



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO
ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Jorge Allan Méndez Peláez

Asesorado por el Ing. Angel Ricardo Almengor Reyna

Guatemala, noviembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO
ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE ALLAN MÉNDEZ PELÁEZ

ASESORADO POR EL ING. ANGEL RICARDO ALMENGOR REYNA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz |
| VOCAL V | Br. Sergio Alejandro Donis Soto |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Salvador Gordillo García |
| EXAMINADOR | Ing. Daniel Alfredo Cruz Pineda |
| EXAMINADOR | Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 7 de mayo de 2013.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jorge Allan Méndez Peláez', with a stylized, overlapping structure.

Jorge Allan Méndez Peláez

Guatemala, octubre de 2013

Licenciado
Manuel Guillen
Jefe del Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Presente

Respetable Licenciado Guillen:

Yo, Angel Ricardo Almengor Reyna, guatemalteco, mayor de edad, que me identifico con cédula de vecindad, número de orden L-12 23238, extendida en el Departamento de San Marcos, de profesión Ingeniero Civil y número de colegiado 6,456, egresado de facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Actualmente laboro como Jefe de Planeamiento de mina superficie en la Mina Marlin ubicada en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

Apruebo el trabajo de graduación de **Jorge Allan Méndez Peláez**, con el tema **“APLICACION DE EL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.”**. Sin otro particular:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Angel Ricardo Almengor Reyna
Ingeniero Civil
Colegiado No. 6,456

Angel Ricardo Almengor Reyna
Ingeniero Civil
Colegiado No. 6,456



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,

31 de octubre de 2013

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación APLICACIÓN DE EL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jorge Allan Méndez Peláez, quien contó con la asesoría del Ing. Angel Ricardo Almengor Reyna.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS,

Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento

Manuel María Guillén Salazar
ECONOMISTA
Colegiado No. 4758



/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San
Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de Lingüística

Guatemala, 18 de noviembre de 2013
Ling.11-14

Ingeniero Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor director:

Por este medio hago de su conocimiento que la Unidad de Lingüística hace una modificación al título del trabajo de graduación del estudiante **Jorge Allan Méndez Peláez**, con número de carné: **2006-19202** el cual fue aprobado de acuerdo al protocolo como: **APLICACIÓN DE EL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONTRUCCIÓN.**

La Unidad modifica el título del trabajo en virtud de que el mismo no está bien redactado y propone la siguiente forma: **APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONTRUCCIÓN.**



Licenciada Rosa Amelia González Domínguez
Coordinadora de la Unidad de Lingüística

Cc. Archivo



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Angel Ricardo Almengor Reyna y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Jorge Allan Méndez Peláez, titulado **APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre de 2013.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE PARETO, MÉTODO ABC Y JIT EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Allan Méndez Peláez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, noviembre de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser.

Gloria Almengor

Por todo su amor, ayuda y dedicación.

Dr. Fernando Peláez

Por todo su cariño, ayuda y dedicación.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|--|---|
| La Universidad de San Carlos de Guatemala | Por las experiencias adquiridas transformadas en conocimiento o recuerdos. |
| Facultad de Ingeniería | Para aquellos docentes que me prestaron su ayuda cuando la necesité. |
| Mis amigos de la Facultad | Por ser un gran apoyo y por los momentos compartidos. |
| Mi familia | Oscar Peláez y Dr. Guillermo Peláez. Por el apoyo y ayuda recibidos, entre otras cosas. |
| Mi asesor | Ing. Ricardo Almengor, por prestarme su ayuda en el proceso del trabajo de graduación. |
| Dr. René Verbena | Por el servicio prestado en varias situaciones durante mi carrera. |

| | | |
|------------|--|----|
| 1.2.4.3. | Paso 3: cálculo del porcentaje y porcentaje acumulado..... | 8 |
| 1.2.4.4. | Paso 4: trazo y rotulación de ejes del diagrama..... | 10 |
| 1.2.4.5. | Paso 5: dibujar un gráfico de barras descendente | 11 |
| 1.2.4.6. | Paso 6: trazar un gráfico lineal cuyos puntos del porcentaje acumulado | 12 |
| 1.2.4.7. | Paso 7: señalar los elementos "pocos vitales" y los "muchos triviales" | 12 |
| 1.2.5. | Interpretación | 13 |
| 1.2.5.1. | Posibles problemas y deficiencias de interpretación..... | 14 |
| 1.2.6. | Utilización | 14 |
| 1.2.6.1. | Aplicación del principio 80-20 en actividades cotidianas..... | 15 |
| 1.3. | El método ABC..... | 18 |
| 1.3.1. | Introducción..... | 18 |
| 1.3.2. | Objetivos, ventajas y desventajas..... | 20 |
| 1.3.2.1. | Objetivos..... | 20 |
| 1.3.2.2. | Ventajas..... | 21 |
| 1.3.2.3. | Desventajas | 21 |
| 1.3.3. | Clasificación de actividades..... | 22 |
| 1.3.3.1. | Su actuación respecto del producto o servicio | 22 |
| 1.3.3.1.1. | Nivel unitario | 22 |
| 1.3.3.1.2. | Nivel de lote..... | 23 |

| | | | |
|----|-------------------|---|----|
| | 1.3.3.1.3. | Nivel de producto o a nivel de línea | 23 |
| | 1.3.3.1.4. | Nivel de cliente | 23 |
| | 1.3.3.1.5. | Nivel de fábrica o a nivel de empresa | 24 |
| | 1.3.3.2. | La frecuencia en su ejecución | 24 |
| | 1.3.3.2.1. | Actividades repetitivas... | 24 |
| | 1.3.3.2.2. | Actividades no repetitivas..... | 25 |
| | 1.3.3.3. | Su capacidad para añadir valor al producto o servicio | 25 |
| | 1.3.3.3.1. | Perspectiva interna..... | 25 |
| | 1.3.3.3.2. | Proyección externa..... | 25 |
| | 1.3.4. | Costeo ABC | 26 |
| | 1.3.5. | Ejemplo de modelo ABC | 29 |
| | 1.3.6. | Fases y etapas para implementar el modelo ABC... | 31 |
| | 1.3.6.1. | Fase I: determinación del costo de las actividades de cada centro | 31 |
| | 1.3.6.2. | Fase II: determinación del costo de los productos..... | 33 |
| | 1.3.7. | Comparación de ABC y los sistemas tradicionales de costeo | 35 |
| 2. | INVENTARIOS | | 39 |
| | 2.1. | Introducción | 39 |
| | 2.2. | Importancia..... | 40 |
| | 2.3. | Control de inventarios..... | 42 |
| | 2.4. | Funciones de los inventarios | 44 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.4.1. | Relación de los inventarios con las distintas áreas de la empresa | 46 |
| 2.4.2. | Decisiones sobre inventario..... | 47 |
| 2.5. | Políticas de inventarios | 48 |
| 2.6. | Formas de inventarios..... | 50 |
| 2.6.1. | Inventario de productos terminados..... | 51 |
| 2.6.2. | Inventario de productos en proceso de fabricación | 51 |
| 2.6.3. | Inventario de materias primas..... | 51 |
| 2.6.4. | Inventario de suministros de fábrica | 51 |
| 2.7. | Tipos de inventarios | 52 |
| 2.7.1. | Inventario perpetuo..... | 52 |
| 2.7.2. | Inventario intermitente | 53 |
| 2.7.3. | Inventario final | 53 |
| 2.7.4. | Inventario inicial..... | 53 |
| 2.7.5. | Inventario físico | 53 |
| 2.7.6. | Inventario mixto | 54 |
| 2.7.7. | Inventario de productos terminados..... | 54 |
| 2.7.8. | Inventario en tránsito | 54 |
| 2.7.9. | Inventario de materia prima | 55 |
| 2.7.10. | Inventario en proceso | 55 |
| 2.7.11. | Inventario en consignación | 55 |
| 2.7.12. | Inventario máximo | 55 |
| 2.7.13. | Inventario mínimo | 55 |
| 2.7.14. | Inventario disponible..... | 56 |
| 2.7.15. | Inventario en línea..... | 56 |
| 2.7.16. | Inventario agregado..... | 56 |
| 2.7.17. | Inventario en cuarentena | 56 |
| 2.7.18. | Inventario de previsión | 56 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.7.19. | Inventario de seguridad..... | 57 |
| 2.7.20. | Inventario de mercaderías | 57 |
| 2.7.21. | Inventario de fluctuación | 57 |
| 2.7.22. | Inventario de anticipación | 57 |
| 2.7.23. | Inventario de lote o de tamaño de lote | 58 |
| 2.7.24. | Inventario estacionales | 58 |
| 2.7.25. | Inventario intermitente..... | 58 |
| 2.7.26. | Inventario permanente | 59 |
| 2.7.27. | Inventario cíclico | 59 |
| 2.8. | Clasificación de inventarios | 59 |
| 2.8.1. | Según su concepción logística..... | 59 |
| 2.8.1.1. | Inventarios cíclicos o de lote | 59 |
| 2.8.1.2. | Inventarios estacionales..... | 60 |
| 2.8.1.3. | Inventarios de seguridad | 60 |
| 2.8.1.4. | Inventarios especulativos..... | 60 |
| 2.8.2. | Según su sistema de registro..... | 60 |
| 2.8.2.1. | Inventario periódico o físico..... | 61 |
| 2.8.2.2. | Inventario perpetuo o permanente..... | 61 |
| 2.8.3. | Según el costo y volumen | 61 |
| 2.8.4. | Según el tipo de demanda | 62 |
| 2.8.4.1. | Demanda independiente | 62 |
| 2.8.4.2. | Demanda dependiente | 62 |
| 2.9. | Exactitud del inventario y conteos cíclicos | 62 |
| 2.10. | Valuación de inventarios..... | 66 |
| 2.10.1. | Base de costo para la valuación de los inventarios | 67 |
| 2.10.2. | Base de compra o reposición..... | 67 |
| 2.10.3. | Base de costo de reposición | 67 |
| 2.10.4. | Base de realización..... | 68 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.10.5. | Método costo identificado | 68 |
| 2.10.5.1. | Costo promedio | 68 |
| 2.10.6. | Método primero en entrar, primero en salir o "PEPS" | 69 |
| 2.10.7. | Método último en entrar, primero en salir o "UEPS" | 69 |
| 2.10.8. | Método detallista | 71 |
| 2.11. | Selección del sistema de valuación..... | 72 |
| 2.11.1. | Sistema permanente o perpetuo..... | 73 |
| 2.11.2. | Sistema periódico o juego de inventarios | 73 |
| 2.12. | Control de inventarios de mercancías | 74 |
| 2.12.1. | Línea de inventario inicial | 75 |
| 2.12.2. | Línea de compras..... | 75 |
| 2.12.3. | Línea de costo de la mercancía vendida | 75 |
| 2.12.4. | Línea de inventario final..... | 76 |
| 2.12.5. | Control interno sobre inventarios | 76 |
| 2.13. | Costos de inventarios..... | 77 |
| 2.13.1. | Costos de almacenamiento | 80 |
| 2.13.1.1. | Costos directos de almacenaje | 81 |
| 2.13.1.2. | Costos indirectos de almacenaje | 81 |
| 2.13.1.3. | Cálculo de la tasa anual <i>ad-valorem</i> ... | 82 |
| 2.13.2. | Costos directos de mantención..... | 84 |
| 2.13.3. | Costos de lanzamiento del pedido..... | 84 |
| 2.13.4. | Costos de adquisición | 85 |
| 2.13.5. | Costos de ruptura de <i>stock</i> | 86 |
| 2.13.5.1. | Disminución del ingreso por ventas | 87 |
| 2.13.5.2. | Incremento de los gastos del servicio .. | 87 |
| 2.14. | <i>Software enterprise resource planning</i> (ERP) | 87 |
| 2.14.1. | Beneficios e impactos..... | 91 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 3. | MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS..... | 95 |
| 3.1. | Modelos determinísticos | 96 |
| 3.1.1. | Modelo de inventario general | 96 |
| 3.1.2. | Modelos estáticos de lote económico (EOQ) | 97 |
| 3.1.2.1. | Modelo EOQ (sin faltantes) | 98 |
| 3.1.2.2. | Modelo EOQ (con faltantes)..... | 101 |
| 3.1.2.3. | EOQ con descuentos por cantidad | 103 |
| 3.2. | Modelos e inventarios probabilísticas | 108 |
| 3.2.1. | Modelos de revisión continua..... | 108 |
| 3.2.1.1. | Modelos EOQ “probabilizado” | 108 |
| 3.2.1.2. | Modelo EOQ probabilístico..... | 109 |
| 3.3. | Modelo de gestión “ <i>just in time</i> ”..... | 117 |
| 3.3.1. | Características principales | 118 |
| 3.3.2. | Poner en evidencia los problemas fundamentales | 119 |
| 3.3.3. | Comparación entre enfoque tradicional y enfoque JIT | 120 |
| 3.3.4. | En búsqueda de la simplicidad..... | 122 |
| 3.3.5. | Establecer sistemas para identificar los problemas | 122 |
| 3.3.6. | Definición de términos utilizados | 123 |
| 3.3.7. | Diagrama de flujo | 123 |
| 3.3.8. | Proceso..... | 124 |
| 3.3.8.1. | Primera fase: cómo poner el sistema en marcha | 125 |
| 3.3.8.2. | Segunda fase: capacitación, clave del éxito..... | 125 |
| 3.3.8.3. | Tercera fase: mejorar los procesos | 126 |
| 3.3.8.4. | Cuarta fase: mejoras en el control..... | 127 |

| | | | |
|------|----------|---|-----|
| | 3.3.8.5. | Quinta fase: relación cliente – proveedor | 128 |
| 4. | | APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN..... | 129 |
| 4.1. | | Calidad en la construcción | 129 |
| | 4.1.1. | Calidad total | 129 |
| | 4.1.2. | Impacto de la calidad en empresas de construcción | 130 |
| | 4.1.3. | Estrategias para lograr la calidad | 131 |
| | 4.1.4. | Ventajas de la calidad en empresas de construcción | 132 |
| | 4.1.5. | Métodos para evaluar y controlar la calidad | 133 |
| | 4.1.6. | Técnicas de <i>benchmarking</i> | 135 |
| 4.2. | | Problemática en la construcción..... | 136 |
| | 4.2.1. | Calidad de trabajo | 136 |
| | 4.2.2. | Desperdicios desde enfoque JIT | 136 |
| | 4.2.3. | Empresas | 138 |
| 4.3. | | Áreas problema en la industria de la construcción | 138 |
| 4.4. | | Solución y recomendación: estrategia para la construcción .. | 140 |
| | 4.4.1. | Identificar problemas: desperdicio | 140 |
| | 4.4.2. | Ejemplo de clasificación de desperdicio con aplicación de método ABC | 141 |
| | 4.4.3. | Mentalización | 146 |
| | 4.4.4. | Mejora de procesos | 147 |
| | 4.4.4.1. | Establecer y documentar procedimientos estandarizados | 147 |
| | 4.4.4.2. | Líneas de producción | 149 |
| | 4.4.4.3. | Encontrar y eliminar desperdicio | 150 |
| | 4.4.5. | Mejora de control..... | 153 |

| | | |
|----------------------|---|-----|
| 4.4.5.1. | Conservar el lugar de la construcción limpio | 153 |
| 4.4.5.2. | Relación cliente – proveedor | 154 |
| 4.5. | Caso de estudio..... | 155 |
| 4.6. | Análisis de resultados..... | 163 |
| 4.7. | Comparación entre sistema de solución propuesta y el sistema tradicional | 165 |
| CONCLUSIONES..... | | 169 |
| RECOMENDACIONES..... | | 171 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 173 |
| ANEXOS | | 175 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|-----|
| 1. | Diagrama de flujo | 5 |
| 2. | Diagrama base de Pareto | 10 |
| 3. | Gráfico de barras descendente | 11 |
| 4. | Diagrama de lineal y de barras en base de Pareto..... | 12 |
| 5. | Diagrama de Pareto | 13 |
| 6. | Horarios de salida y llegada | 17 |
| 7. | Modelo ABC..... | 28 |
| 8. | Costos en productos históricamente | 36 |
| 9. | Costos en el modelo ABC | 37 |
| 10. | Algunos departamentos que interactúan con el sistema ERP | 88 |
| 11. | Éxito del proyecto ERP | 90 |
| 12. | EOQ sin faltantes | 99 |
| 13. | Cantidad óptima a pedir | 100 |
| 14. | EOQ con faltantes | 102 |
| 15. | Modelo EOQ probabilístico | 110 |
| 16. | Resumen modelo EOQ probabilístico | 112 |
| 17. | Demanda del tiempo de remisión..... | 115 |
| 18. | Río de las existencias | 119 |
| 19. | Río de inventario con problemas expuestos..... | 120 |
| 20. | Enfoque tradicional | 120 |
| 21. | Enfoque JIT..... | 121 |
| 22. | Implantación del JIT | 124 |
| 23. | Áreas problema de fase primaria | 139 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 24. | Porcentaje de desperdicio en costo total | 142 |
| 25. | Desperdicio porcentual | 144 |
| 26. | Vínculos de desperdicio..... | 145 |
| 27. | Problema vinculado: defectos | 146 |
| 28. | Documentación de un proceso | 148 |
| 29. | Clasificación ABC de renglones..... | 161 |
| 30. | Pareto en inversión..... | 162 |
| 31. | Pareto en factores de problemas | 163 |
| 32. | Enfoque con tradicional | 167 |
| 33. | Enfoque con sistema solución propuesta..... | 167 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|-----|
| I. | Preparación de datos..... | 7 |
| II. | Contribuciones parciales y totales | 8 |
| III. | Tabla de Pareto | 9 |
| IV. | Horarios de salida y llegada..... | 17 |
| V. | Ejemplo ABC | 30 |
| VI. | Revisión basada en la importancia del artículo | 65 |
| VII. | Descuentos por cantidad | 104 |
| VIII. | Solución tradicional y solución JIT | 121 |
| IX. | Ejemplo de desperdicios sobre costo total..... | 142 |
| X. | Desperdicio porcentual | 143 |
| XI. | Tabla de control..... | 154 |
| XII. | Cuadro de renglones | 156 |
| XIII. | Resumen de renglones..... | 158 |
| XIV. | Resumen de renglones ordenados descendientemente | 159 |
| XV. | Clasificación de renglones ABC..... | 160 |
| XVI. | Tabla comparación inversión | 164 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|------------------------|---|
| S | Cantidad de unidades de demanda faltante |
| S* | Cantidad faltante óptima |
| Cm | Centímetro |
| C_p | Costo de ordenar |
| K | Costo de preparación asociado con la colocación de un pedido |
| C_u | Costo unitario |
| μ_L | Demanda promedio durante el tiempo de entrega |
| σ | Desviación estándar |
| σ_L | Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega |
| I_{max} | Inventario máximo |
| Kg | Kilogramo |
| μ | Media |
| m | Metro |
| m² | Metro cuadrado |
| m³ | Metro cúbico |
| \$ | Moneda (dólar) o unidad monetaria |
| Q | Moneda (quetzal) |
| % | Porcentaje |
| α | Probabilidad máxima admisible de que se agote la existencia durante el tiempo de entrega. |

| | |
|-----------------------|--|
| R | Punto de reorden |
| SS | <i>Stock</i> de seguridad |
| B | Tamaño de la existencia estabilizadora |
| C_{mi} | Tasa por mantener el inventario |
| L | Tiempo de entrega entre la colocación de la orden y la recepción del pedido. |
| T | Tiempo óptimo de pedido (cuando se debe pedir) |
| t | Tiempo que transcurre para agotar cantidad Q |
| Ton | Tonelada |
| X_L | Variable aleatoria que representa la demanda durante el tiempo de entrega |

GLOSARIO

| | |
|----------------------------|---|
| Buffer | Tope (<i>stop</i>), regulador, controlador. |
| Calibrar | Calcular medir con precisión. |
| Concreto | Es un material compuesto empleado en construcción formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos. |
| Costeo por órdenes | Este sistema proporciona un registro separado para el costo de cada cantidad de producto que pasa por fábrica. A cada cantidad de producto en particular se le llama orden. |
| CIF | Coste seguro y flete, puerto de destino convenido (<i>cost, insurance and freight</i>). |
| CIP | Transporte y seguro pagados hasta (<i>carriage and insurance paid to</i>). |
| CFR | Costo y flete (<i>cost & freight</i>). |
| Costeo por procesos | En este sistema, los costos son acumulados por cada departamento o proceso en la fábrica. |

| | |
|--------------------------|---|
| CPT | Transporte pagado hasta (<i>carriage paid to</i>). |
| Diagrama de flujo | Es la representación gráfica de un algoritmo o proceso. |
| EOQ | Cantidad económica de pedido (<i>Economic order quantity</i>). |
| ERP | Sistema de planificación de recursos empresariales (<i>Enterprise resource planning</i>). |
| Filosofía | Es una ciencia de conocimiento de las cosas por sus causas, de lo universal y necesario. |
| Flexibilidad | Capacidad de adaptarse con facilidad a las circunstancias. |
| Flujo de trabajo | Es el estudio de los aspectos operacionales de una actividad de trabajo. |
| Inventario | Relación ordenada de bienes y existencias de una entidad o empresa, a una fecha determinada. |
| JIT | El método justo a tiempo (<i>just in time</i>) es un sistema de organización de la producción para las fábricas, de origen japonés. |
| LED | Lote económico de producción. |

| | |
|----------------------------|--|
| Línea de flujo | La trayectoria seguida por un elemento de un fluido móvil. |
| Línea de producción | Es el conjunto armonizado de diversos subsistemas, todos con la finalidad de fabricar un producto. |
| Operación | Acción. |
| Plan | Modelo sistemático que se elabora antes de realizar una acción, con el objetivo de dirigirla y encauzarla. |
| Polivalente | Que posee varios valores o que tiene varias aplicaciones, usos, etc. |
| Procesamiento | Sostenimiento de una cosa a un proceso de elaboración o de transformación. |
| Proceso | Conjunto de diferentes fases o acciones sucesivas. |
| Producción | Es la actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios. |
| <i>Pull</i> | Halar, tirar. |
| <i>Push</i> | Empujar |
| Reorden | Realizar una orden de reabastecimiento. |

Stakeholder

Es un término inglés utilizado para referirse a «quienes pueden afectar o son afectados por las actividades de una empresa».

Stock

Conjunto de mercancías en depósito o reserva.

RESUMEN

Para llevar a cabo un proceso de “resolución de problemas” o “toma de decisiones”, es necesario manejar herramientas de la calidad, desde el punto de vista teórico como desde su aplicación.

El análisis de Pareto es una herramienta que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar los aspectos significativos de un problema desde los triviales, de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. De forma similar se utiliza el método ABC, se divide los elementos en categorías de gran importancia la cual es llamada “A”, de mediana importancia “B” y la de baja importancia “C”.

Mientras que la fabricación con *Just in Time* (JIT) hace énfasis a producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades posibles y en el momento justo. Con esto se hace referencia a producir bien desde la primera vez, sin tener que repetir la operación o el proceso debido a algún error, esto dentro de un tiempo establecido. La filosofía JIT insta una mejora continua de la calidad durante el tiempo.

OBJETIVOS

General

Elaborar un documento con aspectos teóricos sobre el principio de Pareto, método ABC y JIT para su aplicación en la industria de la construcción.

Específicos

1. Describir la finalidad en la aplicación del principio de Pareto, el método ABC dentro de los inventarios de la industria de la construcción.
2. Detallar una estrategia para la aplicación del método ABC, JIT y Pareto en la construcción con objeto de una mejora sistemática progresiva de la calidad total.
3. Analizar la importancia de los resultados que se obtendrían al ser implementado el método ABC, JIT y Pareto en la construcción.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil es una disciplina que tiene como finalidad aplicar conocimientos al desarrollo, utilización y perfeccionamiento de técnicas constructivas para su beneficio, es importante que el ingeniero se mantenga en una constante actualización de los avances en técnicas, métodos y disposiciones especiales. Siendo esencial lograr aplicar nuevas ideas, nuevos procesos, nuevos materiales al propio desarrollo profesional.

La construcción es una de las principales industrias, tanto por su peso económico como por su incidencia en el medio ambiente. La construcción es definida como la combinación de materiales y servicios para la producción de bienes tangibles.

La industria de la construcción cumple un importante rol en el desarrollo de los países, tanto cultural como económico ya que, a través de la construcción se satisface las necesidades de infraestructura de la mayoría de las actividades económicas y sociales de una nación.

Dentro de los proyectos de la industria de la construcción es de gran importancia mantener un control estricto de los inventarios utilizados, para garantizar el uso adecuado de los recursos de la obra, lo que hace necesario buscar y plantear métodos que optimicen la planificación de los mismos.

1. EL PRINCIPIO DE PARETO Y EL MÉTODO ABC

En una cadena de suministro, un análisis ABC es un método de categorización de inventario que consiste en la división de los artículos en tres categorías, A, B y C: los artículos pertenecientes a la categoría A son los más valiosos, mientras que los que pertenecen a la categoría C son los menos valiosos. Mientras Pareto tiene como objetivo llamar la atención de los gerentes hacia los pocos artículos de importancia crucial (artículos A) en lugar de hacia los muchos artículos triviales (artículos C).

