/. 21,000.00	S/. 3,500.00	S/. 21,000.00
Asistente / Despachador	S/. -	S/. -	S/. 2,400.00	S/. 14,400.00
<b>Obra</b>				
Ingeniero Residente	S/. 4,000.00	S/. 24,000.00	S/. 4,000.00	S/. 24,000.00
Ingeniero de Planificación	S/. -	S/. -	S/. 3,500.00	S/. 21,000.00
Ingeniero Asistente	S/. 2,400.00	S/. 14,400.00	S/. 2,400.00	S/. 14,400.00
Almacenero	S/. 2,000.00	S/. 12,000.00	S/. 2,000.00	S/. 12,000.00
	Total	S/. 71,400.00		S/. 106,800.00
	<b>Costo:</b>	<b>S/. 35,400.00</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar el costo que representa la implementación de este esquema de trabajo corresponde básicamente a las remuneraciones del personal propuesto. Cabe aclarar que la idea no es ampliar el organigrama, sino que ésta corresponda de acuerdo al flujo de información para proceso logístico de materiales propuesto, con tareas específicas a ser cumplidas por cada uno de los integrantes de dicho organigrama.

### 9.3.2 Beneficios

La metodología empleada para el estudio de casos que permitió identificar las interferencias que se generan en la gestión logística de materiales, estas interferencias representan oportunidades de mejora dentro de la logística de materiales que finalmente se traducen en beneficio económico en la medida que son corregidos. Así mismo, en el acápite 9.1.2 de la logística interna de materiales del presente capítulo se señaló las pérdidas que se generan en obra vinculados directamente con la gestión de la misma representan en promedio el 34.31% del tiempo total que emplea la mano de obra en los

casos estudiados, de igual manera significaría un enorme beneficio trasladar este porcentaje de tiempo improductivo al porcentaje de trabajo productivo.

Si se considera que Chile tiene un promedio de 38% de trabajo productivo para obras de edificaciones y de 47% para edificaciones de altura; además si se considera el porcentaje obtenido en los casos estudiados para el trabajo productivo de 27 %, se tendría que reducir en 11% y el 28% respectivamente del trabajo no productivo (contributorio y no contributorio) para alcanzar los niveles de trabajo productivo obtenidos en el vecino país. El ahorro que representa la reducción de estos dos valores del porcentaje del trabajo improductivo se muestra el cuadro 9.5.

**Cuadro 9.5 Análisis del Beneficio del Esquema Propuesto**

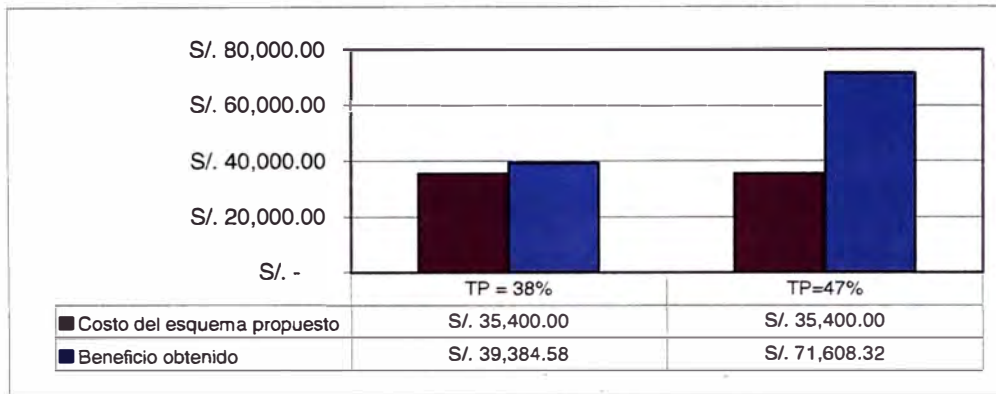
Nivel de % de Trabajo Productivo	TP = 38%	TP =47%
<b>Cálculo de horas hombre totales</b>		
# de trabajadores promedio	35.00	35.00
# de horas diarias trabajadas	8.00	8.00
# de días mensuales de trabajo	24.00	24.00
# total de horas mensuales	6,720.00	6,720.00
# de meses de duración de la obra	6.00	6.00
# total de horas hombres del proyecto	40,320.00	40,320.00
<b>Beneficio</b>		
Reducción en % del trabajo no productivo	11%	20%
Horas hombre que representa la reducción del porcentaje del trabajo no productivo.	4,435.20	8,064.00
Costo unitario promedio	S/. 8.88	S/. 8.88
Beneficio obtenido	S/. 39,384.58	S/. 71,608.32
<b>Costo del esquema propuesto</b>	S/. 35,400.00	S/. 35,400.00
Costo Directo: S/. 1,650,000		
<b>Ahorro</b>	S/. 3,984.58	S/. 36,208.32
% del Costo Directo		2.19%

Fuente: Elaboración propia

Si bien se observa que el ahorro obtenido para el caso de obtener un trabajo productivo del 38% es mínimo, el beneficio se incrementaría en la medida que se implemente las mejoras dentro del proceso logístico vinculado únicamente con la logística interna de materiales. El beneficio que representa para el caso de obtener un trabajo productivo del 47% es significativamente mayor que el gasto que representa la implementación del

sistema. En este caso el costo equivale al 49.44% del beneficio obtenido y representa el 2.19% del costo directo promedio de los proyectos analizados, esto definitivamente constituye un gran ahorro.

**Fig. 9.26 Gráfico comparativo de Costo - Beneficio**



Fuente: Elaboración propia

Además de los beneficios que pueden ser obtenidos en la logística interna de materiales, las cuales se ha podido cuantificar, se observa que es ampliamente factible obtener beneficios adicionales relacionados con la logística de suministro de materiales que finalmente representen un ahorro económico. Algunos de estos beneficios son:

- Clasificar los materiales según su incidencia en el costo permite a la administración desplegar un esfuerzo administrativo coherente con la clasificación del material. Esto representa un ahorro en el proceso logístico.
- Al anticipar a la administración central (adquisiciones) en la realización de los pedidos de materiales que requiere la producción, esta dispone de un tiempo mayor para obtener y evaluar cotizaciones y así obtener mejores precios de los materiales requeridos. En obra es común observar realizar compras urgentes de última hora con sobrepagos debido a la exigencia de la obra.
- Una adecuada planificación de materiales acorde con la producción (planificación pull) permite reducir los costos logísticos tales como la reducción del mantenimiento de inventario y los costos de producción como por ejemplo evitar la existencia de actividades precedentes culminadas por tiempos considerables que pueden originar en gastos no presupuestados. Se cita como



ejemplo al proyecto de la Ampliación y Remodelación del Estadio Max Augustin de Iquitos, en el se participó. En dicha obra pude observar claramente las pérdidas que se generan cuando se aplica una planificación que empuja a la culminación de tareas (planificación push). La administración dio directivas que se avance a la brevedad posible con los trabajos de excavación de las cimentaciones, para ello se dispuso de una retroexcavadora para agilizar el proceso (eficiencia individual del proceso). Si bien esta actividad se realizó en un tiempo breve, no se contempló la ausencia de los materiales necesarios para la actividad siguiente de solado debido a la escasez de cemento que impidió se ejecute esta actividad sucesora por varios días. Esto originó que debido a la presencia de lluvias en la zona, estas excavaciones se llenaran de agua, perjudicando la forma de la excavación y generando partidas no presupuestadas como el bombeo del agua estancada y el encofrado de las cimentaciones. Se pudo observar finalmente que la eficiencia global del proyecto se vio perjudicada debido al deseo de ganar eficiencia en un proceso individual por tratar de empujar la culminación de una determinada actividad.

Existen muchos otros ejemplos similares que pueden ser observados en el proceso productivo de obras de edificación. Evitar que ello suceda a través de una planificación de la producción coherente con el estado de los materiales significaría el ahorro de gastos no presupuestados en el proyecto y que afectan el resultado económico del proyecto.

**Fig. 9.27 Ejemplo de Actividades Precedentes Culminadas (Inventario)**



Fuente: Registro de obra.



- En el acápite 4.4 se señaló que es bastante normal observar pérdidas de materiales que alcanzan del 10% al 20% del total de materiales adquiridos, la reducción de este porcentaje de pérdidas a través un registro de movimiento de materiales y la asignación adecuada de los mismos a las unidades de producción, representaría otro beneficio adicional para el resultado económico final del proyecto.
- Adicional a los beneficios de orden económico señalados que muy bien pueden ser obtenidos aplicando las mejoras propuestas en la gestión logística de materiales, se pueden obtener beneficios adicionales como el cumplimiento de los objetivos del proyecto (alcance, costo, plazo y calidad), incremento de la seguridad en obra, etc.

Como se puede observar finalmente los beneficios obtenidos por la implementación de la mejora de la gestión de la logística de suministro de materiales sumado al beneficio obtenido en la mejora de la logística interna de materiales representa un valor mucho mayor que el costo que representa implementar el esquema propuesto en las empresas de los casos estudiados.

#### **9.4 Recomendaciones Finales**

Las organizaciones de las empresas analizadas en general deben establecer mecanismos que permitan registrar la información que se produce en obra (conocimiento) y establecer canales de transferencia de la experiencia y el conocimiento adquirido a lo largo del desarrollo de las obras al interior de la organización.

Asimismo, debe brindarse una continua capacitación y entrenamiento a todos los agentes involucrados en el proceso logístico respecto a los procedimientos y sistemas implantados dentro de la organización. Estos procedimientos deben ser claros.

La planificación y programación de los materiales, como ya se comentó, debe realizarse con la debida anticipación tomando una actitud proactiva frente a las posibles interferencias en el suministro de materiales que se puedan producir durante la ejecución de la obra.

Sobre la base de una evaluación cuidadosa de proveedores es posible establecer e implementar contratos con algunos de ellos, basados en una relación de confianza entre ambos agentes promoviendo una mejora continua de calidad, productividad y competitividad en el flujo de información para la logística de materiales. Esto podría disminuir las etapas requeridas en realizar la adquisición del material requerido, permitiendo que la obra pueda solicitar los materiales directamente al proveedor sin tener que intervenga el área de compras. En este caso se reduce el tiempo del proceso haciéndolo menos burocrático y más eficiente. La selección de los proveedores para celebrar contratos será determinada en una primera instancia basándose en la clasificación ABC de los materiales, de modo tal de poder identificar a los materiales que tienen mayor incidencia en el costo de las obras. En segunda instancia, una vez identificados los materiales de mayor incidencia, se realizará una evaluación según las características del proveedor discutida en los acápites 4.2.2 y 4.3, de tal modo que se establezca especificaciones de contrato y formas de suministro distintos de acuerdo con el tipo de proveedor.

Los sistemas de comunicación tales como el Intranet, Internet, correo electrónico y software como el CAD, CAVT, etc., permiten ampliar la capacidad del sistema de comunicación y facilitan el aspecto operativo de la organización. Otra herramienta que se sugiere implementar comprendido dentro del sistema de información es el código de barras, que se vienen usando de manera intensa en la mayoría de las industrias y negocios, este sistema facilita la identificación y seguimiento de los productos. A través del código de barras y de un lector es posible identificar y registrar rápidamente cualquier tipo de producto e integrar a una red de base de datos. En el país no se tiene registro que este utilizando este tipo de herramientas en la construcción que integre la red de datos, el cual podría agilizar el registro de las entradas y salidas de materiales en obra, además podría servir para identificar los materiales que se encuentran definidos desde la etapa ingeniería del proyecto facilitando la cuantificación y solicitud de materiales, haciéndolo más eficiente y eficaz el sistema logístico.

Últimamente diversas empresas pertenecientes a otros sectores están terciarizando algunas de sus actividades no estratégicas a un operador con el propósito de permanecer

únicamente con aquellas actividades que generan valor como las actividades de planeamiento y producción dentro de su organización. En ese sentido, si se considera como una propuesta de mejora terciarizar algunas actividades dentro esquema del flujo de información propuesto (ver figura 9.25), se sugiere terciarizar las actividades que corresponde al proceso de adquisiciones. Al trasladar estas actividades a un operador logístico, se lograría convertir los costos fijos que representan estas actividades de apoyo a la producción en costos variables, asimismo, se aprovecharía las economías de escala (compras en volumen) y el poder de negociación que manejan estos operadores para conseguir precios y niveles de servicio competitivos, a los cuales difícilmente podrían acceder con el volumen de obras que generalmente manejan las empresas de construcción de edificaciones del sector.

En virtud que la mayoría de las empresas proveedoras ofrecen el servicio de distribución de los materiales directamente a los almacenes de la obra, las actividades que se terciarizaría serían:

- Formulación de la solicitud de cotización de materiales a los proveedores (actividad 2.1).
- Evaluación, selección y negociación con los proveedores (actividad 2.3), en base a las cotizaciones ofertadas por ellos (actividad 2.2).
- Formulación del pedido de compra (actividad 2.4).

Con la conformidad de material durante la recepción de los materiales en obra se procede al pago del proveedor seleccionado por el operador.

El cuadro 9.6 resume las principales herramientas o instrumentos, que pueden ser utilizados para la mejora del proceso logístico.

**Cuadro 9.6 Herramientas potenciales para la mejora del flujo logístico de materiales**

Ítem	Área	Herramientas propuestas.
1	Organización	Canales de transferencia del “Know How” al interior de la organización.
2	Organización	Capacitación y entrenamiento de los procedimientos internos.
3	Organización	Procedimientos claros.
4	Organización	Terciarización de las actividades de adquisición.
5	Sistema	Internet, intranet.
6	Sistema	Correo electrónico.
7	Sistema	EDI (Electronic Data Interchange).
8	Sistema	Base de datos y sistemas integrados.
9	Sistema	CAD, CAVT.
10	Sistema	Código de barras.
11	Programación	Tiempo adecuado para la programación.
12	Programación	Anticipar las solicitudes de las necesidades de materiales.
13	Programación	Actitud proactiva.
14	Compras	Registro de proveedores / Estudio del mercado de proveedores.
15	Compras	Promover contratos con proveedores confiables.
16	Compras	Evitar cambios innecesarios de proveedores.

Fuente: Elaboración propia.

Probablemente existan varios instrumentos adicionales no mencionados hasta el momento que permitirían incrementar la eficiencia y eficacia de la gestión logística de materiales, sin embargo más importante que el diagnóstico y la formulación de instrumentos de mejora, es llevarla a cabo. Tal como señala Virgilio Ghio [30], la mayor parte de los estudios y trabajos en las áreas de optimización, como el de la logística de materiales, llegan solo hasta el diagnóstico del problema sin lograr entrar de lleno en la implementación misma de los cambios.

Para poder obtener los resultados deseados es indispensable superar la etapa de diagnóstico e implementar efectivamente los instrumentos de mejora (etapa de ejecución dentro del ciclo de mejoramiento continuo). Esto último es definitivamente más complejo y requiere de mucha fuerza, conocimiento y perseverancia

Como comentario final se señala que la empresa constructora como cualquier otra organización, debe producir beneficios, entendiéndose esto en su forma más amplia y donde el económico es solo uno de ellos, esa es la razón de ser de la empresa, por tanto, el fracaso de una empresa debido a deficiencias en la administración no solo significa

una pérdida económica, sino adicionalmente, repercute a terceros en una forma a veces injusta. Por esta razón, la dirección de la empresa debe mantener a la organización en continua superación para hacerlo teóricamente perdurable mediante la incorporación de instrumentos de mejora en la administración de la misma. Por otro lado, los beneficios que se pueda obtener como resultado de las mejoras que se incorpore, siempre va ser resultado del esfuerzo y la constancia del conjunto de personas que integra la organización, debe recordarse que administrar es realizar cosas por medio del trabajo de los administrados o dirigidos, razón por la cual, es legítimo la participación de este grupo humano en los beneficios que se puedan obtener, ya sea a través de mejoras salariales o incentivos. El incremento en la competitividad de una empresa determinada siempre debe estar acompañado al bienestar social de todo el recurso humano que la integra.

## CONCLUSIONES

Tomando en consideración el análisis de las actividades de la gestión logística de materiales realizado en los estudios de caso y su rol en el sistema productivo de obras de edificación expuesto en los capítulos precedentes, se puede concluir que:

Existen factores que surgen durante el desarrollo de las actividades de la gestión logística de materiales que originan las principales interferencias en el flujo de materiales a los frentes productivos de construcción, los cuales influyen directamente en el desempeño del sistema productivo de los proyectos de edificaciones, dichos factores han sido resumidos en el cuadro 9.1 del acápite 9.1.1 Estos factores reducen la competitividad de la empresa constructora ocasionando pérdidas, como es el caso de las pérdidas en movimientos y transporte producido por la falta de una planificación de las rutas de acceso y circulación, los cuales, para los casos estudiados equivalen en promedio a 2,305 horas mensuales (ver cuadro 9.2).