1.1. El principio de Pareto

El principio de Pareto establece que el 80 % del valor de consumo total se basa solo sobre el 20 % de los artículos totales. En otras palabras, la demanda no está distribuida uniformemente entre los artículos: los que más se venden superan ampliamente a los demás.

1.1.1. Historia

Wilfredo Pareto, economista italiano, realizó un estudio sobre la riqueza y la pobreza. Descubrió que el 20 % de las personas controlaba el 80 % de la riqueza en Italia. Pareto observó otras distribuciones similares en su estudio. A principios de los años 50, el Dr. Joseph Juran descubrió la evidencia para la regla de "80-20" en una gran variedad de situaciones. En particular, el fenómeno parecía existir sin excepción en problemas relacionados con la calidad.

Una expresión común de la regla 80/20 es que "el 80 % de nuestro negocio proviene del 20 % de nuestros clientes." Por lo tanto, el análisis de Pareto es una técnica que separa los "pocos vitales" de los "muchos triviales".

1.1.2. Análisis de Pareto

El análisis de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles.

Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas.

1.1.3. Objetivo y alcance

Definir las reglas básicas a seguir para la construcción y la utilización del diagrama de Pareto, resaltando las situaciones en que puede o debe ser utilizado. Es de aplicación a aquellos estudios o situaciones en que es necesario priorizar la información proporcionada por un conjunto de datos o elementos.

Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los equipos y grupos de mejora y por todos aquellos individuos u organismos implicados en la mejora de la calidad.

Además, se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión.

1.1.4. Responsabilidades

A continuación se describen las diversas responsabilidades dentro de la empresa, para aplicar el principio de Pareto.

1.1.4.1. Grupo de trabajo o persona responsable del estudio

Seguir las reglas que señala el procedimiento para la construcción de un diagrama de Pareto y para su correcta interpretación.

1.1.4.2. Dirección de calidad

Asesorar, a los que así lo soliciten, en el establecimiento de las bases para la construcción y utilización del diagrama de Pareto.

1.2. Tablas y diagramas de Pareto

Las tablas y diagramas de Pareto son herramientas de representación utilizadas para visualizar el análisis de Pareto.

1.2.1. Definición

El diagrama de Pareto es la representación gráfica de la tabla de Pareto correspondiente.

1.2.2. Características principales

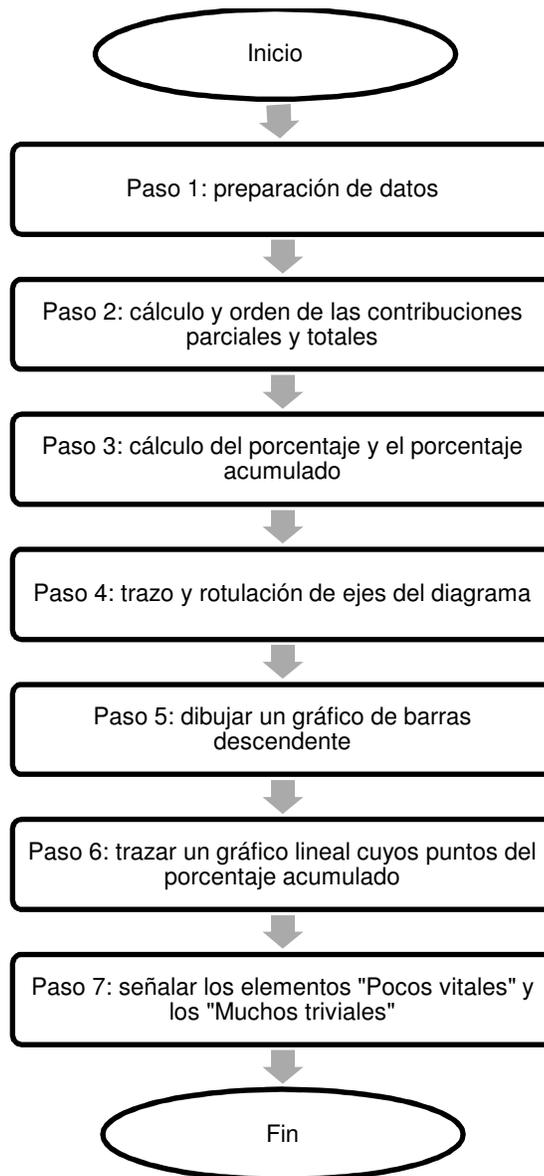
A continuación se comentan una serie de características fundamentales de las tablas y los diagramas de Pareto.

- Simplicidad: tanto la tabla como el diagrama de Pareto no requieren ni cálculos complejos ni técnicas sofisticadas de representación gráfica.
- Impacto visual: el diagrama de Pareto comunica de forma clara, evidente y de un "vistazo", el resultado del análisis de comparación y priorización.

1.2.3. Proceso

El proceso para su elaboración, se explica en el siguiente diagrama.

Figura 1. Diagrama de flujo



Fuente: elaboración propia.

1.2.4. Construcción

Los pasos para la elaboración del diagrama de Pareto se explican a continuación.

1.2.4.1. Paso 1: preparación de datos

El primer paso consiste en recoger los datos correctos o asegurarse de que los existentes lo son.

Para la construcción de un diagrama de Pareto son necesarios:

- Un efecto cuantificado y medible sobre lo que se quiere priorizar (costes, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, etc.).
- Una lista completa de elementos o factores que contribuyen a dicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tipos de problemas, productos, servicios, etc.). Es importante identificar todos los posibles elementos de contribución al efecto antes de empezar la recogida de datos. Esta condición evitará que, al final del análisis, la categoría "varios" resulte ser una de las incluidas en los "pocos vitales". Las herramientas de calidad más útiles para obtener esta lista son: la tormenta de ideas, el diagrama de flujo, el diagrama de causa-efecto y sus similares, o los propios datos. A continuación se presenta un ejemplo.

Tabla I. **Preparación de datos**

| Efecto cuantificado y medible | |
|---|-----------------|
| Número de errores en los impresos de pedido | |
| Elementos contribuyentes | |
| Error en dato A | Error en dato F |
| Error en dato B | Error en dato G |
| Error en dato C | Error en dato H |
| Error en dato D | Error en dato I |
| Error en dato E | |

Fuente: elaboración propia.

- La magnitud de la contribución de cada elemento o factor al efecto total: estos datos, ya sea que existan o que haya que recogerlos, deberán ser:
 - **Objetivos:** basados en hechos, no en opiniones.
 - **Consistentes:** debe utilizarse la misma medida para todos los elementos contribuyentes y los mismos supuestos y cálculos a lo largo del estudio, ya que el análisis de Pareto es un análisis de comparación.
 - **Representativos:** deben reflejar toda la variedad de hechos que se producen en la realidad.
 - **Verosímiles:** evitar cálculos o suposiciones controvertidas, ya que se busca un soporte para la toma de decisiones, si no se cree en los datos, no se apoyarán las decisiones.

1.2.4.2. Paso 2: cálculo y orden de las contribuciones parciales y totales

Para cada elemento contribuyente sobre el efecto, anotar su magnitud. Ordenar dichos elementos de mayor a menor, según la magnitud de su contribución.

Calcular la magnitud total del efecto como suma de las magnitudes parciales de cada uno de los elementos contribuyentes.

Tabla II. **Contribuciones parciales y totales**

| Tipo de error (elementos) | Número de errores (contribuciones) |
|----------------------------------|---|
| G | 49 |
| H | 44 |
| A | 42 |
| I | 16 |
| D | 9 |
| B | 4 |
| E | 3 |
| C | 2 |
| F | 0 |
| Total | 169 |

Fuente: elaboración propia.

1.2.4.3. Paso 3: cálculo del porcentaje y porcentaje acumulado

El porcentaje de la contribución de cada elemento se calcula así:

$$\% = (\text{magnitud de la contribución} / \text{magnitud del efecto total}) \times 100$$

El porcentaje acumulado para cada elemento de la lista ordenada se calcula:

- Por suma de contribuciones de cada uno de los elementos anteriores en la tabla, más el elemento en cuestión como magnitud de la contribución, y aplicando la fórmula anterior.
- Por suma de porcentajes de contribución de cada uno de los elementos anteriores, más el porcentaje del elemento en cuestión. En este caso habrá que tener en cuenta el que estos porcentajes, en general, han sido redondeados.

Una vez completado este paso se tiene construida la tabla de Pareto.

Tabla III. **Tabla de Pareto**

| Tipo de error | Número de errores | Número de errores acumulados | % errores del total | % acumulado de errores del total |
|---------------|-------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| G | 49 | 49 | 28,99 | 28,99 |
| H | 44 | 93 | 26,04 | 55,03 |
| A | 42 | 135 | 24,85 | 79,88 |
| I | 16 | 151 | 9,47 | 89,35 |
| D | 9 | 160 | 5,33 | 94,67 |
| B | 4 | 164 | 2,37 | 97,04 |
| E | 3 | 167 | 1,78 | 98,82 |
| C | 2 | 169 | 1,18 | 100,00 |
| F | 0 | 169 | 0,00 | 100,00 |
| Total | 169 | | 100,00 | 100,00 |

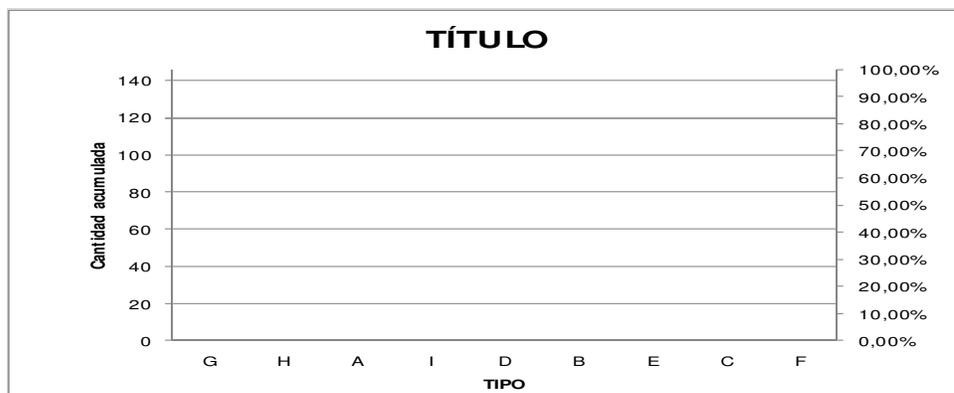
Fuente: elaboración propia.

1.2.4.4. Paso 4: trazo y rotulación de ejes del diagrama

El eje vertical izquierdo representa la magnitud del efecto estudiado. Debe empezar en 0 e ir hasta el valor del efecto total. Debe rotularse con el efecto, la unidad de medida y la escala. La escala debe ser consistente, es decir variar según intervalos constantes. Las escalas de gráficos que se compararán entre sí, deben ser idénticas (prestar especial cuidado a las escalas automáticas de los gráficos por ordenador).

- Eje vertical izquierdo: magnitud del efecto estudiado (debe de tener escala y unidad de medida).
- Eje central: elementos contribuyentes del efecto (colocar los contribuyentes de mayor a menor, según la tabla de Pareto).
- Eje vertical derecho: porcentajes acumulados del efecto estudiado.

Figura 2. Diagrama base de Pareto

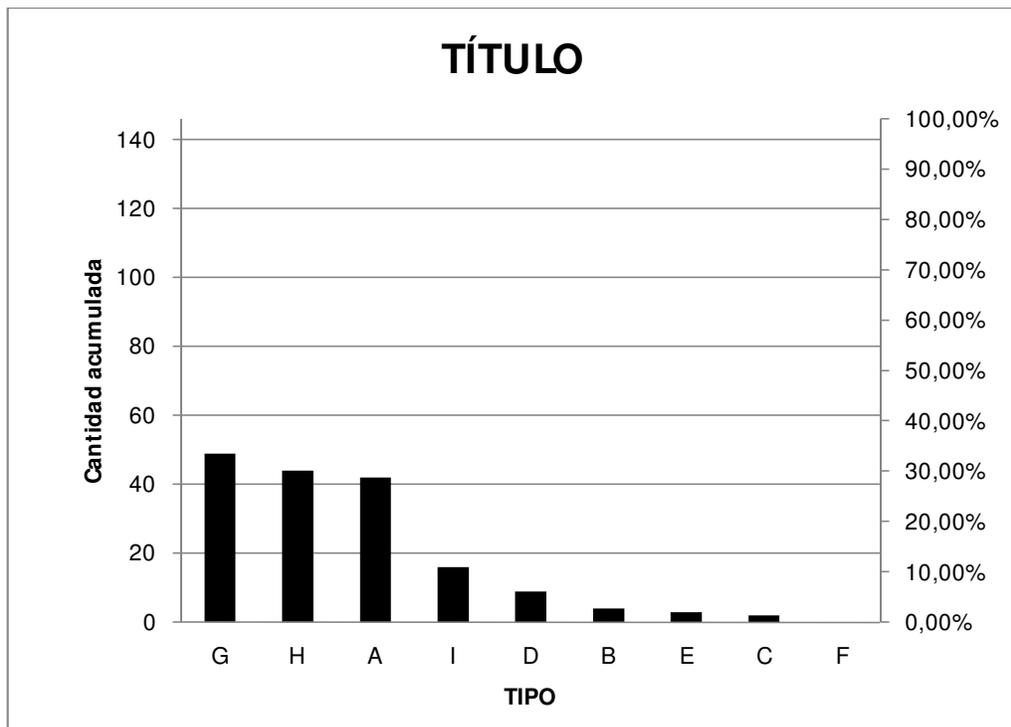


Fuente: elaboración propia.

1.2.4.5. Paso 5: dibujar un gráfico de barras descendente

La altura de cada barra es igual a la contribución de cada elemento tanto medida en magnitud por medio del eje vertical izquierdo, como en porcentaje por medio del eje vertical derecho. Ejemplo:

Figura 3. Gráfico de barras descendente

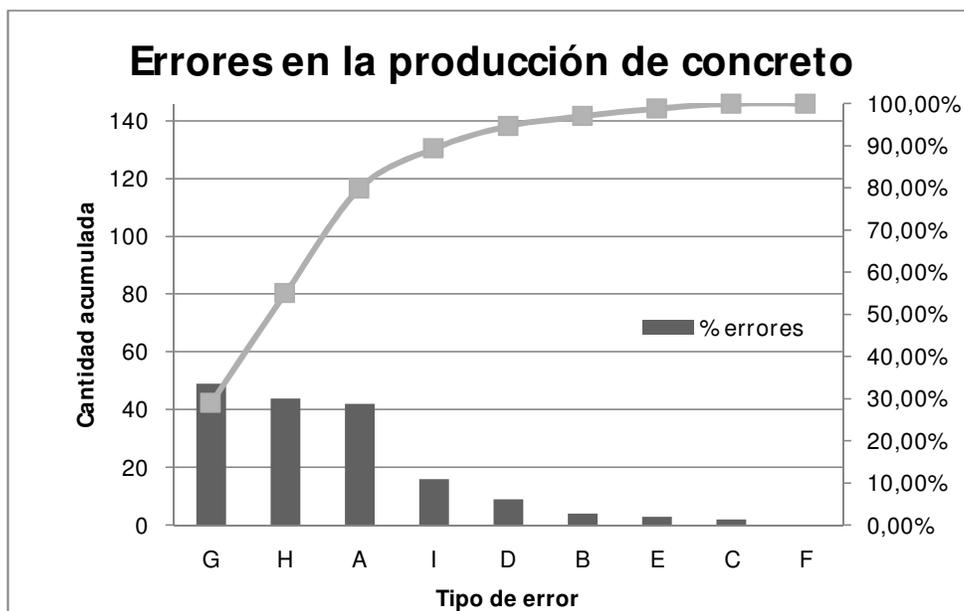


Fuente: elaboración propia.

1.2.4.6. Paso 6: trazar un gráfico lineal cuyos puntos del porcentaje acumulado

Marcar los puntos del gráfico en la intersección de la prolongación del centro de cada barra, con la magnitud del porcentaje acumulado correspondiente al elemento representado en dicha barra.

Figura 4. Diagrama de lineal y de barras en base de Pareto



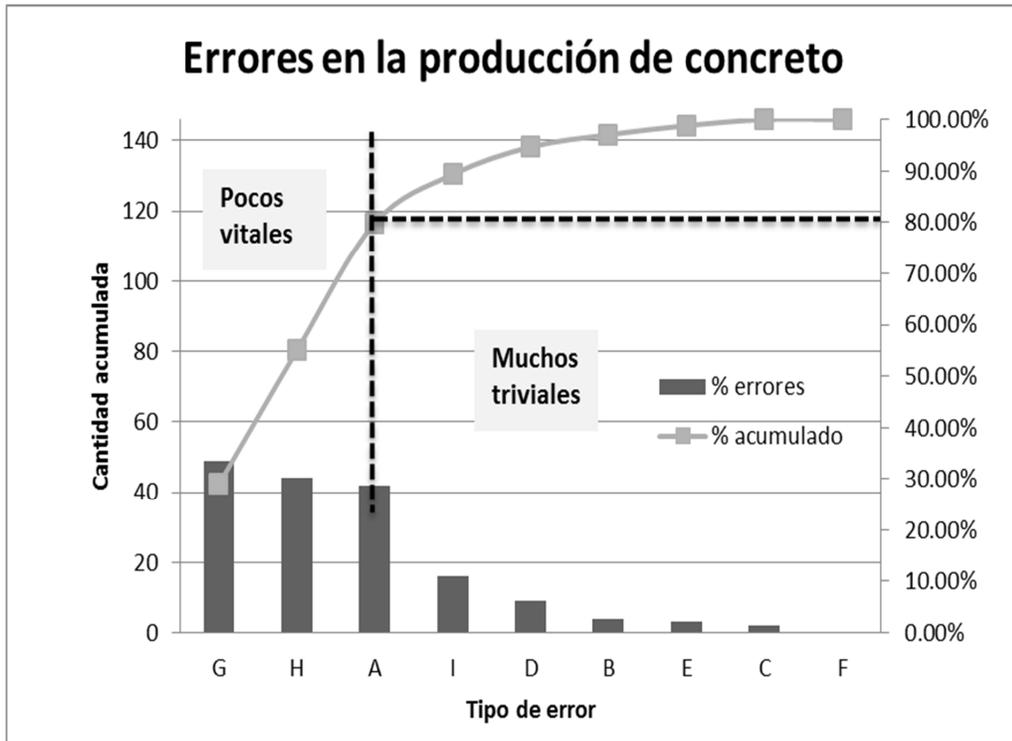
Fuente: elaboración propia.

1.2.4.7. Paso 7: señalar los elementos "pocos vitales" y los "muchos triviales"

Trazar una línea vertical que separe el diagrama en dos partes; esto sirve para visualizar la frontera entre los "pocos vitales" y los "muchos triviales", basándose en el cambio de inclinación entre los segmentos lineales correspondientes a cada elemento. Rotular las dos secciones del diagrama.

Rotular el porcentaje acumulado del efecto correspondiente al último elemento incluido en la sección "pocos vitales".

Figura 5. **Diagrama de Pareto**



Fuente: elaboración propia.

1.2.5. Interpretación

El objetivo del análisis de Pareto es utilizar los hechos para identificar la máxima concentración de potencial del efecto en estudio (magnitud del problema, costes, tiempo, etc.), en el número mínimo de elementos que a él contribuyen. Con este análisis busca enfocar el mayor esfuerzo en las contribuciones más importantes, con objeto de optimizar el beneficio obtenido del mismo.

Existe una frontera clara entre las categorías de elementos vitales y triviales. En muchos casos no existe esta frontera claramente visible. En realidad se puede identificar generalmente una tercera categoría a la que algunos autores llaman "zona dudosa".

1.2.5.1. Posibles problemas y deficiencias de interpretación

En los casos donde el diagrama de Pareto no permite realizar una clara distinción entre los diferentes elementos o categorías que contribuyen al efecto se debe a que:

- Todas las barras son de un tamaño similar.
- Se requiere más de la mitad de las categorías para tener en cuenta más del 60 % del efecto total.

Cuando esto ocurre se debe replantear la clasificación de categorías realizada, profundizando en el fenómeno o efecto estudiado y repetir el análisis efectuado.

1.2.6. Utilización

El análisis de Pareto sirve para establecer prioridades y para enfocar y dirigir las acciones a desarrollar posteriormente. Por otra parte, permite basar la toma de decisiones en parámetros objetivos, por tanto, permite unificar criterios y crear consenso. Su utilización es necesaria en las fases del proceso de solución de problemas.

Este análisis es aplicable en todos los casos en que se deban establecer prioridades para no dispersar el esfuerzo y optimizar el resultado de dicha inversión. En particular:

- Para asignar prioridades a los problemas durante la definición y selección de proyectos.
- Para identificar las causas claves de un problema.
- Para comprobar los resultados de un grupo de trabajo una vez implantada la solución propuesta por el mismo.

Al final se compara el diagrama de Pareto de la situación inicial con el de la situación actual y se comprueba que la contribución de los elementos inicialmente más importantes haya disminuido notablemente.

1.2.6.1. Aplicación del principio 80-20 en actividades cotidianas

El principio 80/20 afirma que la minoría de los acontecimientos, hechos, o esfuerzos es la causa de la mayoría de las consecuencias o recompensas. Literalmente, esto significa, por ejemplo, que el 80 % de lo que se consigue en el trabajo es gracias al 20 % del tiempo utilizado. Esto para fines prácticos, cuatro partes de su esfuerzo (la mayor parte) es totalmente irrelevante. Esto es contrario a lo que normalmente la persona espera. El principio 80/20 establece que existe un desbalance entre causas y efectos. En los negocios este principio ha sido validado. El 20 % de los productos genera el 80 % de las ventas; al igual que el 20 % de los clientes genera el 80 % de las utilidades.

Se mencionan algunos ejemplos, que no deben ser tomados como datos precisos, son únicamente para representación. En la sociedad, 20 % de los criminales cometen el 80 % de los crímenes; 20 % de los automovilistas causan el 80 % de los accidentes. Un 20 % de los que contraen matrimonio generan el 80 % de los divorcios. En las casas 20 % de las alfombras parece que toman el 80 % de la suciedad.

Es curioso, pero todos tienden a esperar que las causas u origen de todo tienen la misma significancia. Que todos los clientes tienen igual valor. Que todo negocio, producto o todas las ventas son tan buenas unas como otras. Que cada día o semana tienen la misma significancia. Que todos los problemas tienen un gran número de causas, que no tiene valor alguno aislar unas pocas causas. Que las oportunidades tienen un valor igual, de modo que se tiene que tratar a todas del mismo modo.

Se tiende a asumir naturalmente que las causas son 50 % de los resultados. Pero la proporción 50/50 se da en pocas ocasiones en la realidad. Esta democrática falacia es uno de los más peligrosos e inexactos conceptos profundamente grabados en los mapas mentales. La proporción no tiene tanta importancia, como el desbalance, este puede ser 65/35, 70/30, 75/25, 80/20. El desbalance tiende a darse siempre. Entender este principio es vital para poder entender lo que sucede en el entorno, y actuar en consecuencia. A continuación se da un ejemplo problema:

Gustavo tiene un horario de trabajo de 07:00 – 14:00, tiene problemas en su empleo, debido a que lo retrasa en la hora de entrada. Debe buscar una solución a su problema. Actualmente comienza el destino hacia su trabajo a las 6:00 y llega entre 7:15 – 7:30.

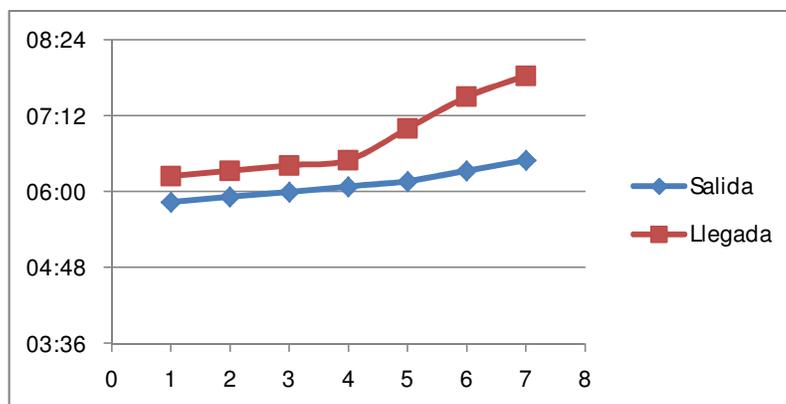
Se observa que la mayor parte de los problemas laborales de este empleado se dan principalmente por una causa. Se podría decir 20 % causas (tráfico) le genera el 80 % de problemas en el trabajo. La solución debe de ser entonces enfocada principalmente en el tráfico, sabiendo que los flujos de tráfico operan generalmente como un cuello de botella, se le pide a Gustavo partir hacia su trabajo a diferentes horarios, intentando encontrar el rango donde se crea este cuello de botella.

Tabla IV. **Horarios de salida y llegada**

| | Salida | Llegada |
|---|--------|---------|
| 1 | 05:50 | 06:15 |
| 2 | 05:55 | 06:20 |
| 3 | 06:00 | 06:25 |
| 4 | 06:05 | 06:30 |
| 5 | 06:10 | 07:00 |
| 6 | 06:20 | 07:30 |
| 7 | 06:30 | 07:50 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Horarios de salida y llegada**



Fuente: elaboración propia.

Con lo que se concluye que el problema se ocasiona al transitar en el horario luego de ocasionarse el cuello de botella. Debe de salir a las 5:55 y así tener una holgura en el tiempo por cualquier imprevisto.