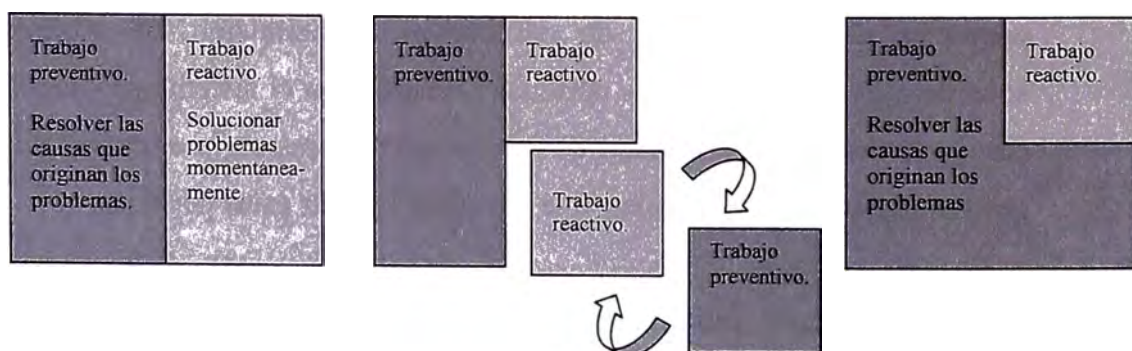
De esta manera se ha respondido la pregunta central de la investigación formulada en la introducción: ¿de qué manera las actividades de la gestión logística de materiales influyen en el desempeño de las unidades productivas en proyectos de construcción de edificaciones? Asimismo, se comprueba de acuerdo a la magnitud de las pérdidas obtenidas en el sistema productivo de los casos estudiados, la necesidad de incorporar mejoras en la administración de la gestión logística de materiales, que permitan reducir estas pérdidas.

No obstante, frente a esta necesidad se tiende a pensar que incorporar mejoras y remover las pérdidas en el sistema productivo significarán intensificar el trabajo de los profesionales directivos, mas aún, cuando los profesionales de la obra están abocados a resolver problemas de plazo, sobrecostos, etc. y consideren aparentemente no disponer de más tiempo para realizar mejoras. Sin embargo, lo que se busca no es precisamente intensificar el trabajo de los profesionales, en lugar de ello lo que se busca es densificar su trabajo. En otras palabras, lo que se



persigue es que la administración adopte una actitud preventiva antes que reactiva, comenzando por identificar y resolver las causas que originan las pérdidas internas que se generan dentro del proceso productivo, antes que adoptar soluciones temporales, las cuales, muchas veces no son muy rentables para el proyecto (inyección de recursos cuando la obra se encuentra retrasada, compras urgentes con precios que exceden los previstos, etc.), permitiendo que se instalen deficiencias administrativas y sigan produciendo pérdidas dentro del sistema productivo. Comúnmente la administración de la obra se limita a monitorear el sistema productivo antes que dirigir. Si en vez de esto, la dirección de la obra canalizase la misma energía en preguntar repetidamente, ¿por qué ocurren los problemas?, hasta llegar a la raíz de los mismos, se habría recorrido la mitad del camino hacia la implantación de mejoras que corrigiesen la situación. El papel de la dirección de la obra es guiar y orientar al personal involucrado en el desarrollo de la producción, removiendo las causas que originan las interferencias y pérdidas del sistema productivo. En síntesis, lo que se busca es que parte del tiempo que dedica la administración a resolver aparentemente los problemas que se suscitan, es a dedicar este tiempo a la identificación de los problemas y anticiparse a ellos, resolviéndolos (Fig. 10.1).

**Fig. 10.1 Densificación del trabajo de la administración de la obra**



Fuente: Hirano, 1990.

Muchas veces la preocupación de los directivos de la obra en resolver los problemas diarios que se presenta en sus obras y el tiempo que les ocupa, se manifiesta en la negativa de participar en este tipo de investigaciones disculpándose por su no-disponibilidad de tiempo en atender el estudio que

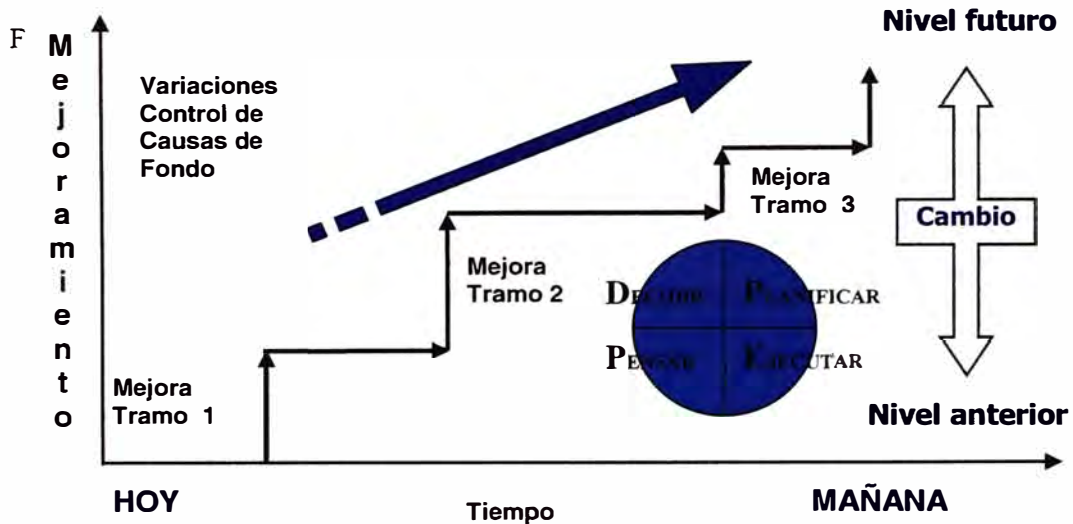
podría permitirles diagnosticar e identificar las principales deficiencias de su sistema logístico de la producción, a partir del cual podrían incorporar mejoras dentro su sistema.

Al definir y puntualizar el papel de la administración de la obra, se sustenta la hipótesis planteada en la introducción concluyendo que una administración que adopte una actitud preventiva mediante planificaciones confiables de apoyo a la producción, una gestión eficiente y eficaz de la logística que permita trasladar los materiales e información especificados a la producción en el momento que es requerido, que emplee herramientas y metodologías adecuadas que posibiliten identificar las pérdidas ocultas en su sistema productivo (satisfacción de las necesidades de materiales de los procesos productivos a un costo mínimo), al cual se denominará administración de nivel superior, influirá positivamente en el desempeño del sistema productivo y permitirá la reducción de los costos logísticos y de producción en general. Por otro lado, una administración que no se alinee con estas pautas de gestión, a la cual se denominará administración de nivel inferior, indudablemente verá afectada el desempeño del sistema productivo al interior de su organización, permitiendo que se instale deficiencias administrativas que seguirán produciendo las pérdidas consecuentes.

Naturalmente, poner en práctica los conceptos y herramientas del esquema propuesto en el acápite 9.2 y resumidos en la figura 9.25, del flujo de información de los principales procesos y subprocesos de la logística de materiales (de suministro e interna) como punto de partida para la reducción de las principales interferencias en los flujos logísticos encontrados en los estudios de caso, permitirá a la dirección alcanzar un nivel superior de administración. No obstante, este flujo de información propuesto debe ser revisado continuamente para evaluar su eficiencia y su eficacia sobre la base de los indicadores de gestión definidos en el cuadro 9.3. La cuantificación de estos indicadores, los cuales deben documentarse e informarse periódicamente a la dirección de la obra para su análisis (feedback del flujo de información), permitirá a la misma identificar oportunidades de mejora dentro del sistema logístico, generándose el

proceso de mejoramiento continuo en base al aprendizaje obtenido (ver figura 5.5 del acápite 5.1.3.1 relativo al diagrama de flujo), reduciendo paulatinamente todas las interferencias que pueden presentarse en el flujo de materiales e información y consecuentemente manteniéndose o incrementándose el beneficio económico para las empresas constructoras (Fig. 10.2).

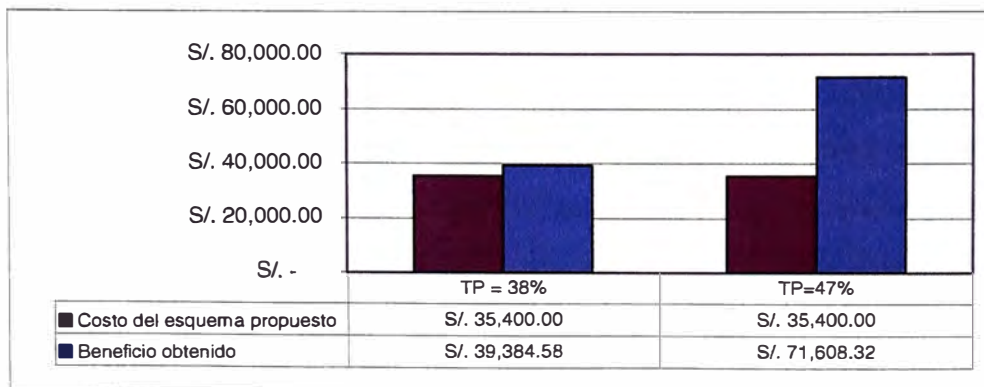
**Fig. 10.2 Mejoramiento Continuo**



Fuente: Elaboración propia.