1.3. El método ABC

El método ABC asigna costos a las actividades basándose en cómo estas usan los recursos y asignan costos a los objetos de acuerdo a cómo estos hacen uso de las actividades.

1.3.1. Introducción

El proceso de asignación de costos a actividades y objetos de costos se apoya en criterios llamados «*drivers*» (generador o inductor de costos), que explican la relación de causa y efecto entre estos elementos. Por lo tanto, los conceptos claves de ABC son:

- Recursos: elementos económicos usados o aplicados en la realización de actividades. Se reflejan en la contabilidad de las empresas a través de conceptos de gastos y costos como sueldos, beneficios, depreciación, electricidad, publicidad, comisiones, materiales, etc.
- Actividades: conjunto de tareas relacionadas que tengan un sentido económico relevante para el negocio. Por ejemplo, preparar plan anual, facturar, vender y atender clientes. Saber distinguir hasta qué nivel llegar en el detalle de las actividades es un elemento crítico en un proyecto ABC y la experiencia es el principal fundamento de este proceso.

- **Objetos de costos:** es la razón para realizar una actividad. Incluye productos/servicios, clientes, proyectos, contratos, áreas geográficas, etc.
- **Drivers:** es un factor o criterio para asignar costos. Elegir un *driver* correcto requiere comprender las relaciones entre recursos, actividades y objetos de costos. *Drivers* de recursos son los criterios o bases usadas para transferir costos de los recursos a las actividades. *Drivers* de actividad o costo son los criterios utilizados para transferir costos desde una actividad a uno o varios objetos de costos. Este *driver* se selecciona considerando cómo se relaciona la actividad con el objeto de costo y cómo la relación se puede cuantificar.

ABC no es un nuevo método de contabilidad financiera, ya que el análisis de actividades usa cifras obtenidas del sistema contable. Su propósito es proporcionar a los gerentes una herramienta para aumentar la rentabilidad por medio de la provisión de información basada en hechos, para mejorar las decisiones estratégicas, operacionales y de precios; que en forma conjunta determinarán el resultado financiero futuro de la empresa. ABC es comúnmente implementado independientemente de los actuales sistemas contables.

Los datos de gastos y ventas son obtenidos del sistema contable y del sistema de ventas, pero el cálculo, análisis y preparación de informes ocurre fuera de estos sistemas.

Aunque no es necesario reemplazar el actual sistema contable, cuando la implementación avanza al interior de la empresa y se aprecian cada vez mayores beneficios, generalmente, se tiende a modificar los sistemas internos para hacerlos más eficientes

1.3.2. Objetivos, ventajas y desventajas

A continuación se describen los objetivos, ventajas y desventajas del método ABC.

1.3.2.1. Objetivos

Entre los objetivos que persigue la implantación de un sistema de gestión de costos se pueden citar:

- Tener una visión estratégica de los recursos consumidos en los procesos.
- Valorar las tareas que se están realizando dentro de la organización.
- Analizar y valorar las tareas de alto costo.
- Eliminar o reducir mediante automatización, las tareas que agregan poco valor al cliente.
- Potenciar las tareas que aportan alto valor al cliente (interno o externo) y que no se les presta la atención que merecen.

El ABC no se trata únicamente de un método de cálculo de costos cuyo máximo objetivo es lograr la exactitud, sino que se trata de un sistema de gestión empresarial, englobando desde el cálculo del costo de cualquier tipo de información para la gestión empresarial, facilitando a la alta dirección información relevante y oportuna para la toma de decisiones.

Puede procesarse la información de los siguientes casos: el costo de las actividades de la empresa y de los procesos de negocio; el costo de los siguientes eslabones de la cadena de valor, de los productos y/o servicios, de los clientes de forma individual; qué productos y clientes son rentables y cuáles no; reducciones de costos basados en el análisis de las actividades y de los procesos, clasificación de las actividades con o sin valor añadido y decisiones sobre: reducción, eliminación o decisión de determinadas actividades.

1.3.2.2. Ventajas

Los beneficios específicos y los usos estratégicos de esta información son:

- Costos más exactos de los productos permiten mejores decisiones estratégicas relacionadas con: determinar el precio del producto, combinar productos, elaborar compras, invertir en investigación y desarrollo.
- Mayor visión sobre las actividades realizadas (debido a que ABC traza el mapa de las actividades y remite los costos a las mismas) le permite a una empresa: concentrarse más en la gestión de las actividades, tal como mejorar la eficiencia de las actividades de alto costo, identificar y reducir las actividades que no proporcionan valor agregado.

1.3.2.3. Desventajas

- Algunos costos probablemente requerirán su localización en departamentos o pedidos.

- Los costos identificados con productos específicos son omitidos del análisis.
- Un sistema ABC es muy caro de desarrollar e implementar, y consume mucho tiempo de trabajo.

1.3.3. Clasificación de actividades

Las actividades pueden ser observadas desde distintas perspectivas, según los intereses particulares que se pretendan alcanzar, por lo que existen distintos tipos de clasificaciones, dependiendo su configuración y de la referencia que se tome para proceder a establecer su tipología concreta.

Dentro del ámbito de los sistemas ABC es usual clasificar las actividades en relación con los aspectos siguientes:

1.3.3.1. Su actuación respecto del producto o servicio

Las actividades pueden clasificarse en:

1.3.3.1.1. Nivel unitario

Son aquellas que se ejecutan necesariamente una vez que se produce una unidad de producto, se enmarcan aquellas actividades cuyo costo aumenta o disminuye dependiendo del volumen en números de unidades, por lo que sus costos suelen ser variables.

1.3.3.1.2. Nivel de lote

Las actividades se caracterizan por que su costo está relacionado con el número de lotes de producción fabricados. El costo que de ellas le corresponda a cada unidad de cantidad de producto, variará en función de que se realice un lote completo o no. También en este caso los costos que la forman suelen ser variables.

1.3.3.1.3. Nivel de producto o a nivel de línea

Están las actividades que sirven de apoyo a los productos. Se considera que sus costos son fundamentalmente fijos y directos respecto de producto en concreto.

Es preciso decir que este nivel de actividad permite que los distintos productos sean producidos y vendidos adecuadamente, pero los costos consumidos deben ser independientes tanto de las unidades producidas como de los lotes procesados, guardando en cambio, mayor relación con la complejidad de las modificaciones introducidas en los productos, con los cambios requeridos para lograr mejores productos.

1.3.3.1.4. Nivel de cliente

Son actividades cuyo objetivo principal es satisfacer las especificaciones de cada cliente. Son independientes del número de tipo de unidades que esta adquiere. Este tipo de actividad permite centrar los mayores esfuerzos en aquellas tareas que agregan valor añadido al producto.

1.3.3.1.5. Nivel de fábrica o a nivel de empresa

Aquí se incluyen las actividades de apoyo a la organización, es decir, las que recogen los costos generales de planta; de ahí que no puedan asociarse a un producto u organización concreta por ser comunes en todos ellos. Esta clasificación es importante desde el punto de vista de la asignación, por cuanto permite conocer el comportamiento que cada actividad desarrolla en relación con cada producto o servicio, lo que va a posibilitar una fácil identificación entre los costos por ellas generados y los productos o servicios por ellas tratados.

Respecto del tratamiento de los costos de las diferentes actividades en la formación del costo del producto, se puede decir, que los costos generados por las actividades primarias repercuten sobre el costo de los productos o servicios, por lo que, pueden distribuirse entre los productos, haciendo uso de bases de reparto que mantengan en gran medida la relación causa-efecto entre actividades y producto, o sea, que recojan fielmente el consumo de recursos que de esa actividad realiza cada producto.

1.3.3.2. La frecuencia en su ejecución

Tomando como referencia clasificadora la frecuencia en su ejecución, pueden diferenciarse entre: actividades repetitivas y actividades no repetitivas.

1.3.3.2.1. Actividades repetitivas

Son aquellas que se realizan de una manera sistemática y continuada en la instalación, por ejemplo, lavar ropa sucia de gastronomía y de habitaciones.

Poseen como características comunes las de tener prefijado un consumo de recursos estandarizado cada vez que se ejecutan y un objetivo concreto y bien determinado para cada una de ellas.

1.3.3.2.2. Actividades no repetitivas

Son las efectuadas con carácter esporádico u ocasional o incluso una sola vez. Estas deben situarse en el horizonte temporal del corto plazo, por cuanto a un plazo mayor pueden pasar a hacerse repetitivas.

1.3.3.3. Su capacidad para añadir valor al producto o servicio

El concepto de valor añadido puede observarse desde dos ópticas convergentes:

1.3.3.3.1. Perspectiva interna

El concepto ha de ser entendido como el referido a aquellos costos estrictamente necesarios para brindar satisfactoriamente un servicio.

1.3.3.3.2. Proyección externa

Tomando como referencia el mercado, puede interpretarse como todo costo que haga aumentar el interés del cliente por el producto. Desde una perspectiva interna serán consideradas actividades de valor añadido si son estrictamente necesarias para obtener el servicio.

Cuando por lo contrario, la eliminación de una actividad no implique problema alguno para la obtención del citado servicio, se está en presencia de actividades que no añaden valor.

Desde la perspectiva del cliente o externa, será definida una actividad con valor añadido, como aquella que, aplicada sobre el servicio, hace aumentar el interés del cliente por él. En sentido contrario, la actividad sin valor añadido, no ejercerá influencia alguna sobre el cliente en su apreciación por el producto; actividades como: el almacenaje de los productos o el control de calidad, no reportarán ningún valor para el cliente.

Respecto del cliente, se dice que no es solo el consumidor final, sino el usuario siguiente del *output* de una actividad.

1.3.4. Costeo ABC

El manejo de los artículos que se encuentran en el inventario es de vital importancia, ya que estos son los que determinan en gran parte la asignación de costos en el proceso productivo y determinan en un alto grado el nivel de eficiencia y eficacia de la gestión financiera.

El inventario representa una inversión considerable por parte de las empresas industriales, es por ello que se hace indispensable prestarle atención especial a su manejo.

Para realizar una eficiente administración, los responsables de esta área deben controlar todos los niveles del inventario y considerar que este es una inversión significativa que si no se maneja de una forma adecuada, puede convertirse en un problema que afectaría la gestión financiera de la empresa.

Una empresa que tenga un gran número de artículos de inventario debe analizar cada uno de ellos para determinar la inversión aproximada por unidad.

Varias organizaciones tienen en sus bodegas una gran cantidad de artículos sin una misma característica; muchos artículos son relativamente de bajo costo, en tanto que otros son bastante costosos y representan gran parte de la inversión de la empresa. Algunos de los artículos del inventario, aunque no son especialmente costosos, tienen una rotación baja y en consecuencia exigen una inversión considerable; otros artículos, aunque tienen un costo alto por unidad, rotan con rapidez para que la inversión necesaria sea relativamente baja.

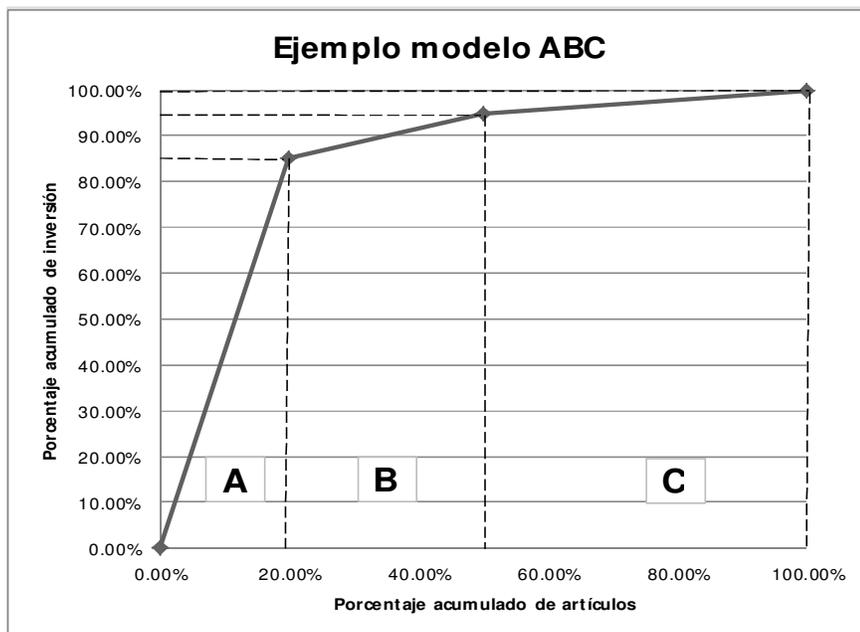
En la mayoría de las empresas, el 20 % de los artículos corresponden al 90 % de la inversión del inventario; mientras que el 80 % restante de los artículos corresponde solamente al 10 % de dicha inversión; es por ello que se hizo necesario formular un sistema de asignación en la prioridad que se le da a las existencias que maneja la empresa.

La aplicación del sistema de costos ABC en una empresa para el control de inventarios se empieza por la clasificación en grupos de artículos así:

- Los artículos "A": son los artículos más importantes para la gestión de aprovisionamiento, forman aproximadamente el 20 % de los artículos del almacén y, en conjunto, pueden sumar del 60 al 80 % del valor total de las existencias. Estas existencias hay que controlarlas y analizarlas estricta y detalladamente, dado que tienen el valor económico más relevante para el aprovisionamiento.

- Los artículos “B”: son existencias menos relevantes para la empresa que las anteriores. A pesar de ello, se debe mantener un sistema de control, pero menos estricto que el anterior. Pueden suponer el 30 % de los artículos del almacén, con un valor de entre el 10 y el 20 % del almacén.
- Los artículos “C”: son existencias que tienen poca relevancia para la gestión de aprovisionamiento. Por tanto, no hay que controlarlas específicamente; es suficiente con los métodos más simplificados y aproximados. Representan aproximadamente el 50 % de las existencias de la empresa, pero menos del 5 o 10 % del valor total del almacén. Normalmente se recomienda disponer de existencias de seguridad altas para estos artículos poco importantes, con la intención de minimizar los inconvenientes causados por una rotura de existencias.

Figura 7. **Modelo ABC**



Fuente: elaboración propia.

Aunque el sistema de costeo ABC tiene algunas deficiencias estructurales, es un método excelente para determinar el grado de intensidad de control que se debe dedicar a cada artículo del inventario.

El diferenciar el inventario en artículos “A”, “B” y “C” permite que la empresa determine el nivel y los tipos de procedimientos de control de inventario necesarios. El control de los artículos “A” debe ser muy intensivo por razón de la inversión considerable que se hace. A este tipo de artículos se les debe implementar las técnicas más sofisticadas de control de inventarios. Los artículos “B” se pueden controlar utilizando técnicas menos sofisticadas pero eficientes en sus resultados. En los artículos “C” el control que se realiza es mínimo.

Debe tenerse en cuenta que el modelo de costeo ABC de control de inventarios no tiene aplicación en todas las empresas, ya que ciertos artículos que son de bajo costo, pueden ser definitivos en el proceso de producción y no son de fácil adquisición en el mercado, es por ello que necesitan una atención especial.

El control que se ejerce en este sistema se relaciona directamente con el control que se hace de los costos, ya que al tener una mejor distribución de los inventarios, el costo de almacenamiento, mantenimiento, vigilancia, pérdidas y obsolescencia, se pueden contrastar de una mejor forma.

1.3.5. Ejemplo de modelo ABC

El sistema de clasificación ABC es un método ampliamente usado para categorizar inventarios de acuerdo con la cantidad y el valor. La siguiente tabla resume las características clave del sistema.

Tabla V. **Ejemplo ABC**

| Grupos | Cantidad (% de artículos) | Valor (% del total) | Grado de control | Tipo de registro | Inventarios de seguridad | Procedimiento de pedido |
|-------------|---------------------------|---------------------|------------------|------------------|--------------------------|--|
| Artículos A | 10 – 20 | 70 – 80 | Intenso | Complejo, seguro | Bajo | Cuidadoso, seguro, revisiones frecuentes |
| Artículos B | 30 – 40 | 15 – 20 | Normal | Complejo, seguro | Moderado | Pedidos normales, alguna rapidez |
| Artículos C | 40 – 60 | 5 – 10 | Simple | Simplificado | Grande | Órdenes periódicas; abastecimiento de 1 a 2 años |

Fuente: elaboración propia.

La aplicación del sistema de costos ABC en una empresa para el control de inventarios se empieza por la clasificación de artículos, teniendo en consideración los porcentajes en cantidades físicas y la inversión necesaria. Este sistema ayuda a clasificar los inventarios en tres categorías:

- A: muy importante
- B: medianamente importante
- C: poco o nada importante

Al aplicar el sistema de clasificación ABC es importante recordar lo expuesto por el economista italiano Pareto referente a que el 20 % más importante de la causa es la responsable del 80 % del efecto.

1.3.6. Fases y etapas para implementar el modelo ABC

Las fases y etapas para implementar este modelo se describen a continuación.

1.3.6.1. Fase I: determinación del costo de las actividades de cada centro

- Primera etapa: localización de los costos indirectos en los centros. Se procede a localizar los cargos indirectos respecto del producto en cada uno de los centros en los que se encuentre dividida la empresa, de manera similar a como lo hacen los modelos tradicionales. Esta localización se limita a situar los cargos en el centro donde se realiza la actividad a la que después se traspasará.
 - En algunas exposiciones del modelo de costos ABC, no siempre se incluye esta etapa. Sin embargo, se observa una tendencia creciente a hacer una referencia expresa a los centros de costos para situar en ellos las actividades.
 - Una adecuada división de la empresa o instalación en centros de actividad, que estén orientados principalmente hacia las propias actividades, potencia la aplicación del modelo ABC y la ejecución de su proceso contable. No lo desvirtúa, puesto que no sustituye la aparición de las actividades.
- Segunda etapa: identificación de actividades por centros. En el ámbito de cada centro generalmente tiene lugar la ejecución de actividades diferentes. Precisamente aquí se identifican y clasifican cada una de las

actividades que se realizan en cada centro, constituyendo una de las etapas más delicadas e importantes. Para ello, uno de los procedimientos que se utilizan es el cuestionario o entrevista entre personas integradas a los centros. Es muy importante el descubrimiento de todas las actividades que se realizan en la instalación. Además se debe señalar que las actividades deben recibir solo costos directos con relación a ellas, es decir, no se ha de llevar a cabo ninguna asignación para trasladar costos indirectos a las actividades. La selección de las actividades ha de eliminar la existencia de costos indirectos respecto de ellas.

- Tercera etapa: elección de *costdrivers* o generadores de costos de las actividades. Supone un momento crucial en estos procesos de asignación. Dentro de cada actividad se deberá elegir aquel *costdriver*, portador o inductor de costos, que mejor respete la relación causa - efecto entre: consumo de recursos → actividad → recursos. Asimismo, se deberá tender, entre los que cumplan la anterior condición, hacia el más fácil de medir e identificar.
- Cuarta etapa: reclasificación de actividades. Como se abordó anteriormente, dentro de los distintos centros de costos, pueden existir idénticas o similares actividades; en este sentido son actividades comunes. Se trata de agregar esas acciones para simplificar los procesos de asignación y además para determinar los costos originados por cada una de las diferentes actividades. Para tal fin, se agrupan las actividades de similares características, formándose así los costos totales por actividad.
- Quinta etapa: reparto de los costos entre las actividades. Identificadas y definidas cada una de las actividades de los centros, el proceso se

completa en esta quinta etapa, con la distribución o reparto de los costos localizados en los centros, entre las distintas actividades que lo han generado. Este reparto no es, en general, complejo, dado que en la mayor parte de las ocasiones es posible identificar de manera directa y simple los costos ocasionados por las distintas actividades dentro de cada centro, por lo que su determinación no debe resultar problemática; no obstante, en presencia de repartos difíciles de efectuar, se necesitará disponer de la suficiente información para que el reparto realizado no se lleve a cabo de manera subjetiva.

- Sexta etapa: cálculo del costo de los generadores de costos. Conocidos los costos de las actividades, y determinados los generadores de costos para cada una de ellas, el costo unitario se determina dividiendo los costos totales de cada actividad entre el número de generadores de costos. El costo unitario del generador de costos representa la medida del consumo de recursos que cada inductor ha necesitado para llevar a cabo su misión, o en otros términos, el costo que cada inductor genera dentro de una actividad concreta.

1.3.6.2. Fase II: determinación del costo de los productos

- Séptima etapa: asignación de los costos de las actividades a los productos. Tiene una profunda significación en el modelo ABC, pues los productos consumen actividades, y las actividades recursos, siendo los generadores o inductores, los que relacionan de manera directa a unos y otros, por lo que, llegado este momento en el proceso de asignación, son conocidos ya los costos generados por cada portador de costos; asimismo, y de acuerdo con la correspondencia directa entre estos y los

productos, se puede saber de manera inmediata el consumo que cada producto ha hecho de cada actividad. El consumo realizado de cada actividad vendrá expresado por el número de prestaciones con las que la actividad ha contribuido a la formación del producto.

- Octava etapa: asignación de los costos directos a los productos. Los costos directos respecto del producto no han intervenido en las etapas anteriores del proceso contable del modelo ABC. El proceso de asignación terminará trasladando los costos directos en relación con el producto.

Conviene hacer un apartado respecto de la mano de obra directa. El modelo ABC propugna la asignación de la mano de obra directa a las actividades y su reparto desde estas a los productos, de acuerdo con un portador de costo representativo, como es el caso del número de horas consumidas en cada actividad por los diferentes productos. La mano de obra directa, suele representar una parte del costo de muchas actividades, por lo que de no tenerse en cuenta, se estaría deformando el costo total de las actividades.

A los efectos del valor práctico del modelo, consideran que debería cuantificarse el tiempo que dedica cada empleado en el desarrollo de sus actividades, evitando así, considerar en algunos casos la mano de obra indirecta respecto de las actividades y permitiendo a su vez un mayor control sobre la plantilla de cargos y sobre el aprovechamiento del fondo de tiempo. Por tanto, los costos directos a repartir, solo harán referencia a los materiales consumidos, que se trasladarán al costo de los productos a nivel unitario, de acuerdo con las cantidades físicas que hayan necesitado.

Esta metodología se ha trabajado a través del enfoque de procesos, puesto que las empresas son tan eficientes como lo son sus procesos y teniendo en cuenta la complejidad y dinamismo que ha adquirido el entorno de las organizaciones, así como la necesidad de enfrentar los nuevos retos del mercado, se necesita contar con un sistema de control que posibilite la toma de decisiones basado no sólo en el análisis económico – financiero, sino que logre una valoración integral de la gestión y sirva de herramienta en la ubicación de desviaciones en los diferentes procesos que la conforman.

Cada vez más el éxito de toda organización depende de que sus procesos empresariales estén alineados con su estrategia, misión y objetivos; por esto el principal punto de análisis lo constituye precisamente la gestión en la empresa basada en los procesos que la integran.

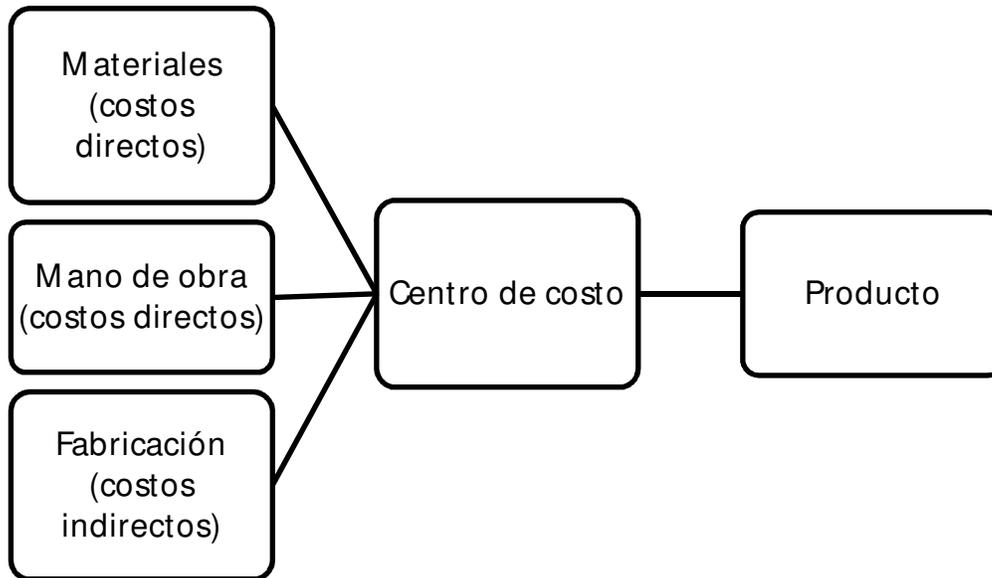
1.3.7. Comparación de ABC y los sistemas tradicionales de costeo

El enfoque de la contabilidad de costos por actividades para la gestión de costos divide la empresa en actividades. Una actividad describe lo que la empresa hace, la forma en que el tiempo se consume y las salidas de los procesos.

La principal función de una actividad es convertir recursos (materiales, mano de obra, tecnología) en salidas.

Históricamente se han cargado los costos a los productos de la manera que se presenta en la siguiente figura.

Figura 8. **Costos en productos históricamente**

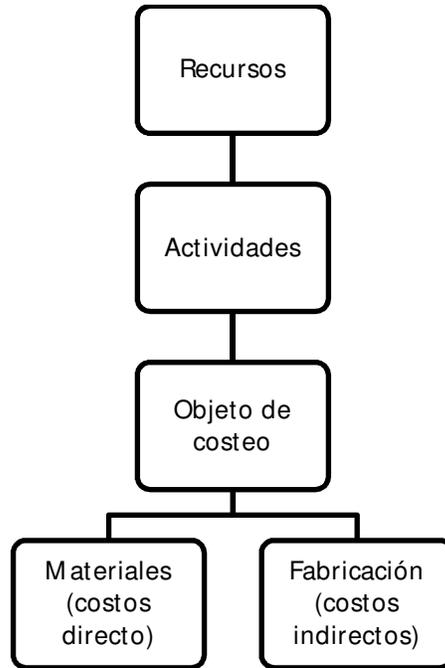


Fuente: elaboración propia.

Realmente para poder elaborar un producto se necesitan unos costos (recursos); pero estos recursos no los consumen los productos, sino unas actividades que se realizan para poder elaborarlos. El producto consume actividades y las actividades a su vez consumen recursos.

Cabe aclarar que bajo este sistema, los productos no son solamente susceptibles de costeo, sino todo aquello que consuma actividades:

Figura 9. **Costos en el modelo ABC**



Fuente: elaboración propia.

2. INVENTARIOS

Los inventarios son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización.

2.1. Introducción

Los inventarios comprenden, además de las materias primas, productos en proceso y productos terminados o mercancías para la venta, los materiales, repuestos y accesorios para ser consumidos en la producción de bienes fabricados para la venta o en la prestación de servicios; empaques y envases y los inventarios en tránsito.

La base de toda empresa comercial es la compra y venta de bienes o servicios; de aquí la importancia del manejo del inventario por parte de la misma.

Este manejo contable permitirá a la empresa mantener el control oportunamente, así como también conocer al final del período contable un estado confiable de la situación económica de la empresa.

Ahora bien, el inventario constituye las partidas del activo corriente que están listas para la venta, es decir, toda aquella mercancía que posee una empresa en el almacén valorada al costo de adquisición, para la venta o actividades productivas.

2.2. Importancia

La administración de los inventarios es de vital importancia, por el monto de la inversión que generalmente se requiere, así como por la complejidad y grado de dificultad que implica una administración financiera efectiva, la que tendrá como finalidad mantener y/o aumentar la productividad de la empresa, ya que si no hay inventarios no hay ventas y pedidos de mercado, y si no hay ventas no hay utilidad, que en cierto plazo llevaría a cierre del negocio.

Para lograr una administración efectiva es necesario establecer políticas que deben ser formuladas conjuntamente por las áreas de ventas, producción y finanzas. Estas políticas consisten principalmente en la fijación de parámetros para el control de la inversión, mediante el establecimiento de niveles máximos de inventarios que produzcan tasa de rotación aceptable y constante.

Los niveles máximos se establecen en días de producción para las materias primas y productos en proceso y en días de entrada para los productos terminados, fijándose los días que se juzgen apropiados de acuerdo con las circunstancias. Debe tenerse cuidado, pues esta política no es susceptible de establecerse con parámetros fijos o rígidos cuando hay variaciones estacionales drásticas y marcadas.

Cuando existe una tasa de inflación alta de más de un dígito y la tasa de inflación rebasa en forma considerable el costo del dinero en el mercado local, aparece normalmente la escasez de materias primas como repercusión natural de la inflación y por provocación artificial a través del ocultamiento con fines especulativos.

Ambas hacen que se dispare la tasa de inflación por lo que la administración de los inventarios no debe hacerse a través de las compras especulativas, así como el que la inversión en inventarios se salga de los parámetros razonables.

La sobreinversión en inventarios es una protección desde el punto de vista económico. Constituye una medida de protección para la empresa minimizar el efecto nocivo acelerada, pero tiene un costo de oportunidad considerable que debe ser cuantificado.

Con base en lo anterior, la administración de la empresa deberá vigilar de cerca cuál de las alternativas habrá de seguirse, pudiéndose decir como regla general que si la tasa de inflación supera al costo del capital, deberá optarse por elevar la inversión en inventarios, hasta donde y cuando la liquidez de la empresa lo permita.

El administrador debe evitar la erosión del margen de utilidad bruta para conservar la productividad de la empresa.

Una alternativa que en ocasiones produce resultados efectivos para disminuir la inversión en inventarios, es la reducción del número de materias primas, empaque, etc. que se emplean en la producción, estudiándose en conjunto con los departamentos técnicos, comercialización o ventas y fabricación.

Los resultados que se obtienen en ocasiones son sorprendentes, debido a que generalmente existe una falta de estandarización y políticas de adquisición congruentes para la optimización de la inversión en los inventarios.

Una parte importante en la administración financiera de los inventarios lo constituye el contacto formal y continuo del departamento de compras y la dirección, con los proveedores de las principales materias primas que se consumen en la producción de la empresa, tratando de optimizar plazos, embarques, modo de envío, medio de transporte, etc., pues lo anterior redundará en buenos frutos y será un medio importante para mantener la inversión en inventarios dentro de los parámetros aprobados y los niveles deseados.

2.3. Control de inventarios

La contabilidad para los inventarios forma parte muy importante para los sistemas de control de mercancías, porque su venta es el corazón del negocio. El inventario es, por lo general, el activo mayor en sus balances generales, y los gastos por este rubro, llamados costo de mercancías vendidas, son usualmente el gasto mayor en el estado de resultados.

Las empresas dedicadas a la compra y venta de mercancías, por ser esta su principal función y la que dará origen a las operaciones restantes, necesitarán de una constante información resumida y analizada sobre sus inventarios, lo cual obliga a la apertura de una serie de cuentas principales y auxiliares relacionadas con esos controles. Entre estas cuentas se pueden nombrar las siguientes:

- Inventario (inicial)
- Compras
- Devoluciones en compra
- Gastos de compras
- Ventas

- Devoluciones en ventas
- Mercancías en tránsito
- Mercancías en consignación
- Inventario (final)

El inventario Inicial representa el valor de las existencias de mercancías en la fecha que comenzó el período contable. Esta cuenta se abre cuando el control de los inventarios, en el mayor general, se lleva con base en el método especulativo, y no vuelve a tener movimiento hasta finalizar el período contable cuando se cerrará, con cargo a costo de ventas o bien por pérdidas y ganancias directamente.

En la cuenta compras se incluyen las mercancías compradas durante el período contable con el objeto de volver a venderlas con fines de lucro y que forman parte del objeto para el cual fue creada la empresa. No se incluye la compra de terrenos, maquinarias, edificios, equipos, instalaciones y otros. Esta cuenta tiene un saldo deudor, no entra en el balance general de la empresa, y se cierra por pérdidas y ganancias o costo de ventas. Devoluciones en compra, se refiere a la cuenta que es creada con el fin de reflejar toda aquella mercancía comprada que la empresa devuelve por cualquier circunstancia; aunque esta cuenta disminuirá, la compra de mercancías no se abonará a la cuenta compras.

Los gastos ocasionados por las compras de mercancías deben dirigirse a la cuenta titulada: gastos de compras. Esta cuenta tiene un saldo deudor y no entra en el balance general. La cuenta de ventas controlará las ventas de mercancías realizadas por la empresa y que fueron compradas con este fin. Por otro lado también están las devoluciones en venta, la cual está creada para reflejar las devoluciones realizadas por los clientes a la empres

En algunas oportunidades, especialmente si la empresa realiza compras en el exterior, se puede ver que han sido efectuados ciertos desembolsos o adquirido compromiso de pago (documentos o giros) por mercancías que la empresa adquirió, pero que, por razones de distancia o cualquier otra circunstancia, aún no han sido recibidas en el almacén. Para contabilizar este tipo de operaciones se debe utilizar la cuenta: mercancías en tránsito.

Por otro lado, se tiene la cuenta llamada mercancía en consignación, que no es más que la cuenta que reflejarán las mercancías que han sido adquiridas por la empresa en "consignación", sobre la cual no se tiene ningún derecho de propiedad, por lo tanto, la empresa no está en la obligación de cancelarlas hasta que no se hayan vendido.

El inventario actual (final) se realiza al finalizar el período contable y corresponde al inventario físico de la mercancía de la empresa y su correspondiente valoración. Al relacionar este inventario con el inicial, con las compras y ventas netas del periodo, se obtendrán las pérdidas y ganancias brutas en ventas de ese período. El control interno de los inventarios se inicia con el establecimiento de un departamento de compras, que deberá gestionar las compras de los inventarios, siguiendo el proceso de compras.

2.4. Funciones de los inventarios

Algunos inventarios son inevitables. Una parte del inventario de manufactura en proceso es inevitable. Al momento de llevar a cabo el recuento del inventario, parte de él estará en las máquinas, otra parte estará en la fase de traslado de una máquina a otra, o en tránsito del almacén de materias primas a la línea de producción, o de esta al almacén de artículos terminados.

Si se va a tener producción es inevitable tener inventarios en proceso. Sin embargo, frecuentemente se puede minimizar este inventario mediante una mejor programación de la producción, o bien mediante una organización más eficiente de la línea de producción.

Como una alternativa, se podría pensar en subcontratar parte del trabajo, de tal manera que la carga de llevar dicho inventario en proceso fuera para el subcontratista. En ocasiones conviene acumular inventario en proceso para evitar problemas relacionados con la programación y planeación de la producción. Si se trata de una política bien pensada, está bien; sin embargo frecuentemente resulta ser un camino fácil para obviar una tarea difícil.

El resto del inventario que se tenga en accesorios, materias primas, artículos en proceso y artículos terminados, simplemente se mantiene por una razón básica. Principalmente se tiene inventarios porque permiten realizar las funciones de compras, producción y ventas a distintos niveles.

- Funciones:
 - Eliminación de irregularidades en la oferta
 - Compra o producción en lotes o tandas
 - Permite a la organización manejar materiales perecederos
 - Almacenamiento de mano de obra

- Todos los sistemas de inventarios incorporan un sistema de control que se responsabiliza de las siguientes funciones:
 - Mantener un registro actualizado de las existencias. La periodicidad de la actualización varía de una empresa a otra y

depende, además, del tipo de producto de que se trate (de su valor, de su importancia para el mantenimiento de la actividad de la empresa, etc.)

- Informar sobre el nivel de existencias para saber cuándo se debe hacer un pedido y cuánto se debe pedir de cada uno de los productos. En muchos casos, se establecen reglas de decisión relativas a sistemas de pedido constante (Q) o de periodo constante (P) y el propio sistema informático que registra las existencias, extiende una orden de pedido en el momento adecuado y del tamaño preciso.
- Notificar situaciones fuera de lo común que pueden constituir síntomas de errores o de un mal funcionamiento del sistema, como el sistemático exceso de inventarlos; la realización de un pedido extraordinariamente grande o pequeño dadas las existencias, o la excesiva frecuencia de las rupturas de stocks.
- Elaborar informes para la dirección y para los responsables de los inventarios.

2.4.1. Relación de los inventarios con las distintas áreas de la empresa

En la mayoría de los negocios, los inventarios representan una inversión relativamente alta y producen efectos importantes sobre todas las funciones principales de la empresa. Cada función tiende a generar demandas de inventario diferente y a menudo incongruente.

- Ventas: se necesitan inventarios elevados para hacer frente con rapidez a las exigencias del mercado.
- Producción: se necesitan elevados inventarios de materias primas para garantizar la disponibilidad en las actividades de fabricación; un colchón permisiblemente grande de inventarios de productos terminados facilita niveles de producción estables.
- Compras: las compras elevadas minimizan los costos por unidad y los gastos de compras en general. Al comprar por volumen se logran descuentos comerciales y se disminuyen los gastos de administración y transporte.
- Financiación: los inventarios reducidos minimizan las necesidades de inversión (corriente de efectivo) y disminuyen los costos de mantener inventarios (almacenamiento, antigüedad, riesgos, instalaciones, etc.).
- Bodega y mano de obra: el manejo de un alto *stock* de inventarios, requerirá de más mano de obra, para su almacenamiento y por lo tanto mayores costos para la empresa.

2.4.2. Decisiones sobre inventario

Hay dos decisiones básicas de inventario que los gerentes deben hacer cuando intentan llevar a cabo las funciones de inventario recién revisadas. Estas dos decisiones se hacen para cada artículo en el inventario:

- Qué cantidad de un artículo va a ordenarse, cuando el inventario de ese ítem se va a reabastecer.

- Cuándo reabastecer el inventario de ese artículo.

2.5. Políticas de inventarios

Las políticas de inventarios deben tener como objetivo elevar al máximo el rendimiento sobre la inversión, satisfaciendo las necesidades del mercado.

La adquisición de inventarios conlleva un costo de mantenimiento del inventario, un costo por compra y otros costos que serán tratados en las secciones siguientes.

Las políticas de inventarios deben ser fijadas para cada uno de los diferentes conceptos, como: materias primas y materiales auxiliares de fabricación, producción en proceso, artículos terminados, artículos de compra-venta, etc., porque cada una de estas inversiones de activo presentan condiciones peculiares para su administración, específicas para su compra, consumo y procesamiento, para su custodia o venta, etc.

La administración de los inventarios tiene que fijar las políticas, siendo las principales:

- Reducir al máximo la inversión de inventarios en días de inversión sin afectar la demanda del mercado (ventas) y al proceso productivo. Para el anterior es necesario fijar los niveles de inversión para cada concepto de inventarios y tipo de producto, material, etc., con la flexibilidad de cambio que requiera la demanda del mercado. La empresa financia la inversión de los inventarios y el dinero tiene un costo de oportunidad. Por ejemplo, si la inversión promedio en inventarios es al año de \$100,000 y el costo de oportunidad del dinero es de 20 % anual, el costo de financiamiento

sería de \$20,000 al año, además de los costos inherentes de almacenamiento. Por lo tanto la empresa debe tratar de reducir la inversión de los inventarios para maximizar los rendimientos.

- Obtener el máximo financiamiento (sin costo) a través de proveedores, para la adquisición de inventarios. El financiamiento no solo incluye el monto del crédito, sino también el plazo de pago. Sería ideal que las ventas y consumos de los inventarios coincidieran con el pago a proveedores, porque de esta manera no se asignarían recursos del capital de la empresa para inventarios. En algunas ocasiones se pueden establecer contratos de consignación, lo que representa de otra forma lo señalado anteriormente.
- Cuando el crédito de proveedores es mayor que el tiempo en que los inventarios se venden, se produce una utilidad financiera que no se refleja como tal en la información financiera. La utilidad se genera por que se tienen recursos a través del financiamiento de proveedores sin costo de oportunidad.
- Fijar el nivel aceptable de surtido de productos en los pedidos de los clientes. Para afrontar la demanda sin problemas de existencias, se requiere elevar el nivel de inventarios, satisfaciendo la demanda y sirviendo ciento por ciento al mercado, pero resulta extremadamente costoso tener inventarios estáticos paralizando un capital que tiene un costo de oportunidad elevado. Se debe determinar el nivel apropiado de los inventarios sin distraer fondos ni afectar en forma importante el servicio de los clientes.

- Cuando se tiene únicamente un producto para comercializar, el nivel aceptable de faltantes deberá ser cero, siempre se debe tener existencias. A medida que aumentan los productos, tipos, colores, tamaños, etc., deben fijarse parámetros de aceptación para no mantener inventarios muy altos y así poder cubrir la demanda variable del mercado con pocos faltantes. En los productos de alto consumo deben vigilarse las existencias y pronósticos de venta en forma permanente, para que siempre se tengan existencias.
- Mantener las existencias de inventarios en artículos "A", mediante una administración personalizada.
- Vigilar la exposición de los inventarios ante la inflación y la devaluación de la moneda. Los inventarios son activos no monetarios que no están expuestos a la inflación y devaluación de la moneda. Este concepto del activo circulante tiene generalmente una influencia muy importante en el resultado por retención de activos no monetarios, y contrarresta las pérdidas por exposición de los activos monetarios.

La productividad se mejora con una producción o compra con el mínimo de almacenaje, sin retraso y a una gestión de calidad integrada en materia prima, procesos y productos terminados, además de productos de compra-venta.

2.6. Formas de inventarios

Las formas de inventarios pueden variar según se trate de productos terminados, productos en proceso de fabricación, materias primas o suministros de fábricas.

2.6.1. Inventario de productos terminados

Aquí se registran aquellos bienes cuya elaboración ha concluido, y han sido aprobados por los controles de calidad. Es decir que esta clase de inventarios está constituida por todos los artículos manufacturados, aptos para la comercialización.

2.6.2. Inventario de productos en proceso de fabricación

Se refiere a aquellos inventarios compuestos por la contabilización de bienes parcialmente elaborados o manufacturados. Se registran de acuerdo con la cantidad de materiales, mano de obra y gastos de fabricación que recaerán sobre los mismos.

2.6.3. Inventario de materias primas

Se conforma por aquellos materiales utilizados para la elaboración de nuevos productos, pero que aún no han sido sometidos a proceso de transformación alguno. Se diferencian de los suministros de fábrica, en el hecho de que los primeros sí pueden contabilizarse.

2.6.4. Inventario de suministros de fábrica

Está constituido por aquellos elementos utilizados para la fabricación del producto, pero que no se pueden cuantificar estrictamente. Es decir, los suministros de fábrica no se identifican como parte del artículo, aunque son utilizados en el proceso su elaboración. Esto se debe a que las cantidades manipuladas de estos suministros son intrascendentes. Por ejemplo, clavos, lijas, etc.

2.7. Tipos de inventarios

En relación con su duración, los inventarios pueden ser perpetuos, intermitentes, final, inicial, físico, mixto, por producto terminado, materia prima, en proceso, etc.

2.7.1. Inventario perpetuo

Es el que se lleva en continuo acuerdo con las existencias en el almacén, por medio de un registro detallado que puede servir también como mayor auxiliar, donde se llevan los importes en unidades monetarias y las cantidades físicas. A intervalos cortos, se toma el inventario de las diferentes secciones del almacén y se ajustan las cantidades o los importes o ambos, cuando es necesario, de acuerdo con la cuenta física.

Los registros perpetuos son útiles para preparar los estados financieros mensuales, trimestrales o provisionalmente. El negocio puede determinar el costo del inventario final y el costo de las mercancías vendidas directamente de las cuentas sin tener que contabilizar el inventario. El sistema perpetuo ofrece un alto grado de control, porque los registros de inventario están siempre actualizados.

Anteriormente, los negocios utilizaban el sistema perpetuo principalmente para los inventarios de alto costo unitario, como las joyas y los automóviles; hoy en día con este método los administradores pueden tomar mejores decisiones acerca de las cantidades a comprar, los precios a pagar por el inventario, la fijación de precios al cliente y los términos de venta a ofrecer. El conocimiento de la cantidad disponible ayuda a proteger el inventario.

2.7.2. Inventario intermitente

Es un inventario que se efectúa varias veces al año. Se recurre a él por razones diversas, no se puede introducir en la contabilidad del inventario contable permanente, al que se trata de suplir en parte.

2.7.3. Inventario final

Es aquel que realiza el comerciante al cierre del ejercicio económico, generalmente al finalizar un periodo, y sirve para determinar una nueva situación patrimonial en ese sentido, después de efectuadas todas las operaciones mercantiles de dicho periodo.

2.7.4. Inventario inicial

Es el que se realiza al dar comienzo a las operaciones.

2.7.5. Inventario físico

Es el inventario real. Es contar, pesar o medir y anotar cada una de las diferentes clases de bienes (mercancías), que se hallen en existencia en la fecha del inventario, y evaluar cada una de dichas partidas. Se realiza como una lista detallada y valorada de las existencias. Este inventario es determinado por observación y comprobado con una lista de conteo, de peso, o a la medida real obtenidos. El cálculo del inventario se realiza mediante un listado del *stock* realmente poseído. La realización de este inventario tiene como finalidad, convencer a los auditores de que los registros del inventario representan fielmente el valor del activo principal.

La preparación de la realización del inventario físico consta de cuatro fases, a saber:

- Manejo de inventarios (preparativos)
- Identificación
- Instrucción
- Adiestramiento

2.7.6. Inventario mixto

Inventario de una clase de mercancías cuyas partidas no se identifican o no pueden identificarse con un lote en particular.

2.7.7. Inventario de productos terminados

Todas las mercancías que un fabricante ha producido para vender a sus clientes.

2.7.8. Inventario en tránsito

Se utilizan con el fin de sostener las operaciones para abastecer los conductos que ligan a la compañía con sus proveedores y sus clientes, respectivamente. Existen porque el material debe de moverse de un lugar a otro.

Mientras el inventario se encuentra en camino, no puede tener una función útil para las plantas o los clientes; existe exclusivamente por el tiempo de transporte.

2.7.9. Inventario de materia prima

Representan existencias de los insumos básicos de materiales que habrán de incorporarse al proceso de fabricación de una compañía.

2.7.10. Inventario en proceso

Son existencias que se tienen a medida que se añade mano de obra, otros materiales y demás costos indirectos a la materia prima bruta, la que llegará a conformar ya sea un subensamble o el componente de un producto terminado; mientras no concluya su proceso de fabricación, ha de ser inventario en proceso.

2.7.11. Inventario en consignación

Es aquella mercadería que se entrega para ser vendida, pero el título de propiedad lo conserva el vendedor.

2.7.12. Inventario máximo

Debido al enfoque de control de masas empleado, existe el riesgo de que el nivel del inventario pueda llegar demasiado alto para algunos artículos. Por lo tanto, se establece un nivel de inventario máximo. Se mide en meses de demanda pronosticada, y la variación del excedente es: $X > I_{max}$.

2.7.13. Inventario mínimo

Es la cantidad mínima de inventario a ser mantenida en el almacén.

2.7.14. Inventario disponible

Es aquel que se encuentra disponible para la producción o venta.

2.7.15. Inventario en línea

Es aquel inventario que aguarda a ser procesado en la línea de producción.

2.7.16. Inventario agregado

Se aplica cuando al administrar las existencias de un único artículo representa un alto costo; para minimizar el impacto del costo en la administración del inventario, los artículos se agrupan ya sea en familias u otro tipo de clasificación de materiales de acuerdo con su importancia económica.

2.7.17. Inventario en cuarentena

Es aquel que debe de cumplir con un periodo de almacenamiento antes de disponer del mismo, es aplicado a bienes de consumo, generalmente comestibles u otros.

2.7.18. Inventario de previsión

Sirven para cubrir una necesidad futura perfectamente definida. Se diferencia con los de seguridad, en que se tienen a la luz de una necesidad que se conoce con certeza razonable y por lo tanto, involucra un menor riesgo.

2.7.19. Inventario de seguridad

Son aquellos que existen en un lugar dado de la empresa como resultado de incertidumbre en la demanda u oferta de unidades en dicho lugar. Los inventarios de seguridad concernientes a materias primas, protegen contra la incertidumbre de la actuación de proveedores debido a factores como el tiempo de espera, huelgas, vacaciones o unidades que al ser de mala calidad no podrán ser aceptadas. Se utilizan para prevenir faltantes debido a fluctuaciones inciertas de la demanda.

2.7.20. Inventario de mercaderías

Son las mercaderías que se tienen en existencia, aún no vendidas, en un momento determinado.

2.7.21. Inventario de fluctuación

Estos se llevan porque la cantidad y el ritmo de las ventas y de producción no pueden decidirse con exactitud. Estas fluctuaciones en la demanda y la oferta pueden compensarse con los *stocks* de reserva o de seguridad. Se aplican cuando el flujo de trabajo no puede equilibrarse completamente. Pueden incluirse en un plan de producción, de manera que los niveles de la misma no tengan que cambiar para enfrentar las variaciones aleatorias de la demanda.

2.7.22. Inventario de anticipación

Son los que se establecen con anticipación a los periodos de mayor demanda, a programas de promoción comercial o a un periodo de cierre de planta.

Básicamente los inventarios de anticipación almacenan horas-trabajo y horas-máquina para futuras necesidades y limitan los cambios en las tasas de producción.

2.7.23. Inventario de lote o de tamaño de lote

Estos se piden en tamaño de lote porque es más económico hacerlo así que pedirlo cuando sea necesario satisfacer la demanda.

Por ejemplo, puede ser más económico llevar cierta cantidad de inventario que pedir o producir en grandes lotes para reducir costos de alistamiento o pedido, o para obtener descuentos en los artículos adquiridos.

2.7.24. Inventario estacionales

Los inventarios utilizados con este fin se diseñan para cumplir más económicamente la demanda estacional variando los niveles de producción para satisfacer fluctuaciones en la demanda.

Se utilizan para suavizar el nivel de producción de las operaciones, para que los trabajadores no tengan que contratarse o despedirse frecuentemente.

2.7.25. Inventario intermitente

Es un inventario realizado con cierto tiempo y no de una sola vez al final del periodo contable.

2.7.26. Inventario permanente

Método seguido en el funcionamiento de algunas cuentas, en general representativas de existencias, cuyo saldo ha de coincidir en cualquier momento con el valor de los *stocks*.

2.7.27. Inventario cíclico

Son inventarios que se requieren para apoyar la decisión de operar según tamaños de lotes. Esto se presenta cuando en lugar de comprar, producir o transportar inventarios de una unidad a la vez, se puede decidir trabajar por lotes; de esta manera, los inventarios tienden a acumularse en diferentes lugares dentro del sistema.