Tal como ha sido evaluado en el acápite 9.3, el beneficio económico que puede ser obtenido a través de la mejora de estas deficiencias de la gestión logística, supera ampliamente al costo que representa la implementación del mismo dentro del esquema propuesto de flujo de información del proceso logístico (Fig. 10.3).

**Fig. 10.3 Cuadro comparativo del Costo – Beneficio**



Fuente: Elaboración propia.

- Expuesto el análisis de los resultados obtenidos en el capítulo 8 (estudios de caso), los principales problemas e interferencias relevantes (acápites 9.1 del capítulo 9) y los conceptos relacionados con la logística citados en el marco teórico (capítulos 2, 3, 4, 5 y 6), se ha cubierto la primera parte del objetivo principal descrito en la introducción de esta investigación relativa al análisis del papel de la gestión logística de materiales e información y su influencia en las unidades de producción. En tanto que la propuesta de pautas de gestión que auxilien la logística de materiales e información, segunda parte del objetivo principal, se cubrió en el acápite 9.2 del capítulo 9, en el cual, el principal aporte fue brindar un modelo de flujo de información que permita resolver los principales factores que originan las interferencias en el flujo de materiales e información en el sistema productivo.
- Asimismo, el primer objetivo secundario propuesto en esta investigación fue identificar las características de los flujos de las actividades relativos a la gestión de materiales e información en las empresas constructoras de edificaciones. La cual fue cubierta en el capítulo 8 de los estudios de caso utilizando la metodología de exploración de campo propuesto en el acápite 8.1. El segundo objetivo secundario fue identificar las causas de las posibles interferencias en los flujos logísticos de materiales e información, el cual fue atendido, mediante la revisión de los análisis de casos desarrollado en el capítulo 8 y compendiado en el primer acápite del capítulo 9, a través del cual, se pudo identificar los principales factores que producen estas interferencias en el flujo de materiales y que afectan el sistema logístico de la producción en las empresas evaluadas, las cuales, debido a su recurrencia en empresas similares de edificaciones, podrían ser generalizados.
- El último objetivo secundario relativo a la aplicación de conceptos fundamentales y la identificación de herramientas operacionales que auxilien la gestión de la logística de los flujos de materiales e información en el proceso de producción de obras de edificación, fue atendido en los capítulos que comprende el marco teórico y en los acápites 9.2 y 9.3 del capítulo 9. La

principal contribución del desarrollo de estos capítulos señalados es la proposición de herramientas prácticas que pueden ser desarrolladas por las empresas estudiadas, el cual les permitirá remover las principales causas que originan las deficiencias en la gestión logística de materiales e información al interior de sus organizaciones, pero que a su vez, podrían ser aplicados en cualquier empresa en general.

Finalmente, considerando el propósito de la presente investigación que es básicamente incrementar la competitividad de las empresas constructoras de edificaciones del sector, se sugiere algunos temas de investigación que pueden desarrollarse en futuros proyectos de tesis acerca de la logística en la construcción de edificaciones:

Evaluación de influencia de las nuevas tecnologías de información en el desempeño del sistema logístico de obras de edificación.

Análisis de los principales indicadores de desempeño del flujo logístico en la construcción de proyectos de edificación.

Formulación de estrategias de gestión basándose en potenciales herramientas de mejora del sistema productivo de obras de edificación.

Análisis y desarrollo de una metodología para evaluación y selección de proveedores en obras de edificaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALARCON, Luis F. (1994)  
Tools for the identification and reduction of waste in construction projects.  
The Second International Conference on Lean Construction, IGCL, Santiago, 1994
2. ALARCON, Luis F. (1997)  
Lean Construction  
A.A. Balkema / Róterdam / Brookfield, Netherlands – 1997
3. ALARCÓN, Luis F. / RIVAS, Rodrigo. / SERPELL, Alfredo. (26-28 July 1999)  
Evaluation and Improvement of the Procurement Process in Construction Projects.  
University of California, Berkeley, CA. USA - 1999
4. ANAYA TEJERO, Julio (2000)  
Logística Integral  
ESIC Editorial. Madrid, España – 2000
5. ARCUDIA A., Carlos E. / SOLIS, Rómel / GONZALES, José. (2002)  
Nuevo enfoque para el estudio de la productividad en la construcción masiva de vivienda.  
Ingeniería e Investigación Nro. 49, Septiembre 2002
6. BALLARD, Glenn. (1980)  
Structured Craft Planning, Proceedings of the Productivity Improvement Conference,  
Sponsored by Civil Engineering University of Texas, Austin, September, 1980
7. BALLARD, Glenn. (1994a)  
The Last Planner  
Northern California Construction Institute, Monterrey, California, 1994
8. BALLARD, Glenn. / HOWELL, Greg. / KARTAM, S. (1994b)  
Redesigning Job Site Planning Systems, Proceeding of the American Society of Civil  
Engineering Conference on Computing in Construction. Washington D.C. 1994
9. BALLARD, Glenn. / HOWELL, Greg. (1994c)  
Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow  
The Second International Conference on Lean Construction, IGCL. Santiago, 1994
10. BALLARD, Glenn. / HOWELL, Greg. (1994d)  
Implementing Lean Construction: Improving Downstream Performance  
The Second International Conference on Lean Construction, IGCL. Santiago, 1994
11. BALLARD, Glenn. / HOWELL, Greg. (1994e)  
Implementing Lean Construction: Reducing Inflow Variation  
The Second International Conference on Lean Construction, IGCL. Santiago, 1994



12. BALLARD, Glenn. / HOWELL, Greg. (1995)  
Toward Construction JIT  
The Third International Conference on Lean Construction, IGCL. Albuquerque, 1994
13. BALLARD, Glenn. / HOWELL, Greg. (1997a)  
Shielding Production: An Essential Step in Production Control.  
Technical Report N°97  
Department of Civil and Environmental Engineering. University of California 1997
14. BALLARD, Glenn. (1997b)  
Look ahead Planning: The Missing Link in Production Control  
Technical Report N°97-3, University of California, Berkeley – 1997
15. BALLARD, Glenn. (1999)  
Can pull techniques be used in design management?  
Presented at the Conference on Concurrent Engineering in Construction, Helsinki, Finland. August 26-27, 1999
16. BARTON, P. (1985)  
Information System in Construction Management – Principles and Applications.  
London, Batsford Academic and Educational, 1985
17. BERTRAND, J.W.M. / WORTMANN, J.C. / WIJNGAARD. (1990)  
Production Control: A Structural and Design Oriented Approach  
Amsterdam 1990
18. BORGES DA SILVA, Fred. (2000)  
Conceitos e Diretrizes para Gestão da Logística no Processo de Produção de Edifícios.  
Escola Politécnica da Universidade de Sao Paulo - 2000
19. BURCH, John (1992)  
Diseño de Sistemas de Información: Teoría y Practica  
Megabyte, México, D.F. 1992
20. BURSTEIN, David / STASIOWSKI, Frank. (1994)  
Administración de Proyectos  
Editorial Trillas, México – 1994
21. CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN (2002)  
Mag. Rubén Gómez Sánchez. Apuntes de Clase.  
Maestría en Gestión y Administración de la Construcción, UNI - 2002
22. CAMPERO, Mario / ALARCÓN, Fernando. (1999)  
Administración de Proyectos Civiles  
Ediciones Universidad Católica de Chile – 1999
23. CASANOVAS, August. / CUATRECASAS, Lluís. (2001)  
Logística Empresarial  
Ediciones Gestión 2000 S.A., Barcelona, España – 2001

24. CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA (Nov. 2002)  
Artículo: 10 La Constructora Perfecta, ¿Quién es quien en la eficiencia?  
Autor: Raquel Ochoa  
Vol. XIV. Num. 174. México, Noviembre 2002
25. CONSTRUCCION Y TECNOLOGÍA (Sep. 2003)  
Artículo: Desperdicios Vs. El Control de los Materiales  
Autor: Lucio Soibelman  
Vol. XVI. Num. 184. México, Septiembre 2003
26. CONSTRUCTIVO (Feb. 2003)  
Informe: Infraestructura la Base del Desarrollo del País.  
Año 5, Edición 31, Febrero – Marzo 2003
27. CONSTRUCTIVO (Dic. 2003)  
Balance del año en el Sector Construcción  
Año 5, Edición 36, Diciembre – Enero 2003, 2004
28. CONSTRUCTIVO (Feb. 2004)  
Construcción mediante planificación por flujo de actividades y lotes de producción.  
Año 6, Edición 37, Febrero – Marzo 2004
29. CONSTRUCTIVO (Abr. 2004)  
Informe: La Evolución del Mercado Mivivienda.  
Comentarios de los involucrados del programa.  
Año 6, Edición 38, Abril – Mayo 2004
30. DURAN, Rodolfo. / CHALCO, Patricia. / YARLEQUE, José. (2000)  
Como lograr ventajas competitivas a través de la logística en el Sector Peruano de la Construcción.  
ESAN. Lima, Nov. 2000
31. GERENCIA DE LA INFORMACIÓN (2002)  
Mag. Julio Salvador Jácome. Apuntes de Clases.  
Maestría en Gestión y Administración de la Construcción, UNI - 2002
32. GHIO CASTILLO, Virgilio. (2001)  
Productividad en Obras de Construcción  
Pontificia Universidad Católica del Perú  
Fondo Editorial 2001
33. GOLDRATT, Eliyahu. (1993)  
The Goal  
Ediciones Castillo, México – 1993
34. HIRANO, Hiroyuki (1990)  
Manual para la implantación del JIT  
Productivity Press, Cambridge, Massachusetts y Norwalk. Connecticut 1990

35. HOWELL, Greg. / LAUFER, A. / BALLARD, Glenn. (1993)  
Interaction between Sub cycles: One key to improved methods  
ASCE Journal of Construction Engineering and Management  
Vol. 119, N°4, December 1993
36. HOWELL, Greg. (1999)  
What is Lean Construction  
University of California, Berkeley, CA, USA. 26-28 July 1999.
37. KOSKELA, Lauri. (1992a)  
Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report  
N°72. Center for Integrated Facilities Engineering Department of Civil Engineering.  
Stanford University, 1992
38. KOSKELA, Lauri. (1992b)  
Process Improvement and Automation in Construction: Opposing of complementing  
approaches?  
The 9<sup>th</sup> International Symposium on Automatization and Robotics in Construction
39. KOSKELA, Lauri. (1993)  
Lean Production in Construction  
The First International Conference on Lean Construction, IGCL, Espoo, 1993
40. LAMBERT, Douglas M. (1995)  
Más Información, menos stock.  
Logística Moderna  
Año V, Nro. 32. Jul. / Ago. 1995
41. LAUFER, A. / HOWELL, Greg. (1993).  
Construction Planning: Revising the Paradigm.  
ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 1993
42. LEENDERS, Michiel (1985)  
Administración de Compras y Materiales  
Editorial Continental, México – 1985
43. LOPEZ, Hilario (1985)  
Programación PERT – CPM y Control de Proyectos  
Fondo Editorial CAPECO. Lima, Perú – 1985
44. MAGEE, Jhon F. (1977)  
Logística Industrial  
Editorial Pionera, Sao Paulo – 1977
45. MASTERS, James. / POLEN, Terrence (1994)  
Evolution of the Logistics Profession. The Logistics Handbook  
Editorial J.F. Robenson & William C. Copacino, New York - 1994

46. MELLES, B. / WAMELINK, J. W. F. (1993)  
Production Control in Construction  
Delft University Press, Netherlands. 1993
47. MERCHAN GABALDON, Faustino. (1997)  
Manual de Control de Calidad Total en la Construcción  
Inversiones Editoriales DOSSAT 2000, España – 1997
48. NOVAES, Antonio. / ALVARENGA, Antonio (1994)  
Logística Aplicada: suministro y distribución física.  
Ediciones Pionera, Sao Paulo – 1994
49. O'BRIEN, William J. (1995)  
Construction supply chains: Case study, integrated cost and performance analysis.  
Department of Civil Engineering. Stanford University, California. USA  
Presented on the 3<sup>rd</sup> workshop on lean construction, Albuquerque, 1995
50. Oficina Internacional del Trabajo – OIT. (1994)  
El desafío del empleo en América Latina y el Caribe  
Oficina Regional de la OIT para América Latina y el Caribe.
51. Oficina Internacional del Trabajo – OIT. (1996)  
Introducción al estudio del trabajo (Cuarta edición).  
Ginebra, 1996
52. Oficina Internacional del Trabajo – OIT. (1997)  
Equidad y Competitividad Internacional en América Latina: Una primera aproximación. Por Adolfo Figueroa.  
Oficina Regional de la OIT para América Latina y el Caribe.
53. Oficina Internacional del Trabajo – OIT. (1998)  
Empleo, Productividad e Ingresos Perú 1990 – 1996. Por Jaime Saavedra  
Oficina Regional de la OIT para América Latina y el Caribe.
54. OGLESBY, Clarkson / PARKER, Henry / HOWELL, Gregory. (1989)  
Productivity Improvement in Construction.  
Mc Graw Hill – 1989
55. OHNO, Taiichi. (1987)  
Toyota Production System  
Productivity Press, Cambridge, Massachusetts y Norwalk. Connecticut 1987
56. PAU COS, Jordi. / DE NAVASCUÉS, Ricardo. (2001)  
Manual de Logística Integral  
Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid, España – 2001
57. PROCURA. (2002)  
Mag. Rodolfo Durán Querol. Apuntes de Clase,  
Maestría en Gestión y Administración de la Construcción, UNI – 2002

58. SANVIDO, Víctor. (1984)  
Designing productivity management and control systems for construction projects.  
Department of Civil Engineering,  
Stanford University, 1984
59. Sección Estudiantil PMI – UNI (2000)  
Gerencia de Proyectos, Habito de Vida Profesional  
Universidad Nacional de Ingeniera - 2000
60. SERPELL BLEY, Alfredo. (1993)  
Administración de Operaciones de Construcción  
Ediciones Universidad Católica de Chile, 1993
61. SUÁREZ SALAZAR, Carlos. (2001)  
Administración de Empresas Constructoras  
Editorial Limusa, México – 2001
62. VALERIANO, Luis. / CASTILLO, Luis. / RUIZ, Luis.(2003)  
Planificación por flujos de actividades y lotes de producción como perspectiva para el  
análisis de riesgos en proyectos de construcción de edificaciones.  
XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Iquitos – 2003
63. VILLAGARCIA ZEGARRA, Sofía. (2000)  
Diretrizes para a Elaboração de um Modelo de Gestão dos Fluxos de Informações  
como Suporte à Logística em Empresas Constructoras de Edifícios.  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - 2000
64. VRIJHOEF, Ruben. / KOSKELA, Lauri. (1999)  
Roles of Supply Chain Management in Construction.  
University of California, Berkeley, CA. USA 26-28 July 1999
65. WEGELIUS – LEHTONEN, T. (1995)  
Measuring and re-engineering logistic chains in the construction industry.  
International Federation for Information Processing Working Conference on Re-  
engineering the Enterprise.  
Galway, Ireland - 1995
66. WOMACK, J. / JONES, D. / ROSS, D. (1990)  
The Machine that Changed the World.  
Macmillan Publishing Company, EE.UU. – 1990
67. ZENZ, Gary. (1984)  
Compra y Administración de Materiales  
Editorial Limusa, México 1984

**ANEXO A****Caracterización de la Empresa**

Entrevistado : \_\_\_\_\_

Cargo : \_\_\_\_\_

**A De la empresa**

1 Tiempo de fundación de la empresa.

- 0 a 6 años.  
 6 a 10 años.  
 11 a 20 años.  
 Más de 20 años.

2 Características de la empresa.

- Consultora.  
 Constructora.  
 Ambas.  
 Otros:

3 Especialización.

- Edificaciones vivienda.  
 Edificaciones oficinas.  
 Edificaciones comercio.  
 Otros:

4 Número total de obras ejecutadas en edificaciones.

5 Número total de obras de edificaciones en ejecución.

6 ¿Cual es el número de empleados en el sector administrativo y productivo?.

Administrativo:   
 Productivo:

7 ¿El departamento de logística esta constituido formalmente en la estructura organizacional de la empresa?, ¿cuántas personas integran este departamento?, ¿cuáles son sus principales funciones?.

8 ¿Existen procedimientos formalizados para el desarrollo de las funciones del departamento de logística?.

- Si.  
 No.

9 ¿Con que frecuencia estos procedimientos son revisados?.

- No contamos con procedimientos formalizados  
 Se mantienen desde su creación e implantación  
 Cada año.  
 Cada fin de obra.  
 Otro:

10 Grafique la estructura organizacional de la empresa. Ubique el departamento de logística y las áreas que la integran.



## ANEXO A

11 Resume la misión de la empresa.

12 ¿Cuál es la visión de la empresa?.