2.8. Clasificación de inventarios

Pueden clasificarse con base en aspectos variados, como a continuación se describen.

2.8.1. Según su concepción logística

Se basan en la causa por la cual fueron creados.

2.8.1.1. Inventarios cíclicos o de lote

Se generan al producir en lotes no de manera continua. Por ejemplo cuando un tornero acumula piezas hasta completar un lote que será enviado al fresado o al siguiente proceso.

Estos inventarios facilitan las operaciones en sistemas clásicos de producción, porque permiten que el sistema productivo no se detenga.

2.8.1.2. Inventarios estacionales

Son aquellos donde se contabilizan productos cuyas demandas dependen de alguna estación o periodo de tiempo específico. Un ejemplo de estos pueden ser: los paraguas, juguetes y artículos de moda.

2.8.1.3. Inventarios de seguridad

Se generan para amortiguar variaciones en la demanda o para cubrir errores en la estimación de la misma.

Estos inventarios derivan del hecho de que la demanda de un bien o servicio proviene usualmente de estudios de mercado que difícilmente ofrecen una precisión total.

2.8.1.4. Inventarios especulativos

Estos se derivan cuando se espera un aumento de precios superior a los costos de acumulación de inventarios; por ejemplo, si las tasas de interés son negativas o inferiores a la inflación.

2.8.2. Según su sistema de registro

Se clasifican con base en el periodo establecido para ejecutarlos.

2.8.2.1. Inventario periódico o físico

No mantiene un registro continuo del inventario disponible, más bien al final del periodo, se realiza un conteo físico del inventario disponible y aplica los costos unitarios para determinar el costo del inventario final. Esta es la cifra de inventario que aparece en el balance general. El sistema periódico es generalmente utilizado para contabilizar los artículos del inventario que tienen un costo unitario bajo. Los artículos de bajo costo pueden no ser lo suficientemente valiosos para garantizar el costo de llevar un registro al día del inventario disponible.

2.8.2.2. Inventario perpetuo o permanente

Se mantiene un registro continuo para cada artículo del inventario. Los registros perpetuos son útiles para preparar los estados financieros mensuales, trimestral o provisionalmente.

El negocio puede determinar el costo del inventario final y el costo de las mercancías vendidas directamente de las cuentas, sin tener que contabilizar el inventario. También ofrece un alto grado de control, porque los registros de inventario están siempre actualizados. El conocimiento de la cantidad disponible ayuda a proteger el inventario.

2.8.3. Según el costo y volumen

- A Alto volumen monetario
- B Volumen monetario medio
- C Bajo volumen monetario

2.8.4. Según el tipo de demanda

Suelen ocurrir con base en la demanda del producto.

2.8.4.1. Demanda independiente

Ocurre cuando un artículo es independiente de la demanda de cualquier otro artículo.

2.8.4.2. Demanda dependiente

Un artículo depende de la demanda de otro.

2.9. Exactitud del inventario y conteos cíclicos

Los registros de los inventarios normalmente difieren del conteo físico real; la exactitud de un inventario depende en la medida en que estos dos coincidan. Compañías como Wall-Mart saben que la exactitud de los inventarios es muy importante y dedican gran esfuerzo para conseguirla. La interrogante sería: ¿qué grado de error es aceptable?

Si el registro muestra un saldo de 683 en el caso de la parte x, pero el cómputo real muestra 652. ¿Todavía está dentro de lo razonable? Suponiendo que el cómputo real arroja 750,67 bienes más que en el registro. ¿Este resultado es mejor que el otro?

El sistema entero de producción debe mostrar concordancia, dentro de un rango especificado entre las existencias que indican los registros y las que realmente hay en el inventario.

Los registros y el inventario podrían no coincidir por muchas razones. Por ejemplo, si las existencias están en un espacio abierto, los artículos pueden ser tomados para efectos legítimos y para otros no autorizados. Alguien pudo haber tomado la mercancía legítimamente pero con prisa y no haber registrado el movimiento.

En ocasiones, las partes son colocadas en un lugar equivocado y aparecen meses después. Con frecuencia las partes son almacenadas en varios lugares, pero su registro se podría perder o el registro de su ubicación podría estar equivocado. En ocasiones, las órdenes para reabastecer las existencias se registran como recibidas cuando, de hecho, no han llegado jamás.

Puede suceder que un grupo de partes sea registrado como salido del inventario sin cancelar el registro. Para conseguir que el sistema de producción fluya ininterrumpidamente sin que falten partes y eficientemente sin que haya saldos excesivos, los registros deben ser exactos.

¿Cómo puede la empresa efectuar registros exactos y tenerlos al día? La primera regla sería teniendo el almacén cerrado con llave. Si solo el personal del almacén tiene acceso y si una de las medidas para la evaluación del desempeño de este personal y los aumentos de sueldo por méritos es la exactitud de los registros, entonces tendrán una fuerte motivación para observar las reglas.

Todos los lugares para guardar el inventario, ya sea un almacén cerrado con llave o la planta de producción, deben contar con un mecanismo para realizar los registros. Otro camino es transmitir al personal la importancia que tienen los registros exactos y confiar en que ayudarán con esta actividad.

Lo anterior se resume en lo siguiente: puede colocarse alrededor del área del almacén una barda que suba hasta el techo, de modo que los trabajadores no la puedan saltar para sacar partes o poner un candado en la puerta y entregar la llave a una sola persona. Nadie puede sacar partes sin que la transacción sea autorizada y registrada.

Otra forma de garantizar la exactitud sería contar el inventario con frecuencia y ajustar el resultado con los registros. Un método usado frecuentemente es el de los conteos cíclicos. Estos constituyen una técnica para levantar inventarios físicos con mayor frecuencia, en lugar de una o dos veces al año. La clave de un buen conteo cíclico y, por tanto, de los registros exactos está en decidir qué artículos se contarán, cuándo se hará y quién será el encargado de realizarlo.

En la actualidad casi todos los sistemas de inventarios están computarizados. Se puede programar la computadora para que genere un aviso de conteo cíclico en los casos siguientes:

- Cuando el registro muestra un saldo bajo o nulo de la mercancía en existencia. (es más fácil contar pocos artículos).
- Cuando el registro muestra un saldo positivo, pero anotó un pedido atrasado acumulado (lo cual indica una discrepancia).
- Después de un nivel especificado de actividad.
- Para señalar una revisión basada en la importancia del artículo (como en el sistema ABC). Tal como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla VI. **Revisión basada en la importancia del artículo**

| Uso anual en dólares | Período entre revisiones |
|-----------------------------|---------------------------------|
| \$10 000 o mayor | 30 días o menos |
| \$3 000 - \$10 000 | 45 días o menos |
| \$250 - \$3 000 | 90 días o menos |
| Menor de \$250 | 180 días o menos. |

Fuente: elaboración propia.

El momento más fácil para contar las existencias es cuando no hay actividad en el almacén o en la planta de producción. Esto significa los fines de semana o durante el segundo o tercer turnos, cuando el local está menos activo.

De no ser posible lo anterior, se requerirá asentar y separar los bienes con más cuidado para contar el inventario, mientras la producción está en marcha y hay transacciones en proceso.

El conteo cíclico dependerá del personal disponible. Algunas empresas programan al personal regular de almacén para que cuente durante los periodos de la jornada laboral que no sean muy activos. Otras compañías contratan empresas privadas para que acudan a contar el inventario. Otras más, usan contadores de tiempo completo durante el ciclo y estos solo se encargan de llevar el inventario y resolver las diferencias con los registros. Si bien este último método parecería muy caro, muchas empresas piensan que, de hecho, es menos caro que el molesto conteo anual del inventario, que se realiza normalmente cuando la empresa cierra dos o tres semanas por vacaciones anuales.

La cuestión del porcentaje de error entre el inventario físico y los registros que pueden ser tolerables, ha sido motivo de muchos debates. Hay compañías que luchan por lograr una exactitud de 100 %; mientras que otras aceptan 1, 2 o 3 % de error. El nivel de exactitud que recomiendan los expertos es ± 0.2 por ciento para los artículos A, $\pm 1\%$ para los artículos B y $\pm 5\%$ para los artículos C.

Sin importar el porcentaje de exactitud que se elija, el punto esencial consiste en seleccionar un nivel lo suficientemente confiable como para contar con existencias de reserva que sirvan de colchón.

La exactitud es importante para que el proceso de producción funcione sin interrupciones, de manera que las órdenes de los clientes puedan ser procesadas y programadas en lugar de permanecer detenidas a causa de una escasez de partes.

2.10. Valuación de inventarios

Existen numerosas bases aceptables para la valuación de los inventarios; algunas de ellas se consideran aceptables solamente en circunstancias especiales, en tanto que otras son de aplicación general.

Entre las cuestiones relativas a la valuación de los inventarios, la de principal importancia es la consistencia: la información contable debe ser obtenida mediante la aplicación de los mismos principios durante todo el periodo contable y durante diferentes periodos contables, de manera que resulte factible comparar los estados financieros de diferentes periodos y conocer la evolución de la entidad económica; así como también comparar con estados financieros de otras entidades económicas.

Las principales bases de valuación para los inventarios son las siguientes:

- Costo
- Costo o mercado, al más bajo
- Precio de venta

2.10.1. Base de costo para la valuación de los inventarios

El costo incluye cualquier costo adicional necesario para colocar los artículos en los anaqueles. Los costos incidentales comprenden el derecho de importación, fletes u otros gastos de transporte, almacenamiento y seguros, mientras los artículos y/o materias primas son transportados o están en almacén, y los gastos ocasionales por cualquier periodo de añejamiento. Al hacer referencia a la base de costo o mercado, debe buscarse el precio más bajo.

El precio de mercado puede determinarse sobre cualquiera de las siguientes bases, según sea el tipo de inventario de que se trate:

2.10.2. Base de compra o reposición

Esta base se aplica a las mercancías o materiales comprados.

2.10.3. Base de costo de reposición

Se aplica a los artículos en proceso; se determina con base en los precios del mercado para los materiales, en los costos prevalecientes de salarios y en los gastos de fabricación corrientes.

2.10.4. Base de realización

Para ciertas partidas de inventario, tales como las mercancías o materias primas desactualizadas, o las recogidas a clientes, puede no ser determinable un valor de compra o reposición y tal vez sea necesario aceptar, como un valor estimado de mercado el probable precio de venta, menos todos los posibles costos en que ha de incurrirse para reacondicionar las mercancías o materia prima y venderlas con un margen de utilidad razonable.

Teniendo como premisa lo anteriormente dicho, se puede decir que los principales métodos de valuación de inventarios son los siguientes:

- Costo identificado
- Costo promedio
- Primero en entrar, primero en salir o "PEPS"
- Ultimo en entrar, primero en salir o "UEPS"
- Método detallista

2.10.5. Método costo identificado

Este método puede arrojar los importes más exactos debido a que las unidades en existencia sí pueden identificarse como pertenecientes a determinadas adquisiciones.

2.10.5.1. Costo promedio

Tal y como su nombre lo indica, la forma de determinarse es sobre la base de dividir el importe acumulado de las erogaciones aplicables, entre el número de artículos adquiridos o producidos.

El costo de los artículos disponibles para la venta se divide entre el total de las unidades disponibles también para la venta. El promedio resultante se emplea entonces para valorizar el inventario final.

Los costos determinados por el método de promedio ponderados son afectados por las compras, tanto al principio del periodo como al final del mismo; por lo tanto, en un mercado que tiende al alza, el costo unitario será menor que el costo unitario calculado corriente, y en un mercado que tiende a la baja, dicho costo unitario excederá al costo corriente.

2.10.6. Método primero en entrar, primero en salir o "PEPS"

Se basa en el supuesto de que los primeros artículos y/o materias primas en entrar al almacén o a la producción son los primeros en salir de él.

Se ha considerado conveniente este método porque da lugar a una valuación del inventario concordante con la tendencia de los precios; puesto que se presume que el inventario está integrado por las compras más recientes y esta valorizado a los costos también más recientes, la valorización sigue entonces la tendencia del mercado.

2.10.7. Método último en entrar, primero en salir o "UEPS"

Este método parte de la suposición de que las últimas entradas en el almacén o al proceso de producción, son los primeros artículos o materias primas en salir. El método UEPS asigna los costos a los inventarios bajo el supuesto que las mercancías que se adquieren de último son las primeras en utilizarse o venderse, por lo tanto el costo de la mercadería vendida quedará valuado a los últimos precios de compra con que fueron adquiridos los artículos.

De forma contraria, el inventario final es valorado a los precios de compra de cada artículo en el momento que se dio la misma.

Entre los beneficios que ofrece este método para efectos fiscales se pueden citar los siguientes:

- El reconocimiento de los costos más recientes de los artículos vendidos. Esto implica que cuando se valúa el costo de la mercadería vendida se aplicarán los últimos precios de compra, y en economías como la nuestra, se ha demostrado que los precios tienden a subir, lo que provoca que el costo de mercancías vendidas sea mayor que si es valuado a precios menos recientes; por tal motivo, las utilidades tienden a disminuirse y por ende en el pago de impuestos sobre la renta será menor.
- La valuación del inventario final de cada periodo genera un monto menor al que resultaría de aplicar cualquier otro método de valuación, pues se utilizan los precios más viejos de compra, según el extracto a que se refiere.

Existen dificultades de la metodología del UEPS a la hora de su aplicación:

- La laboriosidad del mismo exige un control minucioso para cada línea de producto.
- La reducción de significativa en cantidad de algunas partidas del inventario cuando otras similares aumentan no compensa su valoración, sino por el contrario tienden a desaparecer la base UEPS.

El efecto de la venta en cantidad de una partida da por resultado la liquidación parcial o total de su base UEPS y su reposición al costo actual, pero se pasa por alto el efecto desusadamente grande en la cantidad de una partida similar.

2.10.8. Método detallista

Con la aplicación de este método, el importe de inventarios es obtenido valuando las existencias a precios de venta, deduciéndoles los factores de margen de utilidad bruta, así se obtiene el costo por grupo de artículos producidos.

Para la operación de este método, es necesario cuidar los siguientes aspectos:

- Mantener un control y revisión de los márgenes de utilidad bruta, considerando tanto las nuevas compras, como los ajustes al precio de venta.
- Agrupación de los artículos homogéneos.
- Control de los trasposos de artículos entre departamentos o grupos.
- Inventarios físicos periódicos para la verificación del saldo teórico de las cuentas y en su caso, hacer los ajustes que se producen.

2.11. Selección del sistema de valuación

Cada empresa debe seleccionar el sistema de valuación más adecuado a sus características, y aplicarlos en forma consistente, a no ser que se presenten cambios en las condiciones originales, en cuyo caso debe hacerse la revelación de las reglas particulares.

Para la modificación del sistema de valuación hay que tomar en cuenta que los inventarios pueden sufrir variaciones importantes por los cambios en los precios de mercado, obsolescencia y lento movimiento de los artículos que forman parte del mismo; esto es indispensable para cumplir con el principio de realización. En relación con el costo o valor de mercado, se busca el que sea menor, excepto que:

- El costo o valor de mercado no debe exceder el valor de realización
- El valor de mercado no debe ser menor que el valor de realización

El valor de los inventarios, el cual incluye todas las erogaciones y los cargos directos e indirectos necesarios para ponerlos en condiciones de utilización o venta, puede calcularse utilizando el método PEPS (primeras en entrar, primeras en salir), UEPS (últimas en entrar, últimas en salir), el de identificación específica o el promedio ponderado.

Asimismo, se podrán emplear sistemas de inventario permanente o periódico, con las restricciones que, en este último caso, se encuentran en la legislación fiscal del país y, puesto que los inventarios son partidas no monetarias del balance, deben ser ajustadas por la inflación, de tal manera que el inventario final y el costo de ventas reflejen adecuadamente los ajustes por inflación correspondientes.

Por ser los inventarios una parte importante de los activos de muchas empresas, su valuación y presentación tiene un efecto significativo para determinar e informar la posición financiera y los resultados operativos de la compañía. Existen, para tal propósito, dos sistemas de valuación de inventarios:

- Sistema permanente o perpetuo
- Sistema periódico o juego de inventarios

2.11.1. Sistema permanente o perpetuo

Con este sistema se logra que los inventarios se mantengan siempre al día, pero requiere llevar un juego completo de kárdex para el registro de entradas, salidas y saldos de inventarios. Aunque, bajo este parámetro, no se necesitaría practicar inventarios físicos, normalmente ellos se realizan para verificar y conciliar los saldos contenidos en las tarjetas de kárdex. El ajuste por inflación de los inventarios llevados por el sistema perpetuo o permanente, se aplica a los saldos iniciales de cada mes; si se emplea el método mensual de ajustes y al inventario inicial del año y a las compras sí se utiliza el método anual.

Parte de estos ajustes se traslada al costo de ventas, en la medida en que dichos inventarios se consuman o se vendan, teniendo en cuenta los procedimientos explicados en el siguiente capítulo.

2.11.2. Sistema periódico o juego de inventarios

A diferencia del sistema permanente, para poder valorar los inventarios llevados por el sistema periódico, se debe realizar un conteo físico y valorizar su resultado, por uno cualquiera de los modelos explicados más adelante.

Por este método, también conocido como juego de inventarios, el costo de ventas se determina como el cambio neto entre el inventario inicial y el final.

Para dar aplicación al sistema integral de ajustes por inflación por este método, es indiferente emplear el método anual o mensual, debido a que, de todas maneras, se tendrán que ajustar tanto los inventarios iniciales como las compras, produciendo resultados iguales de una u otra parte, contrario a lo que ocurre con el sistema permanente, en el cual bajo el método mensual no se ajustan las compras.

Este sistema de inventario solo puede ser utilizado por aquellas empresas que, por ley, no estén obligadas a tener revisor fiscal; es decir solo para pequeñas y medianas empresas.

2.12. Control de inventarios de mercancías

Es el conjunto de actividades y técnicas utilizadas para mantener la cantidad de artículos (materiales, materias primas, producto en proceso y producto terminado) en el nivel deseado tal, que ni el costo ni la probabilidad de faltante sean de una magnitud significativa. Esta sección resume el movimiento de entradas y salidas que conforman el inventario de mercancía de la empresa. Para registrar la sección de control de inventario de mercancías, todas las facturas de ventas deben contener la información del costo de cada artículo vendido. Este dato se anotará mediante códigos para proteger la información confidencial.

Muchos de los problemas de cumplimiento de fechas pactadas que existen en los sistemas industriales, comerciales y de servicios, tienen su causa en pobres decisiones de administración de materiales.

2.12.1. Línea de inventario inicial

Diariamente debe anotarse en la columna de hoy el inventario inicial, que se tomará del renglón que contiene el inventario final del día inmediatamente anterior. El inventario inicial que se anotará en la columna de acumulado es con el que se inicia cada mes. Este dato permanece igual durante todo el mes de operaciones.

El objetivo de mantener en el inventario de la columna hoy, el inventario inicial del día anterior y en el acumulado el inventario inicial del inicio del mes, es para poder hacer el balance entre los datos diarios y acumulados y que el inventario final refleje igualdad en ambas columnas.

2.12.2. Línea de compras

En la columna "hoy" del renglón de compras, se registra el valor anotado en totales de "hoy" de la sección de cheques girados y compras al crédito. La columna de "acumulado" es el resultado de sumar el acumulado del día anterior, más la columna de "hoy".

2.12.3. Línea de costo de la mercancía vendida

El renglón del costo de la mercancía vendida, se obtiene transformando diariamente el código de costo que fue anotado a cada artículo en la factura de venta a valores en dólares (B/.). Este dato se acumula de todas las facturas emitidas en el día y el resultado se anota en costo de la mercancía vendida en la columna de "hoy". La columna de acumulado se obtiene sumando el resultado de "hoy" más la columna del acumulado del día anterior.

2.12.4. Línea de inventario final

En el renglón de inventario final se realizará la sumatoria en los acumulados de "hoy" y "acumulado" de la siguiente manera: inventario inicial más (+) compras, menos (-) costo de la mercancía vendida igual (=) inventario final.

Al cierre del período, deben reconocerse (a través de una provisión) las contingencias de pérdida del valor expresado de los inventarios, para que ellos queden ajustados a su valor neto de realización.

2.12.5. Control interno sobre inventarios

El control interno sobre los inventarios es importante, ya que son el aparato circulatorio de una empresa de comercialización. Las compañías exitosas tienen gran cuidado de protegerlos.

Los elementos de un buen control interno sobre los inventarios incluyen:

- Conteo físico de los inventarios por lo menos una vez al año, no importando cuál sistema se utilice.
- Mantenimiento eficiente de compras, recepción y procedimientos de embarque.
- Almacenamiento del inventario para protegerlo contra el robo, daño o descomposición.

- Tener acceso al inventario solamente al personal que lo tiene a los registros contables.
- Mantener registros de inventarios perpetuos para las mercancías de alto costo unitario.
- Comprar el inventario en cantidades económicas.
- Mantener suficiente inventario disponible para prevenir situaciones de déficit, lo cual conduce a pérdidas en ventas.
- No mantener un inventario almacenado demasiado tiempo, evitando con eso el gasto de tener dinero restringido en artículos innecesarios.

2.13. Costos de inventarios

La gestión de inventarios es una actividad en la que coexisten tres tipos de costos:

- Costos asociados a los flujos
- Costos asociados a los *stocks*
- Costos asociados a los procesos

Esta estructura se plantea sin perjuicio de mantener la clásica estructura de costos por naturaleza, según se clasifican en los dos siguientes grandes grupos:

- Costos de operación
- Costos asociados a la inversión

Los primeros, son los necesarios para la operación normal en la consecución del fin. Mientras que los asociados a la inversión son aquellos gastos financieros relacionados con depreciaciones y amortizaciones.

Dentro del ámbito de los flujos habrá que tener en cuenta los costos de los flujos de aprovisionamiento (transportes), aunque algunas veces serán por cuenta del proveedor (en el caso de contratos tipo CFR (*cost & freight* – costo y Flete), CIF (*cost, insurance and freight* – coste seguro y flete, puerto de destino convenido), CPT (*carriage paid to* – transporte pagado hasta) o CIP (*carriage and insurance paid to* – Transporte y Seguro pagados hasta), entre otros) y en otros casos estarán incluidos en el propio precio de la mercancía adquirida.

Será necesario tener en cuenta tanto los costos de operación como los asociados a la inversión.

En relación con los costos asociados a los stocks, deberán incluirse todos los relacionados con inventarios. Estos serían entre otros costos de almacenamiento, deterioros, pérdidas y degradación de mercancías almacenadas, entre ellos también están los de rupturas de stock; en este caso cuentan con una componente fundamental: los costos financieros de las existencias.

Cuando se quiere conocer, en su conjunto los costos de inventarios habrá que tener en cuenta todos los conceptos indicados. Por el contrario, cuando se precise calcular los costos, a los efectos de toma de decisiones, (por ejemplo, para decidir tamaño óptimo del pedido) solamente habrá que tener en cuenta los costos evitables (que podrán variar en cada caso considerado), ya que los costos no evitables, por propia definición, permanecerán a fuera sea cual fuera la decisión tomada.

Por último, dentro del ámbito de los procesos existen numerosos e importantes conceptos que deben imputarse a los costos de las existencias; ellos son: costos de compras, de lanzamiento de pedidos y de gestión de la actividad.

Un caso paradigmático es el siguiente: en general, los costos de transporte se incorporan al precio de compras (¿por qué no incorporar también los costos de almacenamiento, o de la gestión de los pedidos?), como consecuencia de que en la mayoría de los casos se trata de transportes por cuenta del proveedor, incluidos de manera más o menos tácita o explícita en el precio de adquisición.

Pero incluso cuando el transporte está gestionado directamente por el comprador se mantiene esta práctica, aunque muchas veces el precio del transporte no es directamente proporcional al volumen de mercancías adquiridas, sino que depende del volumen transportado en cada pedido. En estas circunstancias, el costo del transporte se convierte también en parte del costo de lanzamiento del pedido.

La clasificación puramente logística de costos que se ha descrito hasta ahora no es la más frecuentemente utilizada en la profesión. La clasificación habitual de costos que utilizan los gestores de los inventarios es la siguiente:

- Costos de almacenamiento, de mantenimiento o de posesión de stocks
- Costos de lanzamiento del pedido
- Costos de adquisición
- Costos de ruptura de *stocks*

2.13.1. Costos de almacenamiento

Los costos de almacenamiento, mantenimiento o de posesión del stock, incluyen todos los costos directamente relacionados con la titularidad de los inventarios, tales como:

- Costos financieros de las existencias
- Gastos del almacén
- Seguros
- Deterioros, pérdidas y degradación de mercancía

Dependen de la actividad de almacenaje, esté gestionado por la empresa o no, o de que la mercadería esté almacenada en régimen de depósito por parte del proveedor, o de que sean propiedad del fabricante.

Para dejar constancia de esta complejidad, se incluye seguidamente una relación pormenorizada de los costos de almacenamiento, mantenimiento o posesión de los *stocks* en el caso más general posible.

No obstante, más adelante se expondrá un método simplificado para calcular estos costos (la tasa anual *ad-valorem*) que se utiliza con mucha frecuencia.

La clasificación de los costos de almacenamiento que seguidamente se incluye, los clasifica por actividad (almacenaje y manutención), por imputabilidades (fijas y variables) y por orígenes directos e indirectos.

2.13.1.1. Costos directos de almacenaje

- Costos fijos
 - Personal
 - Vigilancia y seguridad
 - Cargas fiscales
 - Mantenimiento del almacén
 - Reparaciones del almacén
 - Alquileres
 - Amortización del almacén
 - Amortización de estanterías y otros equipos de almacenaje
 - Gastos financieros de inmovilización

- Costos variables
 - Energía
 - Agua
 - Mantenimiento de estanterías
 - Materiales de reposición
 - Reparaciones (relacionadas con almacenaje)
 - Deterioros, pérdidas y degradación de mercancías
 - Gastos financieros de *stock*

2.13.1.2. Costos indirectos de almacenaje

- De administración y estructura
- De formación y entrenamiento del personal

- Existe un método aproximado de valuar los costos de almacenamiento, conocido como la tasa anual *ad-valorem*.

2.13.1.3. Cálculo de la tasa anual *ad-valorem*

Este método aproximado, que se utiliza bastante para la planificación de sistemas logísticos, consiste en admitir que los costos de almacenamiento se pueden aproximar por una tasa anual, aplicada al valor de las mercancías almacenadas.

Esta hipótesis, que es evidente en el caso de los costos financieros de los *stocks*, se generaliza en este método a los demás costos que intervienen en el almacenamiento (inversiones, personal, energía, deterioros, pérdidas, etc.) Asumiéndose que cuanto más cara es una mercancía, más caro es el costo de almacenamiento.

Por ejemplo, el caso de una empresa comercializadora de cementos especiales, ubicado en un determinado puerto marítimo, para atender a uno de sus clientes, recibe un buque de 5 000 toneladas, con un cargamento de cemento blanco especial de la misma cantidad, cuyo precio es de \$80 la tonelada, se traslada a un almacén adecuadamente acondicionado donde queda almacenado.

El destino de esta carga es una fábrica que trabaja *just in time*, y que solo admite 200 toneladas diarias. El cargamento de 5 000 toneladas tardará 25 días en ser retirado, existiendo a lo largo de dichos 25 días un *stock* medio de 2 500 toneladas (5 000 el primer día y 0 el último). Se han invertido \$ 400 000 (5 000 x \$80), que no se recuperan hasta el día 25. Si se es capaz de obtener un rendimiento por el dinero alternativo del 8 % anual, el costo financiero de los

stocks que se tiene por inmovilización es del 8 %; esto aplicado al *stock* medio da (2 500 x \$80) durante el tiempo que se tiene inmovilizado (25 días).

Pues bien, el método de la tasa *ad-valorem* se extienden a los demás costos que representa el almacenamiento de mercaderías, admitiendo que además del 8 % anual que corresponde al costo de *stock*, hay otros puntos porcentuales que corresponden a la integración de los demás costos que también intervienen en el almacenamiento, haciendo así tasas superiores a la de almacenamiento de *stock*. Por ejemplo: en España se cobraba el 25 % cuando la tasa de mercado era del 15 %.

También es muy importante destacar que estos costos que se mencionan como extras en el almacenamiento, siempre están en relación directa con el tipo de mercadería que se trate; así, no será lo mismo almacenar arena, o leña contra dinero o caviar.

Una estructura razonable para la composición de la tasa es la siguiente:

- Costo financiero de los *stocks*: 8 % al 20 %
- Almacenamiento físico: 5 % al 15 %
- Deterioro o robo: 2 % al 5 %

Para el ejemplo del almacenamiento de cemento blanco, que requiere un esmerado almacenaje pero poca manutención, cabe valorarlo con una tasa que contemple solo el costo financiero de almacenamiento sin extras, en este caso del 18 %.

$$0.18 * (2500 * 80) * (25/365) = 2.466$$

La repercusión, de los costos de almacenamiento, es 0.49 la tonelada, que se suman a los costos del transporte primario hasta el puerto de descarga, y los costos de la distribución capilar hasta el cliente.

2.13.2. Costos directos de mantención

- Costos fijos
 - Personal
 - Seguros
 - Amortización de equipos de mantención
 - Amortización de equipos informáticos
 - Gastos financieros del inmovilizado

- Costos variables
 - Energía
 - Mantenimiento de equipo de mantención
 - Mantenimiento de equipo informático
 - Reparaciones de equipos de mantención
 - Comunicaciones.

2.13.3. Costos de lanzamiento del pedido

Los costos de lanzamiento de los pedidos incluyen todos los costos en que se incurre cuando se lanza una orden de compra. Los costos que se agrupan bajo esta rúbrica deben ser independientes de la cantidad que se compra y exclusivamente relacionados con el hecho de lanzar la orden.

Sus componentes serían los siguientes:

- Costos implícitos del pedido, que se refieren al costo de preparación de las máquinas cuando el pedido lo lanza el departamento de producción.
- Costo de conseguir "lugar" en el almacén de recepción (movilización de mercancías o transporte a otras localizaciones, por ejemplo).
- Costos de transporte exclusivamente vinculados al pedido (la factura de un *courier* en el caso de una reposición urgente, por ejemplo).
- Costos de supervisión y seguimiento de la necesidad de lanzar un pedido.
- Costos administrativos vinculados al circuito del pedido.
- Costos de recepción e inspección.

2.13.4. Costos de adquisición

Es la cantidad total Invertida en la compra de la mercancía, o el valor contable del producto cuando se trata de material en curso o productos terminados.

En el primer caso (materias primas o componentes), el costo de adquisición incorporará los conceptos no recuperables que el proveedor vaya a incluir en su factura (por ejemplo, el transporte, si es por cuenta del proveedor, pero no el IVA).

Se debe tener en cuenta que muchos proveedores aplican descuentos por volumen, por lo que unas veces el costo de adquisición de un pedido tendrá una componente de costo evitable y otras veces será en su totalidad un costo no evitable.

En el segundo caso (material en curso o productos terminados), la determinación del costo de adquisición es más compleja, dependiendo de las prácticas contables de la empresa. En principio debe incorporar los siguientes conceptos:

Costos de materiales incorporados que, según las prácticas contables de la empresa, pueden ser valorados de acuerdo con los siguientes criterios:

- Método FIFO (*first in, first out*) (primero en entrar, primero en salir) PEPS
- Método LIFO (*last in, first out*) (último en entrar, primero en salir) UEPS; equivale en cierto modo a un precio de reposición
- Método MIFO (*middle in, first out*) es un promedio ponderado
- Precios estándar de la empresa
- Precios estimados de reposición
- Costos directos de producción
- Costos Indirectos.

2.13.5. Costos de ruptura de *stock*

Los costos de ruptura o de rotura de *stocks* incluyen el conjunto de costos por la falta de existencias; estos costos no serán absorbidos por la producción en proceso, sino que irán a parar directamente al estado de resultados. Los criterios para valorar estos costos de ruptura se describen a continuación.

2.13.5.1. Disminución del ingreso por ventas

La no integridad contable por falta de referencias en un pedido realizado, supone una reducción de los ingresos por ventas, tanto por el desplazamiento en el tipo de la fecha de facturación, como por la pérdida absoluta de la pérdida.

2.13.5.2. Incremento de los gastos del servicio

Aquí se incluyen las penalizaciones contractuales por retrasos de abastecimiento, partes en el proceso de producción, los falsos fletes, etc. La valoración de estos costos de ruptura es difícil y poco frecuente; solo es posible si la empresa está provista de un eficiente sistema de gestión de la calidad; en general el gestor de inventarios deberá conformarse con estimaciones subjetivas o costos estándar. En literatura especializada estos son considerados entre el 1 % y el 4 % de los ingresos por ventas, pero esto es también tentativo.

2.14. *Software enterprise resource planning (ERP)*

El ERP es un sistema integral de gestión empresarial que está diseñado para modelar y automatizar la mayoría de procesos en la empresa (área de finanzas, comercial, logística, producción, etc.). Su misión es facilitar la planificación de todos los recursos de la empresa.

El software ERP planea y automatiza muchos procesos con la meta de integrar información a lo largo de la empresa y elimina los complejos enlaces entre los sistemas de las diferentes áreas del negocio.

Figura 10. **Algunos departamentos que interactúan con el sistema ERP**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

Lo más destacable de un ERP es que unifica y ordena toda la información de la empresa en un solo lugar; de este modo cualquier suceso queda a la vista de forma inmediata, posibilitando la toma de decisiones de forma más rápida y segura, acortando los ciclos productivos. Con un ERP se tendrá la empresa bajo control y se incrementará la calidad de los servicios y productos.

La implantación de un ERP conlleva la eliminación de barreras interdepartamentales; la información fluye por toda la empresa eliminando la improvisación por falta de información.

Los ERP (*enterprise resource planning*) son una evolución de los sistemas MRP, los cuales estaban enfocados únicamente a la planificación de materiales y capacidades productivas. Los ERP disponen de herramientas para efectuar la planificación de los trabajos en planta.

Esta planificación se efectúa enfrentando los requerimientos de materiales y capacidad de los productos a fabricar, contra las existencias y capacidades sin asignar.

Los ERP más completos ofrecen módulos para planificar a capacidad finita. Los ERP son el núcleo de otras aplicaciones como pueden ser el CRM (gestión de las relaciones con los clientes), *data mining* (conversión de datos en información útil), etc.

Para implementar un sistema ERP debe formarse un equipo con las personas de mayor experiencia en sus áreas, generalmente se menciona que si las compañías pueden operar el negocio como siempre, sin la gente que ellos han puesto en los equipos de implantación, entonces se ha seleccionado al personal equivocado para el proyecto ERP.

El equipo debe incluir gente técnica (que sabe cómo trabajar con el sistema ERP) y gente de negocios que entiende cómo opera la compañía, como se representa en la siguiente figura; aunque se debe reconocer que de ambos es más importante el personal experto en el negocio.

La persona adecuada para administrar un proyecto de ERP debe tener conocimiento de ambas áreas.

Figura 11. **Éxito del proyecto ERP**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

En resumen, los sistemas ERP unifican información de las diferentes áreas (finanzas, recursos humanos, ventas, manufacturación, etc.) de la empresa en un solo lugar, haciendo más fácil la toma de decisiones dentro de la misma. El software ERP planea y automatiza muchos procesos con la meta de integrar información a lo largo de la empresa y elimina los complejos enlaces entre los sistemas de las diferentes áreas del negocio

La implementación de los ERPs no es fácil, ya que se requiere de un largo período de implementación, además de integrar varios factores que conlleven al éxito de la puesta en marcha. Las áreas de la empresa juegan un papel importante, desde la alta dirección hasta el departamento de tecnologías de información.

Es importante que los usuarios estén convencidos de los beneficios que se obtendrán con los ERPs, pues esto facilitará la implementación en la empresa. Anteriormente solo las grandes empresas podían adquirir este tipo sistemas, esto debido a los altos costos; sin embargo, en la actualidad las pequeñas y medianas empresas están incursionando en la implementación de dichos sistemas.

2.14.1. Beneficios e impactos

Varios son los puntos de vista en cuanto a los diferentes beneficios que se esperan en una implementación de un ERP, así como los impactos que este tendrá en la organización.

Es importante mencionar que las diferentes marcas creadoras de software ERP (SAP, Oracle, etc.) tienen sus beneficios característicos. Sin embargo la mayoría de los ERP tienen en común varios beneficios.

Aquí algunos de los beneficios que podrían adquirirse al implementar cualquiera de ellos:

- Solo un sistema para manejar muchos de sus procesos comerciales
- Integración entre las funciones de las aplicaciones
- Reduce los costos de gerencia
- Incrementa el retorno de inversión
- Fuente de Infraestructura abierta

Estos son simplemente varios beneficios que se pueden lograr al implementar un software ERP en el negocio.

Como se mencionó anteriormente, hay varias marcas desarrolladoras de ERP; siempre es bueno asegurarse de los beneficios que ofrece cada uno de ellos; para esto es importante poner una versión de prueba antes de que alguien decida casarse con uno de ellos.

La página www.cio.com (2007) en su artículo "*The ABCs of ERP*" menciona que hay cinco razones por las cuales las empresas desean emprender un ERP:

- Integración de la información financiera: el CEO (*chief executive officer*) siempre busca tener información financiera veraz; en su búsqueda financiera puede encontrarse con muchas versiones diferentes a la real. Cada departamento tiene por lo regular sus propios números financieros: finanzas tiene su propio juego de números, el área de ventas tiene otra versión y las diferentes unidades comerciales de la empresa pueden tener sus números propios referentes a cuánto están contribuyendo para la empresa. Con la implementación de los ERP todos tendrán solo una versión de los números, con esto no habrá vuelta de hoja, todo estará unificado.
- Integración de la información de los pedidos de los clientes: con los sistemas ERP es posible centralizar y darle un seguimiento a los pedidos de los clientes, desde que se recibe el pedido hasta que se surte la mercancía. Esto en lugar de tener varios sistemas, los cuales se encarguen del seguimiento de los pedidos, ya que por lo regular se originan problemas de comunicación entre los sistemas. Con los ERPs esto será más fácil.
- Estandarizar y agilizar los procesos de manufacturación: los sistemas de ERP vienen con los métodos estándares para automatizar algunos de los pasos de un proceso de fabricación. Estandarizar esos procesos y usar un solo sistema informático integrado, pueden ahorrar tiempo, aumentar productividad y reducir la cuenta principal.

- **Minimizar el inventario:** los ERPs agilizan el flujo del proceso industrial más fácilmente, y mejoran la visibilidad del proceso de cumplimiento de orden por parte de la empresa. Eso puede originar que los inventarios sean reducidos y ayuda a los usuarios para que desarrollen mejores planes de entrega en relación con los pedidos de los clientes. Claro está que para mejorar realmente el flujo de la cadena de suministro, sería necesario implementar un sistema que administre dicha cadena, los ERPs ayudan en gran parte.

3. MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Es bien dicho que para que una empresa pueda responder a las exigencias de los clientes (responder a la demanda), esta tendrá que utilizar un gran número de recursos, ya sean humanos, financieros, materias primas, energía o maquinaria.

Pero, ¿qué tiene que ver esto con los inventarios?, para que la empresa pueda tener estos productos al ser solicitados, tendrá que tener todos esos recursos disponibles para ser utilizados en el proceso de manufactura. Pero además tendrá que saber qué cantidad de recursos solicitar y cuándo solicitarlos para no atribuir a que se aumenten los costos de la compañía.

Una empresa que se dedica a la actividad manufacturera debe saber llevar un control de inventarios de tal forma que no sean mucho ni poco. Es por eso que debe llevar una gestión de inventarios correcta.

Aquí es cuando aparece el concepto de logística dentro del manejo de las actividades operacionales de la empresa.

En estos modelos se considera la demanda conocida y constante. Los más conocidos son el modelo EOQ (cantidad económica de pedido) y el modelo LED (lote económico de producción); el primero, se refiere a un modelo de compra, es decir, que la empresa no produce nada, mientras que en el segundo se hace referencia a una empresa manufacturera.

3.1. Modelos determinísticos

A continuación se describen todos los modelos de esta categoría.

3.1.1. Modelo de inventario general

La naturaleza del problema de inventario consiste en hacer y recibir pedidos de determinados volúmenes, repetidas veces y a intervalos determinados. Una política de inventario responde las siguientes preguntas.

- ¿Cuánto se debe ordenar? Esto determina el lote económico (EOQ) al minimizar el siguiente modelo de costo: (costo total del inventario) = (costo de compra) + (costo de preparación + (costo de almacenamiento) + (costo de faltante). Todos estos costos se deben expresar en términos del lote económico deseado y del tiempo entre los pedidos.
 - El costo de compra se basa en el precio por unidad del artículo. Puede ser constante, o se puede ofrecer con un descuento que depende del volumen del pedido.
 - El costo de preparación representa el cargo fijo en el cual se incurre cuando se hace un pedido. Este costo es independiente del volumen del pedido.
 - El costo de almacenamiento representa el costo de mantener suficientes existencias en el inventario. Incluye el interés sobre el capital, así como el costo de mantenimiento y manejo.

- El costo de faltante es la penalidad en la cual se incurre cuando la empresa se queda sin existencias. Incluye la pérdida potencial de ingresos, así como el costo más subjetivo de la pérdida de la buena voluntad de los clientes.
- ¿Cuándo se deben colocar los pedidos? Depende del tipo de sistema de inventario que se tenga. Si el sistema requiere una revisión periódica (por ejemplo, semanal o mensual), el momento para hacer un nuevo pedido coincide con el inicio de cada periodo. De manera alternativa, si el sistema se basa en una revisión continua, los nuevos pedidos se colocan cuando el nivel del inventario desciende a un nivel previamente especificado, llamado el punto de reorden.

3.1.2. Modelos estáticos de lote económico (EOQ)

Este modelo presenta tres variaciones del modelo de cantidad de lote económico de pedido con una demanda estática:

- Sin faltantes o básico
- Con faltantes
- Con descuentos

El modelo EOQ se basa como todos los modelos de inventario en la necesidad de responder a las preguntas:

- ¿Cuándo pedir?
- ¿Cuánto pedir?

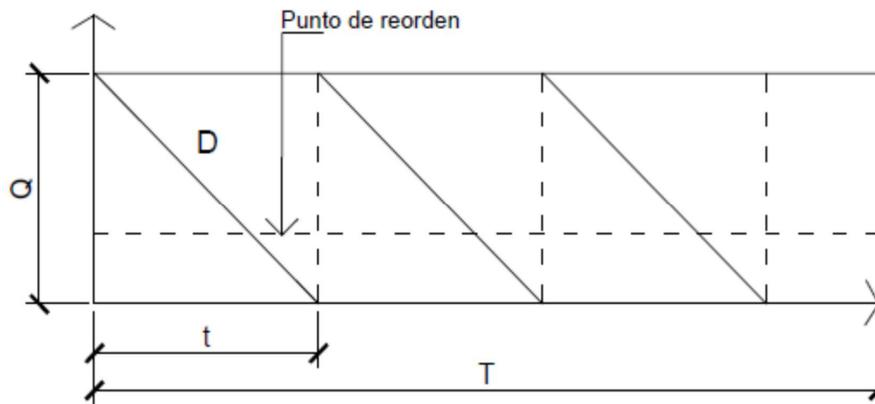
Supuestos del modelo EOQ:

- La demanda es constante y conocida: esto se refiere a que por ejemplo, si la demanda ocurre a una tasa de 1000 unidades por año, durante cualquier periodo de t meses será igual a $1000t/12$.
- Los tiempos de reposición son instantáneos: esto quiere decir que un pedido llega tan pronto se hace.
- Existen costos de hacer un pedido.
- Existen costos de mantener guardado en inventario.
- Los costos de mantener inventario y el costo de pedir no varían en el tiempo.
- La cantidad a pedir es constante.
- Existe una relación directa costo-volumen

3.1.2.1. Modelo EOQ (sin faltantes)

El modelo de inventario más sencillo implica un índice de la demanda constante con un reabastecimiento instantáneo de pedidos y sin faltante.

Figura 12. **EOQ sin faltantes**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

Donde:

- D = tasa de demanda (unidades por unidad de tiempo)
- Q = cantidad que se pide
- C_u = costo de adquisición
- C_p = costo de pedir
- t = tiempo que transcurre para agotar la cantidad Q (o duración del ciclo de pedido – unidades de tiempo)
- C_{mi} = costo de mantener en inventario
- N = número de pedidos que se hacen en el año

Costo de un periodo:

$$C'(Q) = C_u Q + C_p \left(\frac{C_{mi} Q}{2} \right)$$

Costo total anual:

$$CTA(Q) = C_u D + C_p \left(\frac{D}{Q} \right) + \left(\frac{C_{mi} Q}{2} \right)$$

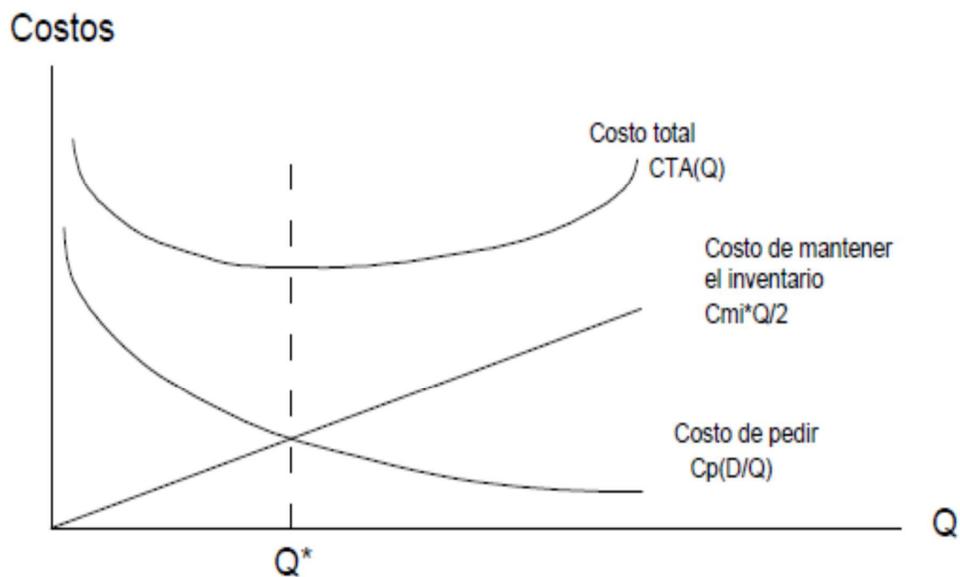
Cantidad óptima a pedir:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_{mi}}}$$

Q^* indica la cantidad de artículos que debe pedir la empresa en un determinado tiempo mientras se consume su demanda, y vuelve a empezar su ciclo de ventas sin necesidad de excederse en los costos de inventario ni costos de pedido. Es decir, es la cantidad que hace a los costos de pedir iguales a los costos de mantenimiento de inventario. De esta forma se obtiene que:

- $N = D/Q^*$ (número óptimo de pedidos)
- $T = Q^*/D$ (tiempo óptimo de pedido, cuando se debe pedir)

Figura 13. **Cantidad óptima a pedir**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

Se puede concluir que al pedir por debajo de la cantidad óptima, el costo de pedir aumenta y si se pide por encima de la cantidad óptima, el costo de mantener en inventario será el que aumentará.

3.1.2.2. Modelo EOQ (con faltantes)

Como se mencionó con anterioridad, el modelo EOQ, puede tener diversas aplicaciones; de esta forma, el modelo EOQ con faltantes, se basa en que la compañía permite que haya tiempos de espera entre un pedido y otro; es decir, que hayan pedidos atrasados; de esta manera se supone que hay un tiempo donde la demanda no se satisface a tiempo y se produce una escasez. De todo esto, también se incurre en un nuevo costo que es el de las unidades faltantes durante el periodo t .

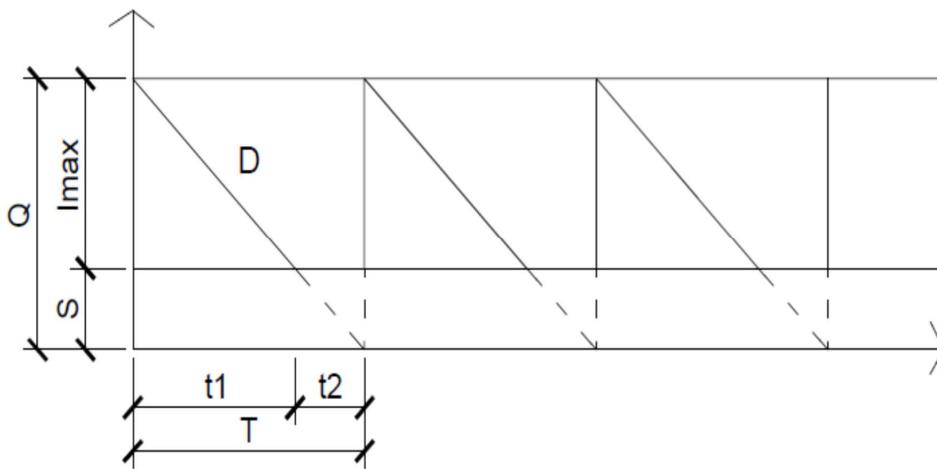
De esta forma, este modelo de inventario tiene unos supuestos que se basan en los mismos del EOQ clásico, con la diferencia que se agregan:

- Se permiten las faltantes
- Se incurre en un costo de faltante
- La demanda es constante y conocida: esto se refiere a que por ejemplo, si la demanda ocurre a una tasa de 1000 unidades por año, la demanda durante cualquier periodo de t meses será $1000t/12$
- Los tiempos de reposición son instantáneos: esto quiere decir que un pedido llega tan pronto se hace.
- Existen costos de hacer un pedido
- Existen costos de mantener guardado en inventario
- Los costos de mantener inventario y el costo de pedir no varían en el tiempo
- La cantidad a pedir es constante

- Existe una relación directa costo-volumen.