13 Indique si la empresa ha conducido acciones para mejorar la competitividad de la empresa. ¿En que áreas y con que intensidad? (baja, moderada, intensa).

14 Resume las principales políticas de la empresa.

### B Del proyecto

15 Nombre del proyecto:

Ubicación:

Monto:

Duración:

Rubro:

- Vivienda.
- Edificio departamento.
- Edificio oficinas.
- Otros:

16 Defina el organigrama de la obra, ubique el área que integra las funciones de la logística.

17 ¿Cuántas personas trabajan en el área de logística en obra?.

18 ¿Cuáles son sus principales funciones?.

19 ¿Estas funciones de la logística en obra están formalizados con procedimientos documentados?.

## ANEXO B

## Logística de Suministro

Entrevistado : \_\_\_\_\_

Cargo : \_\_\_\_\_

## A Planificación

1 ¿Qué etapas distingue Usted en la planificación de materiales?

\* Planificación antes de la propuesta  
 General                       Detallado

\* Planificación antes de la construcción  
 General                       Mensual                       Semanal

\* Planificación durante la construcción  
 Mensual                       Semanal                       Diario

2 ¿Cuándo se realiza la cuantificación inicial de los materiales?.

Antes del inicio de la obra.  
 En el inicio de la obra.  
 Otros:

3 ¿Quién realiza la cuantificación?.

Área de logística de la empresa.  
 Área de planeamiento de la empresa.  
 Área de presupuestos de la empresa.  
 Ingeniero de obra.  
 Asistente de obra.  
 Maestro.  
 Practicante.  
 Otro:

4 ¿Qué documentos son necesarios para realizar esta programación inicial de materiales?.

Plan del proyecto.  
 Presupuesto del proyecto.  
 Cronograma de obra.  
 Cuadro de desembolsos.  
 Otros:

5 ¿Con que frecuencia se actualiza la programación inicial de materiales?.

Sólo se trabaja con la programación inicial.  
 Cada 3 a 5 semanas.  
 Semanalmente.  
 Diario.  
 Otros:

6 ¿Cómo se realiza esta actualización?

La cantidad de materiales requeridos son determinados según la experiencia de los capataces o del maestro general.  
 La cantidad de materiales requeridos son determinados según la experiencia del ingeniero y del maestro general y los capataces.  
 La cantidad de materiales requeridos son determinados según la experiencia del ingeniero con colaboración del maestro general tomando en consideración el avance actual de la obra.  
 La cantidad de materiales requeridos son determinados por el ingeniero en coordinación con el maestro general tomando en consideración el avance actual de la obra, las actividades programadas para el siguiente periodo y los rendimientos establecidos en el presupuesto.  
 La cantidad de materiales requeridos son determinados en su totalidad por el ingeniero en coordinación con el maestro general tomando en consideración el avance actual de la obra, las actividades programadas para el siguiente periodo y los rendimientos actuales obtenidos en la obra.  
 Otros:

## ANEXO B

7 En general, ¿en base a que criterios se hace esta solicitud de materiales?.

- El primer requerimiento se hace según la cuantificación inicial y las demás son hechas según el requerimiento de obra (no existe programación).
- En el inicio de la obra se entrega un cronograma de necesidades, el cual se va confirmando durante el transcurso de la obra.
- Existe una programación realizada al inicio de la obra y otra periódica en función del avance de las unidades de producción.
- Otro:

8 ¿Quién es el responsable por la tramitación de los requerimientos de materiales en obra?.

- Ingeniero de obra.
- Ingeniero asistente.
- Administrador de obra.
- Practicante.
- Maestro.
- Otro:

9 ¿Qué información se acompaña en la tramitación de los requerimientos de los principales materiales?.

- Basicamente la descripción de los materiales señalados en el presupuesto.
- La descripción de los materiales y sus especificaciones técnicas requeridas por el proyecto.
- La descripción de los materiales y sus especificaciones técnicas requeridas por el proyecto y las condiciones de embalaje, transporte y descarga de los materiales.
- Otro:

10 ¿Quién recibe esta información?.

- Área de suministro de la empresa.
- Ingeniero de obra.
- Ingeniero asistente.
- Administrador de obra.
- Otro:

11 ¿Cómo se realiza esta comunicación entre ellas?.

- Verbal, sin documentación escrita.
- Verbal, con documentación escrita.

12 ¿Qué medio utiliza para realizar la comunicación?.

- Teléfono.
- Fax.
- Correo electrónico.
- Carta.
- Otro:

13 ¿Existen formatos especiales para la tramitación de estos requerimientos?.

- Si.
- No.

**14** ¿Con qué frecuencia se retrasa las adquisiciones de los materiales debido a deficiencias de la programación?.

- Rara vez.
- Poco.
- Con frecuencia.
- A menudo.
- Siempre.

**15** ¿Con qué frecuencia se realiza solicitudes de compra de algunos materiales a última hora?.

- Rara vez.
- Poco.
- Con frecuencia.
- A menudo.
- Siempre.

**16** ¿Con qué frecuencia la información que se señala en la programación de materiales esta incompleta?.

- Rara vez.
- Poco.
- Con frecuencia.
- A menudo.
- Siempre.

**ANEXO B**

17 Del total de actividades programadas para la semana, ¿qué porcentaje se reprograma debido a que no se encuentra los materiales en obra?.

- 0% al 5%.  
 5% al 10%.  
 10% al 20%.  
 20% al 40%.  
 Más del 40%.

18 Una vez que los materiales se encuentran en obra, ¿cómo se realiza la distribución de estos materiales?.

- El maestro general distribuye los recursos (materiales).  
 El maestro general distribuye los recursos(materiales) bajo la supervision del ingeniero de obra.  
 El maestro general distribuye los recursos según lo definido por el ingeniero de obra.  
 Otros:

**C Compras**

19 ¿Cuánto tiempo de relación comercial mantiene con sus actuales proveedores principales ?.

- Desde que se inicio este proyecto.  
 Desde hace 2 proyectos.  
 Desde hace 3 a 5 proyectos.  
 Desde hace más de 5 proyectos.

20 ¿Existe algún tipo de evaluación de los proveedores?.

- Si.  
 No.

21 ¿Quiénes participan en esta evaluación?.

- Área de logística de la empresa.  
 Área de planeamiento de la empresa.  
 Área de presupuestos de la empresa.  
 Ingeniero de obra.  
 Administrador de obra.  
 Asistente de obra.  
 Maestro.  
 Otro:

22 ¿Cuáles son los criterios más importantes para la selección de los proveedores?.

- Costo.  
 Calidad.  
 Nivel de servicio.  
 Otros:

23 ¿Se realiza una clasificación de proveedores de acuerdo al tipo de materiales, con el objeto mantener una relación contractual distinta según el material requerido?.

- Si.  
 No.

24 ¿Cuáles son las razones por la que cambia de proveedor?.

- Para conseguir los materiales requeridos a mejores precios.  
 Para cumplir con la calidad de los materiales requeridos en el proyecto.  
 Para mejorar el nivel de servicio, aún cuando esto signifique un incremento en el costo.  
 Para celebrar un contrato a mediano o largo plazo con otro proveedor, que otorgue mejores precios y mejores niveles de servicio, manteniendo o mejorando la calidad especificada de los materiales.  
 Otros:

25 ¿Cuál es la razón principal por la que mantiene relaciones comerciales con un proveedor determinado?.

- Porque los precios ofrecidos son los mas bajos del mercado, aún cuando el nivel de servicio no es el mas óptimo.  
 Porque me ofrece un nivel de servicio óptimo, aún cuando el precio de los materiales no es el mejor.  
 Porque, el nivel de servicio, el precio de los materiales y la calidad especificada son los mejores del mercado.  
 Porque mantengo una relación contractual de mediano a largo plazo con la empresa proveedora.  
 Otros:

**ANEXO B**

- 26 ¿Existe alguna relación contractual con los proveedores?. De ser así, ¿qué objetivos principales persiguen dichos contratos?.
- 27 Después de haber elegido el proveedor, ¿cómo se transmite la comunicación a los proveedores de los materiales requeridos?.
- Verbal, sin documentación escrita.
  - Verbal, con documentación escrita.
- 28 ¿Qué medio utiliza para realizar la comunicación?.
- Teléfono.
  - Fax.
  - Correo electrónico.
  - Carta.
  - Otro:
- 29 ¿Qué información contiene los requerimientos de materiales que se realiza a los proveedores?.
- Basicamente la descripción de los materiales señalados en el presupuesto.
  - La descripción de los materiales y sus especificaciones técnicas requeridas por el proyecto.
  - La descripción de los materiales y sus especificaciones técnicas requeridas por el proyecto y las condiciones de embalaje y transporte de los materiales.
  - Otro:
- 30 ¿Cómo se identifica la no conformidad del pedido (solicitar información de procedimientos)?.
- En base al criterio de la experiencia de la persona encargada en recibir el material.
  - En base a requisitos de conformidad documentados y establecidos por la empresa (especificaciones técnicas, normas de calidad, etc.).
  - A través del contrato especificando las características de los materiales y protocolos de calidad requeridos.
  - Otros:
- 31 ¿Con qué frecuencia se retrasa las entregas de los materiales solicitado en la programación debido a deficiencias del área de compras?.
- Rara vez.
  - Poco.
  - Con frecuencia.
  - A menudo.
  - Siempre.
- 32 ¿Cuáles son las razones principales de los retrasos en las entregas de materiales por el área de compras ?.
- Falta de liquidez
  - Demasiados procesos de trámite para aprobar la compra
  - Demasiado tiempo en la negociación con los proveedores
  - Bajo nivel de servicio por parte del proveedor
  - Otros:
- 33 ¿Con que frecuencia los materiales transportados a las instalaciones de obra no cumplen con las especificaciones de calidad que requiere el proyecto?.
- Rara vez.
  - Poco.
  - Con frecuencia.
  - A menudo.
  - Siempre.
- 34 ¿A que razones atribuye Usted, por los materiales que llegan a obra no son conformes según lo solicitado?.
- Informalidad del proveedor.
  - Orden de compra enviada a los proveedores con información insuficiente del material requerido.
  - Inadecuado medio de comunicación al solicitar la orden de compra que origina confusión.
  - Inadecuado sistema de transporte que maltrata los materiales.
  - Otros:

**ANEXO B**

35 ¿Con qué frecuencia se retrasan las entregas?.

- Rara vez.  
 Poco.  
 Con frecuencia.  
 A menudo.  
 Siempre.

36 ¿Cuáles son las principales causas?.

37 ¿En que medida considera usted que el tiempo que toma la administración de la obra en la evaluación y negociación de las ofertas, afecta la fecha proyectada de adquisición de materiales según la programación de la producción?.

- No afecta.  
 Afecta en algunos materiales específicos que requieren mayor tiempo de evaluación.  
 Afecta en la mayoría de los materiales, razones por las cuales se retrasan la orden de compra.  
 Otros:

38 ¿La empresa ha tomado algunas acciones para reducir el tiempo de evaluación, negociación de las ofertas y emisión de las ordenes de compra?. Señale alguna de las acciones.

**D Inventarios**

39 ¿Con qué frecuencia los materiales requeridos por las unidades de producción no se encuentran en almacén?.

- Rara vez.  
 Poco.  
 Con frecuencia.  
 A menudo.  
 Siempre.

40 ¿Cuánto tiempo en promedio se mantiene almacenados los principales materiales (acero, madera para encofrado, cemento, agregados, ladrillo, pintura, losetas y mayólicas, carpintería metálica y de madera) desde su recepción hasta ser requeridos por las unidades de producción?.

- De 1 a 2 días.  
 De 2 a 5 días.  
 De 5 a 10 días.  
 De 10 a 30 días.  
 Más de 30 días.

41 ¿Por qué razones considera Usted, que los materiales solicitados por las unidades de producción no se encuentra en almacén?.

- Retraso en la orden de compra.  
 Retraso en la entrega de la programación de los materiales requeridos por la producción.  
 Retraso en el envío del material requerido por parte del proveedor.  
 Otros:

42 ¿Por qué razones considera Usted, que los materiales que se encuentran en almacén permanecen mucho tiempo antes de ser requeridos por las unidades de producción?.

- Debido a cambios en el diseño que obliga cambiar los materiales requeridos.  
 La programación de materiales requeridos no se encuentra acorde con el estado de la producción.  
 El tamaño del lote enviado por el proveedor excede de lo convenido.  
 El envío por parte del proveedor es único.  
 Otros:

**E Almacenes**

43 ¿Con qué sistema de control de almacén cuenta la obra en ejecución?.

- Se asigna a una persona que se responsabiliza del almacén pero que no cuenta con un sistema de control de almacén.  
 A través de registros manuales de ingresos y salidas en libros.  
 A través de registros de ingresos y salidas utilizando un software especializado en control de almacenes.  
 Otros:



**ANEXO B**

44 ¿Existe procedimientos formales para la solicitud de materiales por parte de las unidades de producción?.

- Si.  
 No.

45 ¿En que momento del día se realiza las entregas de los materiales a las unidades de producción?.

- En la mañana, antes de iniciar la jornada de trabajo.  
 En la mañana, al iniciar la jornada de trabajo.  
 En la tarde, antes de finalizar la jornada de trabajo.  
 En la tarde, al finalizar la jornada de trabajo.

46 ¿Cuánto tiempo le toma atender todas las entregas de materiales a las unidades de producción?.

- Menos de 1 hora.  
 1 - 3 horas.  
 4 - 7 horas.  
 Más de 7 horas.

47 ¿Se realizan entregas adicionales de materiales a las unidades de producción durante el día?.

- Si.  
 No.

48 ¿Cuánto tiempo en total le toma realizar estas entregas adicionales de materiales solicitado por las unidades de producción durante el día?.

- Menos de 1 hora.  
 1 - 3 horas.  
 4 - 7 horas.  
 Más de 7 horas.

49 ¿El almacén cuenta con cuadrillas que se encargan en transportar los materiales hacia los frentes de trabajo?.

- Si.  
 No.

50 ¿Quienes realizan este transporte?.

- Existe una cuadrilla asignada para el transporte de materiales hacia los frentes de trabajo.  
 Algunos miembros de las unidades de producción transportan sus propios materiales.  
 Otro:

51 ¿En que momento se realiza este transporte?

- Al iniciar la jornada.  
 Al finalizar la jornada anterior.  
 Durante el día, cuando es requerido.  
 Otro:

**ANEXO C****Logística de Interna**

Entrevistado \_\_\_\_\_

Cargo : \_\_\_\_\_

1 ¿Se realiza una planificación de operaciones de obra?.

- Si.  
 No.

2 ¿En que momento se realiza?

- Antes del inicio de la obra.  
 En el inicio de la obra.  
 Durante la ejecución del proyecto.  
 Otros:

3 ¿Quiénes son las personas responsables en realizar esta planificación y quienes participan?.

- Área de logística de la obra.  
 Área de planeamiento de la obra (oficina técnica).  
 Ingeniero de obra.  
 Asistente de obra.  
 Maestro.  
 Practicante.  
 Otro:

4 ¿Se realiza un planificación de instalaciones auxiliares de obra?.

- Si.  
 No.

5 ¿En que momento se realiza?.

- Antes del inicio de la obra.  
 En el inicio de la obra.  
 Durante la ejecución del proyecto.  
 Otros:

6 ¿Quiénes son los responsables en realizar la planificación de instalaciones auxiliares?.

- Área de logística de la obra.  
 Área de planeamiento de la obra (oficina técnica).  
 Ingeniero de obra.  
 Asistente de obra.  
 Maestro.  
 Practicante.  
 Otro:

7 ¿Se planifican los procesos de distribución de los materiales hacia los frentes de trabajo?.

- Si.  
 No.

8 ¿En que momento se realiza?

- Antes del inicio de la obra.  
 En el inicio de la obra.  
 Durante la ejecución del proyecto.  
 Otros:

9 ¿Quiénes son los responsables en realizar estos procesos de distribución de los materiales?.

- Área de logística de la obra.  
 Área de planeamiento de la obra (oficina técnica).  
 Ingeniero de obra.  
 Asistente de obra.  
 Maestro.  
 Practicante.  
 Otro:

**ANEXO C**

- 10 ¿Con que frecuencia se revisan estos procesos de distribución?
- Sólo se trabaja con el método inicial establecido.
  - Cuando se observa un problema en el procedimiento.
  - Se revisa con frecuencia utilizando herramientas establecidas por la empresa.
  - Otro:
- 11 La distribución de los materiales dentro de la obra es realizado por:
- Un equipo encargado de distribuir los materiales directamente.
  - Los equipos de producción interesados.
  - Otros:
- 12 ¿Se realizan reuniones periódicas entre los agentes del proceso de producción (ingenieros de obra, maestros, subcontratistas, etc.) para mejorar la metodología de los procesos de suministro de materiales?
- Si.
  - No.
- 13 ¿Qué herramientas utilizan para la mejora de los procesos de suministro de materiales al interior de las obras?
- Croquis y dibujos
  - Cartas de proceso
  - Diagrama de flujo de los materiales.
  - Otros:
- 14 ¿Se establecen caminos de acceso y circulación para el acarreo de los materiales hacia los frentes de trabajo?
- Si.
  - No.
- 15 ¿Quiénes son los responsables en establecer estos caminos de acceso y circulación?
- Área de logística de la obra.
  - Área de planeamiento de la obra (oficina técnica).
  - Ingeniero de obra.
  - Asistente de obra.
  - Maestro.
  - Operarios.
  - Otro:
- 16 ¿Con que frecuencia se revisan estos caminos de acceso y circulación para el acarreo de los materiales?
- Se trabaja utilizando las rutas de acceso iniciales establecidas por la administración.
  - Cuando se observa un problema en el acceso y la circulación.
  - Se revisa con frecuencia utilizando herramientas establecidas por la empresa.
  - Otro:
- 17 ¿Quién establece los caminos de acceso y circulación para el acarreo de materiales hacia los frentes de trabajo?, para el caso que no exista ruta pre establecidas.
- Un equipo encargado de distribuir los materiales directamente.
  - Los equipos de producción interesados.
  - Otro:
- 18 ¿Cuáles son los principales medios de transporte que se utilizan para el suministro interno de materiales?