De esta manera aparece una cantidad “S” que es la cantidad máxima que permite la empresa como faltante. Observar la siguiente gráfica:

Figura 14. **EOQ con faltantes**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

De esta gráfica se deduce que la empresa tiene un inventario máximo, que al consumirse totalmente por la demanda (llega a cero), está permitiendo que una cantidad S de unidades le falten para hacer un nuevo pedido que satisfaga la demanda de las unidades faltantes más las de las unidades que se demandan diariamente; de esto se tiene que:

I_{max} = inventario máximo

D = la demanda del periodo t

S = cantidad de unidades de demanda faltantes

Q = cantidad de unidades que se piden

$$Q = I_{max} + S$$

$$S = Q - I_{max}$$

Costo de un periodo:

$$C'(Q) = C_u Q + C_p + C_{mi} \left(\frac{T_1 + I_{max}}{2} \right) + C_f \left(\frac{S * T_2}{2} \right)$$

Costo total anual:

$$C'(Q) = C_u Q + C_p + C_{mi} \frac{(Q - S)^2}{2Q} + C_f \frac{S^2}{2Q}$$

Cantidad óptima a pedir:

$$Q^{*} = \sqrt{\frac{2C_p D (C_{mi} + C_f)}{C_{mi} * C_f}}$$

Cantidad faltante óptima:

$$S^{*} = \sqrt{\frac{2 * C_p * D * C_{mi}}{C_f (C_{mi} + C_f)}}$$

3.1.2.3. EOQ con descuentos por cantidad

El único modelo donde el costo unitario cambia es en el de descuentos por cantidad, es decir que al cliente se le hace más atractivo comprar por volumen.

El costo del volumen, incurre en el costo de mantener inventario. A menudo esto ocurre cuando los proveedores en aras de vender más, incentivan a sus clientes por medio de descuentos en el costo unitario, otorgados por cantidades mayores de pedidos. El costo como tal no es lineal. Por ejemplo:

El proveedor de la empresa ABA, está ofreciendo para sus clientes los siguientes descuentos, otorgados según la cantidad de pedido, en donde sí se pide más, el descuento es mayor, por ende el costo unitario es menor:

Tabla VII. **Descuentos por cantidad**

| Categoría | Q (cantidad) | Descuento % | Costo Unitario |
|------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 0-999 | 0,00 | 5 |
| 2 | 1 000-2 499 | 3,00 | 4,85 |
| 3 | ≥2 500 | 5,00 | 4,75 |

Fuente: elaboración propia.

De esta forma, se supone que la empresa que vende el producto X, cuya demanda y costos se muestran a continuación.

Demanda = 5 000 unidades

Cp = 49 unidades monetarias

Cmi = 20 % Cu

Solución: según el modelo EOQ:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_{mi}}}$$

$$CTA(Q^*) = C_u D + C_p \left(\frac{D}{Q^*} \right) + C_{mi} \left(\frac{Q^*}{2} \right)$$

Para la categoría 1:

$$Q^* \{0 - 999\} = \sqrt{\frac{2(49)(5000)}{(0.2 * 5)}}$$

$$Q = 700 \text{ unidades}$$

$$CTA(Q^*)\{0 - 999\} = 5 * 5000 + 49 \left(\frac{5000}{700} \right) + (0.2 * 5) \left(\frac{700}{2} \right)$$

$$CTA(Q^*)\{0 - 999\} = 25000 + 350 + 350$$

$$CTA(Q^*) = 25700 \text{ unidades monetarias}$$

Como se ve en el ejemplo, al calcular la cantidad óptima de unidades a pedir Q^* , esta cae dentro del rango para este descuento, y es por eso que se optimiza la función costo total anual.

Para la categoría 2:

$$Q^* \{1000 - 2499\} = \sqrt{\frac{2(49)(5000)}{(0.2 * 4.85)}}$$

$$Q = 711 \text{ unidades}$$

Como se puede ver, Q^* según el precio 4,85, cae fuera del rango en el que se puede acceder al descuento; entonces, para poder acceder a este descuento, se aproxima en Q^* a la cantidad más cercana a él; en este caso, 1000; es entonces esta la Q^* con la que se calcula el costo total anual. Como entonces ya la cantidad Q^* está dentro del rango, al calcular el CTA, se coloca el precio del descuento para la categoría 2.

$$CTA(Q^*)_{\{1000 - 2499\}} = 4.85 * 5000 + 49 \left(\frac{5000}{1000} \right) + (0.2 * 4.85) \left(\frac{1000}{2} \right)$$

$$CTA(Q^*)_{\{1000 - 2499\}} = 24250 + 245 + 485$$

$$CTA(Q^*) = 24980 \text{ unidades monetarias}$$

Categoría 3:

$$Q^*_{\{\geq 2500\}} = \sqrt{\frac{2(49)(5000)}{(0.2 * 4.85)}}$$

$$Q^*_{\{\geq 2500\}} = 718 \text{ unidades}$$

Como se ve, sucede lo mismo que en el caso anterior, ya que Q^* vuelve a caer fuera del rango de aceptación del descuento, entonces se aproxima al valor más cercano a Q^* , en este caso 2500 unidades.

$$CTA(Q^*)_{\{\geq 2500\}} = 4.75 * 5000 + 49 \left(\frac{5000}{2500} \right) + (0.2 * 4.75) \left(\frac{2500}{2} \right)$$

$$CTA(Q^*)_{\{\geq 2500\}} = 23750 + 98 + 1187.5$$

$$CTA(Q^*)_{\{\geq 2500\}} = 25035.5 \text{ unidades monetarias}$$

Como se puede observar en los dos últimos casos, se está gastando menos en pedir, pero el costo de mantener inventario está aumentando. Con base en los cálculos realizados, la Q^* a pedir es 1000, ya que esta es la que minimiza la función “costo total anual”.

- Resumen: básicamente, el modelo de descuentos por cantidad, se basa en la comparación de costos, en donde la cantidad óptima a pedir, es aquella donde se reduzcan los costos totales; de esta forma puede decirse que se aplica este modelo siguiendo los pasos dados a continuación:
 - Paso 1: para cada categoría de descuento, se calcula un Q^* usando la fórmula de EOQ, basados en el costo unitario asociado para cada categoría de descuento.
 - Paso 2: en caso de que el Q^* sea demasiado pequeño para clasificar entre una categoría de descuento que se quiere tomar, se debe ajustar, acercándolo al mínimo de cantidad que se puede pedir para clasificar en el descuento. Si por el contrario este es demasiado grande, debe ajustarse a la cantidad máxima que se puede pedir para clasificar en la categoría de descuento.
 - Paso 3: para cada cantidad, ordenar el resultante de los pasos 1 y 2, calcular el costo total anual, usando el costo unitario para la categoría de descuento apropiada. De esta forma, la cantidad que produzca el costo total anual mínimo es la cantidad óptima a ordenar.

3.2. Modelos e inventarios probabilísticas

Los modelos desarrollados se clasifican en general bajo situaciones de análisis continuo y periódico. Los modelos de análisis periódico incluyen casos de un solo periodo, y de periodos múltiples.

3.2.1. Modelos de revisión continua

Existen dos modelos, el primero es una versión “probabilizada” del EOQ determinista, que utiliza existencias estabilizadoras para explicar la demanda probabilista; el segundo, un EOQ probabilístico más exacto, que incluye la demanda probabilística de forma directa en la formulación.

3.2.1.1. Modelos EOQ “probabilizado”

El tamaño de las existencias estabilizadoras se determina de modo que la probabilidad de agotamiento de las existencias durante el tiempo de entrega (el periodo entre colocar y recibir un pedido) no exceda un valor predeterminado. Sean:

L = tiempo de entrega entre colocar y recibir un pedido

μ_L = demanda promedio durante el tiempo de entrega

σ_L = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

B = tamaño de la existencia estabilizadora

α = máxima probabilidad disponible de agotamiento de las existencias durante el tiempo de entrega

X_L = variable aleatoria que representa la demanda durante el tiempo de entrega

K = costo de preparación asociado con la colocación de un pedido (dólares por pedido)

La principal suposición del modelo es que la demanda X_L , durante el tiempo de entrega L se distribuye normalmente con media μ_L y desviación estándar σ_L , es decir, $N(\mu_L, \sigma_L)$.

La demanda durante el tiempo de entrega normalmente se describe mediante una función de densidad de probabilidad por unidad de tiempo (por ejemplo, por día, o semana), de la cual se puede determinar la distribución de la demanda durante L .

De forma específica, dado que la demanda por unidad de tiempo es normal con media D y desviación estándar σ , entonces, en general, la demanda durante L es $N(\mu_L, \sigma_L)$, donde:

$$\begin{aligned}\mu_L &= DL \\ \sigma_L &= \sqrt{\sigma^2 L}\end{aligned}$$

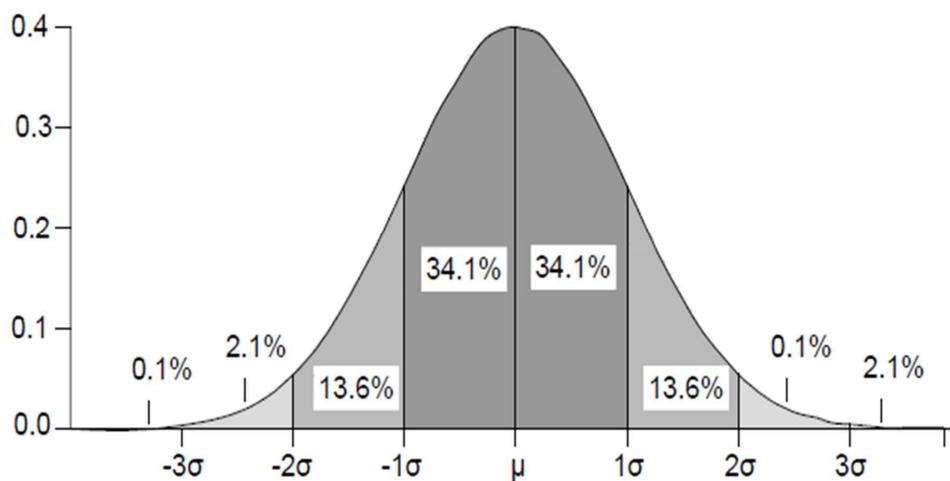
3.2.1.2. Modelo EOQ probabilístico

Con el pasar del tiempo se ha tratado de adaptar el modelo determinístico de cantidad económica de pedido EOQ, para que refleje la naturaleza probabilista de la demanda, usando una aproximación que sobrepone una existencia constante de reserva sobre el nivel de inventario.

El tamaño de la reserva (punto de reorden) se determina de tal modo que la probabilidad de que se agote la existencia durante el tiempo de entrega (el periodo entre la colocación de la orden y la recepción del pedido) no sea mayor que un valor especificado.

La hipótesis principal de este modelo es que la demanda durante el tiempo de entrega tiene una distribución normal, con media μ y desviación estándar σ . (μ se define como la demanda promedio durante el tiempo de entrega y σ es la desviación estándar de la demanda durante este mismo periodo).

Figura 15. **Modelo EOQ probabilístico**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

El valor promedio de la demanda, la cual puede verse ubicada en el punto medio de la curva de distribución normal, da a saber que existe una probabilidad de que en el 50 % de las veces, el inventario no podrá satisfacer los requerimientos del mercado. Por tal razón, al implementar este sistema de inventario, se debe establecer en primera instancia un porcentaje tolerable de error (α = probabilidad máxima admisible de que se agote la reserva durante el tiempo de entrega); en otras palabras, un número de veces en el que se es permitido que la demanda supere las reservas y no se pueda satisfacer con las exigencias del mercado.

Dos números críticos dentro de este sistema son el punto de reorden (R) y la cantidad a pedir (Q). La política de inventario se puede resumir en estas dos variables, de la siguiente manera: siempre que el nivel de inventario de un producto baje a R unidades, se coloca una orden de Q unidades para reabastecer el inventario. Estas dos variables se ven condicionadas por el tiempo de entrega (L), periodo en el cual la fluctuación de la demanda determinará el punto mínimo de unidades a mantener en inventario. Q se determinará como se venía haciendo en el modelo básico de EOQ. En resumen las variables de este modelo son:

L = tiempo de entrega entre la colocación de la orden y la recepción del pedido

μ_L = demanda promedio durante el tiempo de entrega

σ_L = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

R = punto de reorden (tamaño de la existencia de reserva)

α = probabilidad máxima admisible de que se agote la existencia durante el tiempo de entrega

La demanda durante el tiempo de entrega L se suele describir con una función de densidad de probabilidades por unidad de tiempo (es decir por día o por semana), a partir de la cual se puede determinar la distribución de la demanda durante L . Dado que la demanda por unidad de tiempo es normal, con media D y desviación estándar σ , la media μ_L y la desviación estándar σ_L de la demanda, durante el tiempo de entrega L , se calculan como sigue:

- La demanda durante el tiempo de entrega L se suele describir con una función de densidad de probabilidades por unidad de tiempo (es decir por día o por semana), a partir de la que se puede determinar la distribución de la demanda durante L .

- Debido a que la demanda por unidad de tiempo es normal, con media D y desviación estándar σ , la media μ_L y la desviación estándar σ_L de la demanda, durante el tiempo de entrega L , se calculan como sigue:

$$\mu_L = DL$$

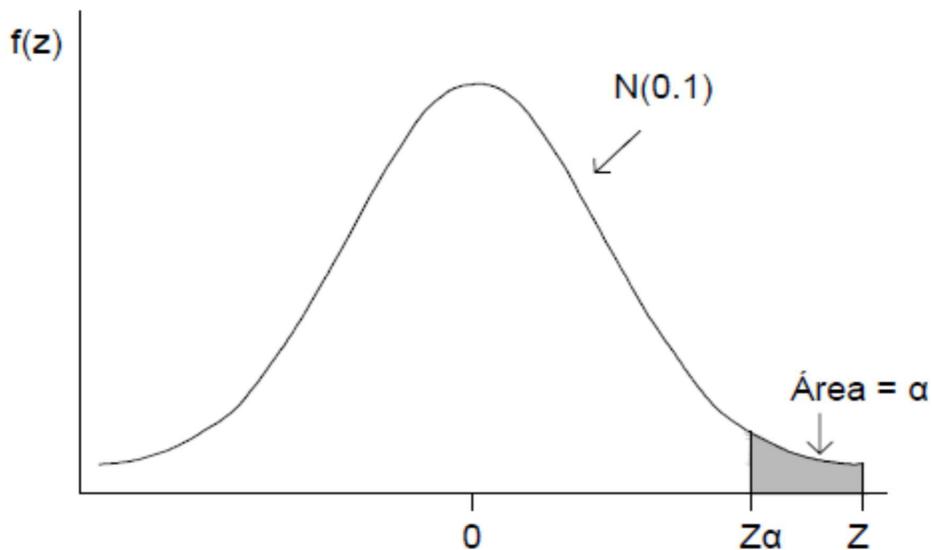
$$\sigma_L = \sqrt{\sigma^2 L}$$

El punto de reorden entonces se define como:

$$R = \mu_L + Z * \sigma_L$$

En donde el valor de Z se encuentra en las tablas de distribución normal y toma el valor de $Z = 1 - \alpha$

Figura 16. **Resumen modelo EOQ probabilístico**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

Por ejemplo: una empresa que produce focos tiene los siguientes costos:

- Costo de ordenar (C_p) = 12 unidades monetarias/pedido
- Costo unitario (C_u) = 6 unidades monetarias
- La tasa de mantener el inventario (C_{mi}) = 20 % C_u

La demanda en el tiempo de respuesta del proveedor es normal y tiene una media de 154 focos.

Solución: primero se debe determinar la cantidad de unidades a realizar por pedidos con este sistema de inventario:

$$D = 154 * 52$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_{mi}}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 12 * (154 * 52)}{0.2 * 6}}$$

$$Q = 400.19 \cong 400 \text{ unidades}$$

$$N = \frac{D}{Q} = \frac{8008}{400} = 20 \text{ pedidos en el año}$$

Ahora bien, se debe saber que la demanda es variable, entonces se adoptan medidas de error; en este caso se define que de los veinte pedidos que hacen en el año, solo a uno de ellos se le permite que pase la demanda; es decir, este es el agotamiento que la empresa acepta suceda.

La empresa ha establecido como política que es permitido como máximo que el 5 % de los pedidos no se puedan cumplir ($\alpha=0.05$).

Agotamiento aceptable = α

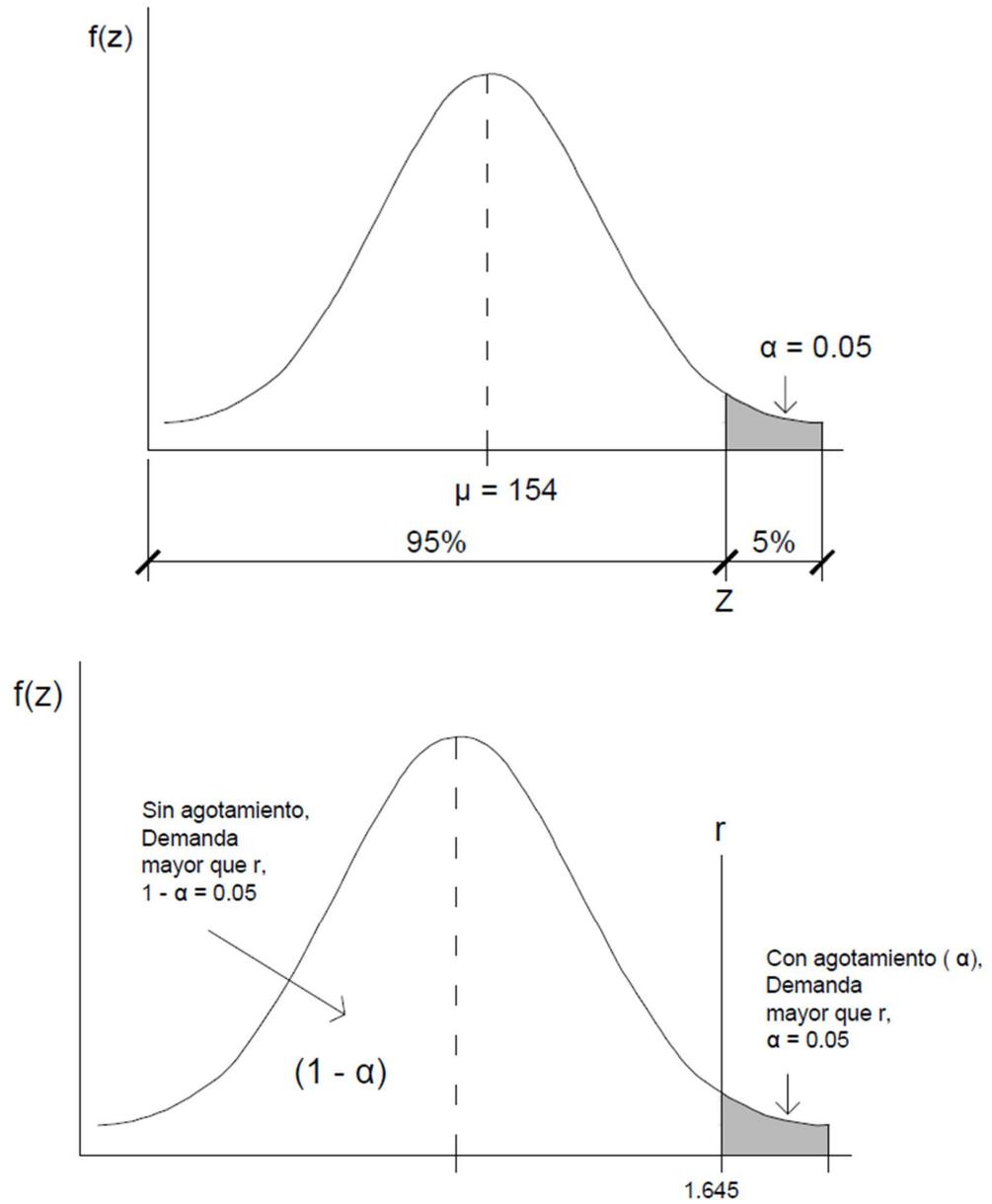
$$\alpha = \frac{1}{20} = 0.05$$

Entonces, el nivel de servicio = $1 - \alpha$

$$1 - \alpha = 1 - 0.05 = 0.95$$

La demanda del tiempo de remisión se presenta en la siguiente gráfica. Se identifican los aspectos: sin agotamiento y con agotamiento.

Figura 17. Demanda del tiempo de remisión



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

Se busca la cantidad de variaciones estándar necesarias para obtener la probabilidad de agotamiento aceptable (en la tabla de la distribución normal $Z_{(0,95)}$).

$$L = 1$$

$$\mu_L = 154 * 1 = 154$$

$$\sigma_L = 25 * 1 = 25$$

$$1 - \alpha = 1 - 0.05 = 0.95$$

$$Z_i(0.95) = 1.645$$

Z_i obtenido de tablas

$$r = \mu + Z_i * \sigma$$

$$r = 154 + 1.645 * 25$$

$$r = 195$$

r = unidades a mantener en reserva

Ahora se sabe que en el punto donde se tengan 195 unidades se debe volver a ordenar, para no correr con el riesgo de que la demanda sobrepase.

Con lo anterior también se puede conocer el *stock* de seguridad, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$SS = r - \mu$$

$$SS = 195 - 154$$

$$SS = 41$$

De esta forma, los costos serían los siguientes:

Costo de mantener, inventario normal:

$$C_{mi} \frac{Q}{2} = 1.20 \left(\frac{400}{2} \right) = \$240$$

Costo de mantener, existencia de seguridad:

$$C_{mi}(SS) = 1.20(41) = \$49$$

Costo de ordenar:

$$C_p \left(\frac{D}{Q} \right) = 12 \left(\frac{8008}{400} \right) = \$240$$

Costo total:

$$\$240 + \$49 + \$240 = \$529$$

3.3. Modelo de gestión "*just in time*"

"*Just in time*" (que también se usa con sus siglas JIT), literalmente quiere decir "justo a tiempo". Es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción.

Se trata de entregar materias primas o componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen "justo a tiempo" en la medida en que son necesarios.

El JIT no es un medio para conseguir que los proveedores hagan muchas entregas y con absoluta puntualidad para no tener que manejar grandes volúmenes de existencia o componentes comprados, sino que es una filosofía de producción que se orienta a la demanda.

La ventaja competitiva ganada deriva de la capacidad que adquiere la empresa para entregar al mercado el producto solicitado, en un tiempo breve, en la cantidad requerida. Evitando los costes que no producen valor añadido también se obtendrán precios competitivos.

Con el concepto de empresa ajustada hay que aplicar unos cuantos principios directamente relacionados con la calidad total.

El concepto parece sencillo. Sin embargo, su aplicación es compleja, y sus implicaciones son muchas y de gran alcance.

3.3.1. Características principales

El JIT tiene 4 objetivos esenciales:

- Poner en evidencia los problemas fundamentales
- Eliminar despilfarros
- Buscar la simplicidad
- Diseñar sistemas para identificar problemas

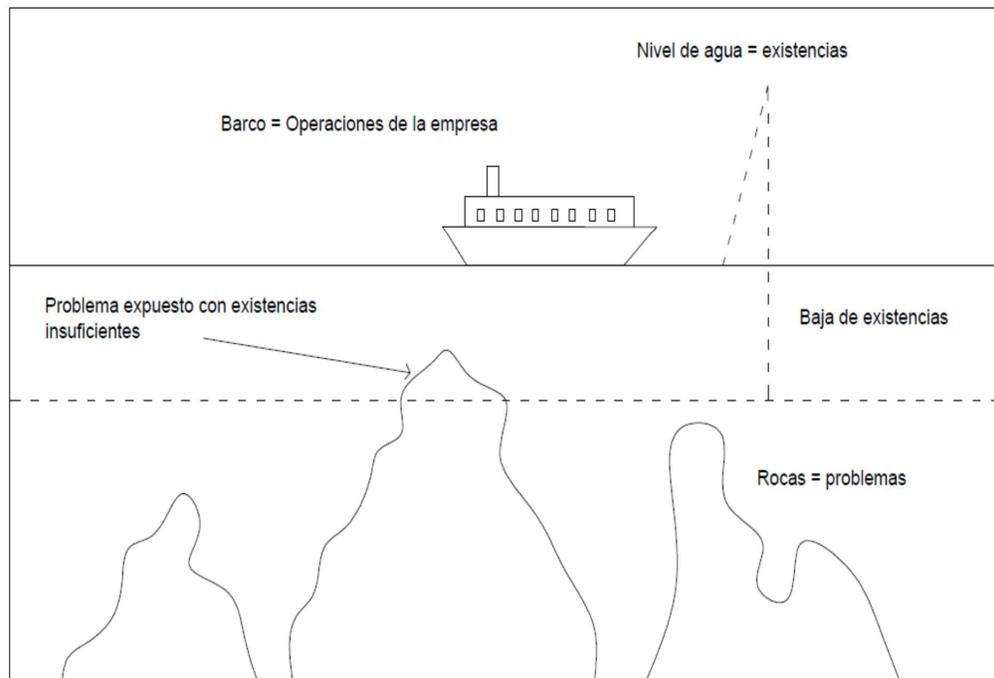
Estos principios forman una estructura alrededor de la cual se puede formular la aplicación del sistema JIT.

3.3.2. Poner en evidencia los problemas fundamentales

Para describir el primer objetivo de la filosofía JIT, los japoneses utilizan la analogía del “río de las existencias”.