### ANEXO C

19 ¿Cuales son los principales problemas de logística que se presenta en obra?.

- Los materiales no llegan a obra.
- Los pedidos son hechos con poca anticipación.
- La calidad de los materiales no son satisfactorias.
- No están definidos los canales de comunicación para hacer pedidos; estos son informales.
- El proveedor no cumple con lo solicitado (tiempo, especificaciones).
- Existen perdidas en el movimiento.
- Existen pérdidas en el almacén.
- Existe incertidumbre en el avance de la producción; es muy difícil hacer una programación de recursos con anticipación.
- El área de suministro de la empresa tiene un cronograma de entregas muy rígido, no sincroniza con el ritmo de la obra.
- Para que un pedido sea procesado debe pasar por muchas personas, lo cual demora mucho para llegar a su destino.
- Algunos materiales llegan sin aviso, lo que dificulta su ubicación en obra.
- Los materiales son dispuestos en espacios disponibles en el momento.
- Otros:

20 ¿Cuáles serian sus sugerencias para mejorar estos problemas?.

**ANEXO D****Cuestionario para Trabajadores**

1 Cuadrilla a la que pertenece.

- Concreto.
- Encofrado.
- Acero.
- Albañilería.
- Revoques.
- Acabados.

2 Rango.

- Ayudante.
- Oficial.
- Operario.
- Capataz.
- Maestro.

3 Número de integrantes de su cuadrilla.

5 ¿Debe usted parar a menudo su trabajo debido a que faltan los materiales necesarios para ejecutar sus labores?.

- Rara vez.
- Poco.
- Con frecuencia.
- A menudo.
- Siempre.

6 ¿Qué hace si no tiene el material a la mano?.

- Lo busco.
- Debo esperarlo.
- Realizo otra labor.
- Se lo comunico al jefe de cuadrilla.
- Se lo comunico al ingeniero.

7 ¿Cuántas horas a la semana calcula usted que pierda en espera de materiales, obtención de materiales o cambiándose a otras actividades debido a la falta de materiales?.

- Menos de 1 hora
- 1 - 3 horas
- 4 - 7 horas
- Más de 7 horas

8 ¿Por qué cree que no tiene listo sus materiales?.

- Por que no se me comunica con anticipación el trabajo que debo realizar.
- Porque no llegan a obra a tiempo.
- Porque no están en almacén.
- Es material que no puedo transportar y debo esperarlo por el.
- Otros:

9 A su parecer cuando los materiales no están a la mano, ¿quién lo resuelve?.

- Usted mismo.
- El jefe de cuadrilla.
- El capataz.
- El administrador de obra.
- El Ingeniero de obra.
- Otros:

10 ¿Como considera la ubicación de los instalaciones, talleres y almacenes de obra?.

- Muy lejos
- Lejos
- Relativamente cerca
- Cerca

**ANEXO D**

11 ¿Cree usted que podrían estar más cerca las instalaciones?.

- Si.
- No.

12 ¿Cuanto tiempo considera usted que pierde en transportar los materiales (ida y vuelta) durante el día?.

- Menos de 1 hora.
- 1 - 3 horas.
- 4 - 7 horas.
- Más de 7 horas.

13 Si dependiese de Usted, ¿cómo mejoraría esta situación?.

- Delegaría a alguien la tarea de observar que materiales se requerirán para las labores del día siguiente.
- Pediría que los materiales estén en obra con suficiente anticipación.
- Planificaría mejor las labores diarias de cada cuadrilla para evitar problemas de abastecimiento de materiales.
- Otros:



## ANEXO E

## Cuestionario para Proveedores

Empresa : \_\_\_\_\_

Entrevistado

Cargo : \_\_\_\_\_

1 Su empresa es:

- Distribuidora.
- Productora.
- Ambas.

2 ¿Cuáles son los principales productos que su empresa provee?.

3 ¿Cuántos años tiene su empresa en el mercado?.

- 0 a 6 años.
- 6 a 10 años.
- 11 a 20 años.
- Más de 20 años.

4 ¿Quiénes son sus principales clientes?.

- Empresas constructoras grandes.
- Empresas constructoras medianas.
- Empresas constructoras pequeñas.
- Obras particulares.
- Otros:

5 ¿Cuánto tiempo de relación comercial mantiene con la empresa que ejecuta esta obra?.

- Desde que se inicio este proyecto.
- Desde hace 2 proyectos.
- Desde hace 3 a 5 proyectos.
- Desde hace más de 5 proyectos.

6 ¿Actualmente, cuantas obras están siendo abastecidas por su empresa?.

7 ¿De la obras que viene abasteciendo, cuantas corresponden a la empresa que ejecuta esta obra?.

8 El transporte que emplea para el suministro de materiales es ¿propio o subcontratado?.

- Propio.
- Subcontratado.

9 ¿Qué tipo de transporte utiliza?.

10 ¿Cuál es la información que requiere usted del cliente para poder elaborar una programación de sus entregas?.

- Relación de materiales requeridos.
- Plan inicial de producción de la obra.
- Actualizaciones del plan inicial a través de planificaciones periódicas de la producción.
- Otros:

11 ¿Con que frecuencia requiere esta información?, ¿con que frecuencia programan las entregas de materiales?, ¿quiénes intervienen en la programación?.

12 ¿Cuáles son los principales factores que pueden interferir en su programación, que depende de sus clientes (empresa o una obra particular)?.

- Los pedidos son realizados con poca anticipación.
- El producto solicitado no se encuentra en el mercado local.
- La información entregada es incompleta, no indica claramente las fechas y el lugar de entrega.
- Existe mucha burocracia para aprobar el pedido.
- Otros:

**ANEXO E**

- 13 ¿A través de que medios de comunicación recibe los pedidos de sus clientes?.
- Teléfono.
  - Fax.
  - Correo electrónico.
  - Carta.
  - Otros:
- 14 En el caso que usted provee a una obra determinada, normalmente, ¿quien hace los pedidos de cotizaciones?.
- Obra.
  - Departamento de logística de la empresa.
  - Ambos.
- 15 En general, ¿con que área o personal de la empresa / obra son realizadas las transacciones?.
- Jefe de compras del departamento logístico de la empresa.
  - Asistente de compras del departamento logístico de la empresa.
  - Ingeniero residente de la obra.
  - Ingeniero asistente de la obra.
  - Otros:
- 16 Desde el punto de vista de su empresa, cual es más ventajoso y le permite a su empresa brindar un mejor servicio, una empresa constructora con el departamento de logística centralizada o una obra con autonomía de compras?, ¿por qué?.
- 17 ¿Cuál es la anticipación mínima necesaria para que un cliente pueda formular un pedido para que su empresa pueda garantizar el cumplimiento de la entrega en el plazo solicitado? (considere que su estoque no cubre la demanda). Explique, la razón por la que requiere dicho tiempo.
- Más de 1 mes.
  - 1 mes.
  - 2 - 3 semanas.
  - 1 semana.
  - 1 día.
- 18 ¿La empresa entrega alguna garantía por sus productos?, ¿en que consiste esta garantía?, ¿aparece escrito en algún documento?.
- 19 ¿Cual es el procedimiento que utiliza en caso de existir una no conformidad identificad por el cliente?.
- 20 ¿Es posible pensar en una entrega JIT (justo a tiempo) de su producto?.
- 21 ¿Por qué?.
- 22 ¿Qué cambios realizaría para que sus procesos y los procesos de su cliente logaran conseguir una entrega JIT de sus productos?.
- 23 ¿Alguna vez fue convocado a participar en el planeamiento y programación de alguna obra en la cual su empresa provee el material?.
- 24 ¿Cómo evalúa el grado de satisfacción de sus clientes?, ¿existe algún procedimiento documentado para evaluar? (Solicitar una copia).