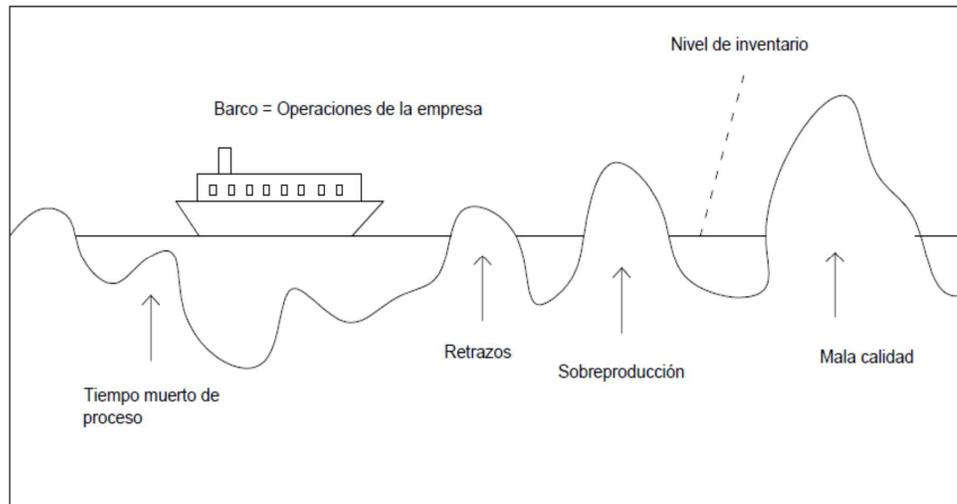
El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río, en otras palabras, reducir el nivel de las existencias, descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace bastante poco, cuando estos problemas surgían en algunas empresas, la respuesta era aumentar las existencias para tapar el problema.

Figura 18. **Río de las existencias**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

Figura 19. **Río de inventario con problemas expuestos**

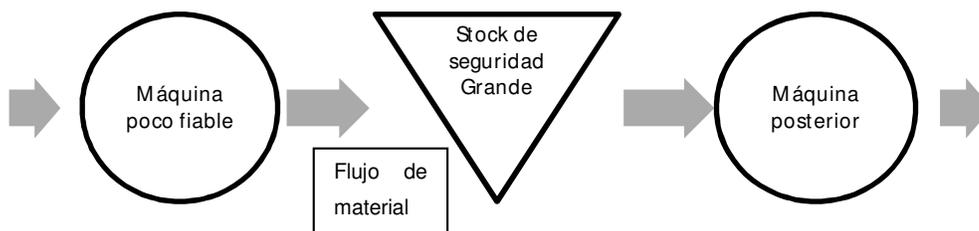


Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

3.3.3. Comparación entre enfoque tradicional y enfoque JIT

Los componentes esenciales del enfoque tradicional y el JIT se presentan en la figura siguiente.

Figura 20. **Enfoque tradicional**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

Figura 21. **Enfoque JIT**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

Tabla VIII. **Solución tradicional y solución JIT**

| Problema (rocas) | Solución tradicional | Solución JIT |
|------------------------------|--|---|
| Máquina poco fiable | <i>Stock</i> de seguridad grande | Mejorar la fiabilidad |
| Zonas con cuellos de botella | Programación mejor y más compleja | Aumentar la capacidad y la polivalencia de los operarios y máquinas |
| Tamaños de lote grandes | Almacenar | Reducir el tiempo de preparación |
| Plazos de fabricación largos | Acelerar algunos pedidos en base a prioridades | Reducir esperas, etc., mediante sistema de arrastre |
| Calidad deficiente | Aumentar los controles | Mejorar los procesos y/o proveedores |

Fuente: elaboración propia.

En este caso el enfoque JIT consiste en:

- Hacerlo bien a la primera
- El operario asume la responsabilidad de controlar, es decir, trabaja en autocontrol
- Garantizar el proceso mediante el control estadístico (SPC)
- Analizar y prevenir los riesgos potenciales que hay en un proceso
- Reducir *stocks* al máximo

3.3.4. En búsqueda de la simplicidad

El JIT pone mucho énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz. El primer tramo del camino hacia la simplicidad cubre 2 zonas:

- Flujo de material
- Control de estas líneas de flujo

Un enfoque simple respecto del flujo de material es eliminar las rutas complejas y buscar líneas más directas, si es posible unidireccionales. Otro es agrupar los productos en familias que se fabrican en una línea de flujo, con lo que se facilita la gestión en células de producción o minifactorías. La simplicidad del JIT también se aplica al manejo de estas líneas de flujo. Un ejemplo es el sistema Kanban, en el que se arrastra el trabajo.

3.3.5. Establecer sistemas para identificar los problemas

Con los sistemas de arrastre Kanban se sacan los problemas a la luz. Otro ejemplo es el uso del control de calidad estadístico que ayuda a identificar la fuente del problema. Con el JIT, cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial. Si realmente se quiere aplicar el JIT en serio se tienen que hacer 2 cosas:

- Establecer mecanismos para identificar los problemas
- Estar dispuestos a aceptar una reducción de la eficiencia a corto plazo, con el fin de obtener una ventaja a largo plazo.

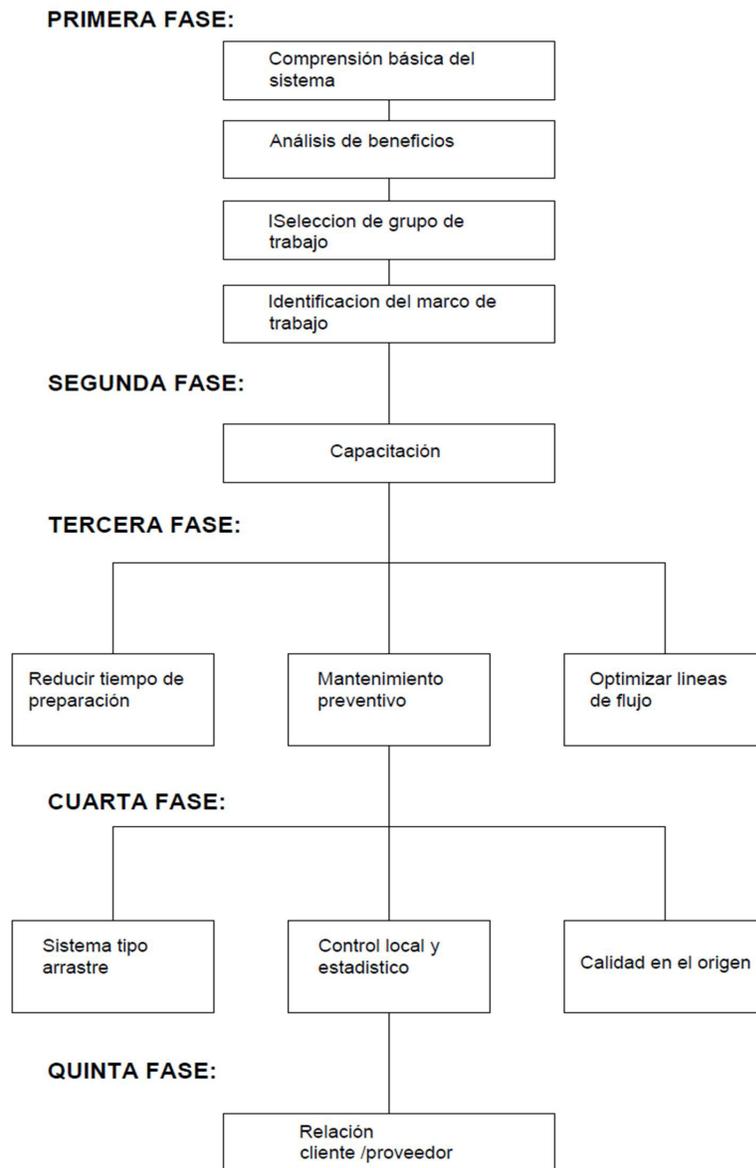
3.3.6. Definición de términos utilizados

- Sistema de fabricación “*push*”: literalmente “empujar”. Sistema de fabricación clásico en el que se produce para vender.
- Sistema de fabricación “*pull*”: literalmente “tirar”. Fabricación en flujo continuo en el que se produce porque se vende. En este sistema no se debe permitir que se acumule tanto la materia prima o componentes como el semielaborado, ya que las diversas fases no pueden realizar su tarea hasta que la fase siguiente esté lista para recibir la materia prima/ componentes o unidades semielaboradas. Con esto se reduce el inventario y el coste, además de abreviar el tiempo de reacción.
- Kanban: en japonés significa “registro visible”. Es un elemento del JIT para el suministro de lotes, mediante un sistema de etiquetas. Se reponen los productos a medida que se consumen.

3.3.7. Diagrama de flujo

En la gráfica que se presenta a continuación, se describe el proceso para la implantación del JIT.

Figura 22. **Implantación del JIT**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2013.

3.3.8. **Proceso**

Todas las fases del proceso se definen de manera particular.

3.3.8.1. Primera fase: cómo poner el sistema en marcha

Esta primera fase establece la base sobre la cual se construirá la aplicación. La aplicación JIT exige un cambio en la actitud de la empresa, y esta primera fase será determinante para conseguirlo. Para ello será necesario dar los siguientes pasos:

- Comprensión básica
- Análisis de coste/beneficio
- Compromiso
- Decisión si/no para poner en práctica el JIT
- Selección del equipo de proyecto para el JIT
- Identificación de la planta piloto

3.3.8.2. Segunda fase: capacitación, clave del éxito

Esta fase implica la educación de todo el personal. Se le ha llamado clave del éxito porque si la empresa escatima recursos, la aplicación resultante podría tener muchas dificultades.

Un programa de educación debe conseguir dos objetivos:

- Proporcionar una comprensión de la filosofía del JIT y su aplicación en la industria
- Estructurar el programa

No debe confundirse esta etapa de la educación con la formación. Educación significa ofrecer una visión más amplia, describir cómo encajan los elementos entre sí. La formación, en cambio, consiste en proporcionar un conocimiento detallado de un aspecto determinado.

3.3.8.3. Tercera fase: mejorar los procesos

El objetivo de las dos primeras fases es ofrecer el entorno adecuado para una puesta en práctica satisfactoria del JIT. La tercera fase se refiere a cambios físicos del proceso de fabricación que mejorarán el flujo de trabajo. Los cambios de proceso tienen tres formas principales:

- Reducir el tiempo de preparación de las máquinas
- Mantenimiento preventivo
- Cambiar a líneas de flujo

El tiempo de preparación es el que se tarda en cambiar una máquina para que pueda procesar otro tipo de producto. Para mejorar estos tiempos se utilizan herramientas como el SMED (cambio rápido de producción). Un tiempo de preparación excesivo es perjudicial por dos razones principales:

- Es un tiempo durante el cual la máquina no produce nada, de modo que los tiempos de preparación largos disminuyen el rendimiento de la máquina.
- Cuanto más largo es un tiempo, más grande tendería a ser el tamaño de lote, ya que, con un tiempo de preparación largo, no resulta económico producir lotes pequeños.

Con los lotes grandes llegan los inconvenientes del alargamiento de los plazos de fabricación y aumento de los niveles de existencias.

A medida que disminuyen los niveles de existencias en una aplicación JIT, las máquinas poco fiables son cada vez más problemáticas. La reducción de los *stocks* de seguridad significa que si una máquina sufre una avería, les faltará material a las máquinas siguientes. Para evitar que esto suceda, la aplicación JIT deberá incluir un programa de mantenimiento preventivo para ayudar a garantizar una gran fiabilidad del proceso. Esto se puede conseguir delegando a los operarios la responsabilidad del mantenimiento rutinario.

El flujo de trabajo a través del sistema de fabricación puede mejorar sustituyendo la disposición más tradicional por líneas de flujo (normalmente en forma de U). De esta forma el trabajo puede fluir rápidamente de un proceso a otro, ya que son adyacentes, reduciéndose así considerablemente los plazos de fabricación.

3.3.8.4. Cuarta fase: mejoras en el control

La forma en que se controle el sistema de fabricación determinará los resultados globales de la aplicación del JIT. El principio de la búsqueda de la simplicidad proporciona la base del esfuerzo por mejorar el mecanismo de control de fabricación:

- Sistema tipo arrastre
- Control local en vez de centralizado
- Control estadístico del proceso
- Calidad en el origen (autocontrol, programas de sugerencias, etc.)

3.3.8.5. Quinta fase: relación cliente – proveedor

Constituye la fase final de la aplicación del JIT. Hasta ahora se han descrito los cambios internos cuya finalidad es mejorar el proceso de fabricación. Para poder continuar el proceso de mejora se debe integrar a los proveedores externos y a los clientes externos.

Esta quinta fase se debe empezar en paralelo con parte de la fase 2 y con las fases 3 y 4, ya que se necesita tiempo para discutir los requisitos del JIT con los proveedores y clientes, y los cambios que hay que realizar requieren tiempo.

Es importante la selección de proveedores con base en criterios logísticos (entre otros).

Con el JIT, el resultado neto es un aumento de la calidad, un suministro a más bajo coste, y entrega a tiempo con una mayor seguridad, tanto para el proveedor como para el cliente.

4. APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

La aplicación de los métodos ABC, JIT y Pareto se plantean a modo de mejorar la calidad en la construcción como se mostrara en este capítulo.

4.1. Calidad en la construcción

Como se mencionó en el capítulo anterior, el proceso de globalización de la economía hace que la competencia entre países y empresas sea en la actualidad más intensa. Consumidores más educados, exigentes y con más opciones para satisfacer sus necesidades contribuyen a la presión que reciben las empresas por parte de los mercados para mejorar su competitividad. Por ello, es necesario que las empresas inviertan tiempo y capital en el mejoramiento de la calidad de sus productos y sus directivos logren el mejoramiento de la calidad total en todos los niveles de su empresa.

4.1.1. Calidad total

Para comprender el concepto de calidad total es necesario definir el concepto de calidad, el cual consiste en cumplir con los requerimientos o especificaciones del cliente, a través de la comparación de estándares para lograr la satisfacción plena de este.

El concepto de calidad total se origina a partir del concepto ampliado de control de calidad (técnicas y actividades para asegurar que se cumple con las especificaciones del cliente). La calidad es total porque comprende e involucra todos y cada uno de los aspectos y personas de la organización.

La calidad tradicional trataba de arreglar la calidad después de cometer errores, pero la calidad total se centra en conseguir que las cosas se hagan bien a la primera.

4.1.2. Impacto de la calidad en empresas de construcción

Con la presión que ejercen otras empresas y las exigencias de los clientes, las empresas en el área de construcción como otras empresas que se preocupan por ser más competitivas, han tenido que:

- Crear una cultura y ética de trabajo, en la cual cada empleado asume su responsabilidad para lograr el mejoramiento de la calidad.
- Dedicar su esfuerzo para satisfacer los requerimientos del cliente.
- Desarrollar un ambiente de trabajo disciplinado, orientado al trabajo en equipo, motivando a cada persona a rendir su máximo esfuerzo.
- Medir causales de incumplimiento.
- Mejorar los canales de comunicación interdepartamentales.
- Capacitar a su personal con respecto a la cultura de calidad.

Al crearse una cultura ética de trabajo, cada empleado realiza sus tareas de la mejor manera y con la mejor calidad para resolver problemas y satisfacer los requerimientos de los clientes (externos e internos), así como tener un ambiente de trabajo disciplinado, orientado al trabajo en equipo y en donde cada persona expanda su creatividad y encuentre su máximo desarrollo.

Es un proceso que busca la satisfacción de todo aquel que se encuentre involucrado, tanto fuera como dentro de la misma empresa. Así como importa el cliente, también importa el empleado y el proveedor, es decir, todos aquellos que integran la sociedad de la empresa.

4.1.3. Estrategias para lograr la calidad

Algunas estrategias que podrían implementar las empresas de construcción que se preocupan por realizar sus actividades y productos de calidad, serían:

- Visitar a proveedores y subcontratistas para comprobar su aptitud para la ejecución de trabajos para la obra.
- Calibrar sus equipos, por ejemplo de topografía, manómetros de la prensa de rotura de probetas, entre otros utilizados en diferentes actividades de una obra.
- Calificar el personal que participará en la ejecución de la obra.
- Contratar cursos o charlas necesarias para mejorar los resultados de obra, etc.

Es necesario que las empresas en el área de construcción identifiquen los parámetros, procesos y estrategias de valor que satisfacen las necesidades y expectativas del cliente, es decir, que incluyan el valor del cliente como objetivo fundamental.

Para lograrlo, es necesario crear programas para el mejoramiento continuo en el servicio a clientes, en actividades relacionadas con la construcción de la obra y en la innovación de productos que satisfagan las necesidades de los clientes, utilizando metodologías para el mejoramiento continuo de procesos sencillos o complejos y la reformulación de los diferentes procesos en obra, mediante el análisis de las prácticas y procedimientos de los mejores competidores e industrias de la construcción.

El mejorar la comunicación interdepartamental en la empresa ayuda a que no queden dudas sobre cómo realizar el trabajo, a medir causales de incumplimiento y a implementar el trabajo en equipo, como elemento necesario para lograr la calidad, empleando dinámicas de cooperación y coordinación de equipos, creando la participación, involucramiento y comportamiento cooperativo, que son herramientas básicas y necesarias para consolidar y hacer fuerte una empresa.

4.1.4. Ventajas de la calidad en empresas de construcción

Mediante el afianzamiento de la aplicación de la filosofía de la calidad al negocio de la construcción, se logra que las empresas en este negocio puedan ser más competitivas, entendiéndose por esto, que sus ineficiencias no son cargadas a sus precios; al contrario, podrán mejorar sus precios sin afectar fuertemente a sus utilidades.

Si se construye con calidad se tendrá la certeza de una mayor capacidad de resistencia ante diferentes fuerzas internas o externas que afecten las obras civiles y por ende su duración.

Una vez que las empresas han implementado el sistema de calidad total en sus operaciones y servicios, han logrado incrementar la productividad y la reducción de desperdicios, lo cual las ha llevado al afianzamiento de su imagen y al mismo tiempo, han visto que sus clientes tienen mayor confianza en sus servicios, dado que su satisfacción es máxima, lo que conlleva a una mejora en el posicionamiento de su mercado competitivo. No necesariamente es competitiva la empresa que mejor precio ofrece al mercado, sino aquella que ofrece mejor calidad, innovación tecnológica y satisfacción plena al cliente.

4.1.5. Métodos para evaluar y controlar la calidad

Algunas personas sostienen que la administración de la calidad total es muy vaga y que dicha indefinición crea problemas para las empresas deseosas de lograr una calidad total.

Por consiguiente, es importante llevar a cabo mediciones, ya que si una empresa no mide su desempeño actual, no le será posible fijar objetivos, y sin objetivos no hay manera de medir el progreso.

Las empresas que se reconocen por la preocupación de obtener una calidad total, registran mediciones indicativas de lo que realmente está sucediendo en el negocio. Estas mediciones ayudan a las compañías a predecir los cambios en el nivel de ingresos. Entre estas mediciones, de acuerdo con Sadgrove (1997), están:

- Productividad: es una medición fácil, pues toda empresa sabe cuánto produce. La tarea consiste entonces en fijar metas de mejoras.

- Desempeño financiero: las empresas generan registros financieros detallados, pero estas cifras no siempre son informativas; por esta razón, se utilizan razones financieras que permiten determinar el progreso corporativo. Es conveniente hacer notar que, aun cuando los datos financieros reflejan los éxitos o fracasos, no explican por qué han aumentado o disminuido los ingresos.
- Calidad de la producción: se centra en medir el servicio al cliente.
- Satisfacción del cliente: la organización debe verificar su respuesta a las demandas de los clientes (tiempos de entrega, confiabilidad, entre otros). También puede referirse a medir la lealtad de los clientes y el número de quejas.
- Actitudes del personal: si los obreros y empleados están desmotivados, la calidad de la obra o producto declinará y lo mismo sucederá con la productividad.
- Higiene, seguridad y medio ambiente: una empresa constructora medirá el número de accidentes anuales.

Las mediciones ayudan a la empresa a evaluar las mejoras y determinar los ahorros logrados. Resulta especialmente importante contar con registros de mediciones antes de iniciar los proyectos de mejoras; de otra manera, no sería posible apreciar el efecto real de un programa de calidad total.

Una vez que se comienza a obtener mejoras, es muy difícil conocer cuál era la situación antes de iniciar el programa.

4.1.6. Técnicas de *benchmarking*

Las técnicas de referenciación o *benchmarking* sirven para preguntarse: ¿Qué tan bueno es el desempeño de los empleados de la empresa, respecto del de los competidores en los aspectos importantes para los clientes? Entre dichos aspectos están el buen diseño, una alta calidad de respuesta o el apoyo técnico.

Primero se investiga cuáles son los factores importantes o que no son muy competitivos. Después se analiza cómo se comparan con los de los competidores y si es necesario se aplican mejoras. De esta manera, el *benchmarking* asegura que su empresa está a un nivel igual o superior al de sus mejores competidores en el mercado.

No siempre es fácil obtener información sobre los competidores. Por otra parte, medir el desempeño de empresas no competidoras puede ser poco indicativo. Algo de información puede obtenerse de los reportes anuales o de publicaciones especializadas. Las entrevistas con clientes también generan datos informativos. Algunas asociaciones industriales publican datos globales de su sector.

Ciertas empresas efectúan *benchmarking* respecto de sus propios datos históricos, pero el mejor método consiste en compararse contra las mejores empresas del mundo. Este método es utilizado por algunas empresas temerosas de estar cediendo terreno. Los verdaderos líderes del mercado no suelen mirar por encima del hombro, están ocupados en su siguiente etapa estratégica. Por tanto, no es conveniente considerar al *benchmarking* como la principal herramienta empresarial. Si no se compara el desempeño con las demás empresas, será difícil saber qué tan eficaz y eficiente es.

4.2. Problemática en la construcción

La mala calidad tiene un costo; cada vez que un obrero hace mal alguna pieza en la obra, la empresa necesita gastar tiempo y dinero en corregirla.

4.2.1. Calidad de trabajo

Cuando en una empresa surge un producto de mala calidad, esto constituye un desperdicio, se ha perdido el costo de los materiales y de la mano de obra utilizada. Son pocas las empresas que conocen su verdadero costo de la mala calidad.

4.2.2. Desperdicios desde enfoque JIT

La exitosa implementación de JIT depende de la flexibilidad, de los usuarios, proveedores de la estabilidad, la gestión total y el compromiso de los empleados, así como el trabajo en equipo.

A través de la eliminación de los desperdicios, JIT tiene como objetivo mejorar la calidad del producto y la productividad. Los desperdicios se consideran como un no valor añadido a una actividad. En cualquier operación, se comprende el movimiento y el trabajo. Solo el trabajo es una actividad que aporte valor. Por lo tanto, el movimiento es considerado como una forma de residuos.

Los residuos incluyen la sobreproducción de componentes y productos, retrasos en los materiales y la información, el transporte de materiales, procesamiento innecesario, exceso de existencias, las actividades humanas innecesarias y defectos en el material y la información.

La filosofía fundamental de JIT es eliminar los desechos; bajo el concepto JIT los desperdicios de la construcción se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Los desperdicios por sobreproducción
- Los desperdicios por los retrasos
- Desperdicio por transporte
- Los residuos por procesamiento innecesario
- Los desperdicios por exceso de inventario
- Los desperdicios por movimientos innecesarios
- Los desperdicios por defectos

La construcción es conducida de forma programada. Dado un programa bien estructurado, si todos se mantienen al día en su parte del programa, los trabajos fluyen sin problemas y se consigue el máximo rendimiento. Sin embargo, como se sabe, es raro que los proyectos funcionen precisamente a su calendario original.

Las condiciones de negocio cambian, las entregas se retrasan, un diseño requiere corrección, etc.

Si un programa tiene suficiente holgura en las actividades afectadas, los cambios no pueden afectar las fechas de finalización.

Cuando hay poca o ninguna holgura, se presiona a los trabajadores a realizar una producción acelerada, la cual repercute en la disminución de la calidad.

4.2.3. Empresas

El problema común en las empresas es el no contar con un sistema que les garantice una mejora continua de su calidad y de este modo en su mayoría únicamente manejan el sistema tradicional, el cual mantiene muchos desperdicios dentro del mismo, produciendo un aumento de gastos y una disminución de la utilidad.

4.3. Áreas problema en la industria de la construcción

Estas áreas se enfocan en:

- Los problemas en la interfaz entre el constructor, los diseñadores y los ejecutores: este problema hace hincapié en la totalidad del proyecto a menudo.
- Los problemas de logística para los materiales de construcción y otros productos utilizados en el proceso de construcción.
- Los problemas en la planificación y gestión de proyectos de construcción.

La mayoría de los problemas de un proyecto de construcción típica pueden llegar a existir en la interfaz entre el constructor, los diseñadores y los ejecutores.

Figura 23. **Áreas problema de fase primaria**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

Las interfaces son de especial interés porque gran parte de las premisas para la productividad y la logística resultante se crean aquí. Los problemas pueden deberse a varias situaciones como los problemas de comunicación entre las diferentes profesiones, culturas, ideologías, entre otras.

Un problema común es que el diseñador, generalmente en el caso de los arquitectos, piensa muy poco en el proceso de construcción de sus diseños, lo que genera ocasionalmente una queja posterior por parte del ejecutor debido a la falta de experiencia técnica que el diseñador aplica en la fase de diseño.

El cambio constante de grupos de trabajo entre un proyecto y otro también afecta las relaciones profesionales en las diferentes interfaces, ya que no se puede establecer un trabajo de equipo correlacionado y consistente a largo plazo, como sucede en otras industrias donde el equipo casi siempre es el mismo y por lo tanto su correlación entre las diferentes áreas se incrementa.

4.4. Solución y recomendación: estrategia para la construcción

El objetivo de JIT es la eliminación de los topes y desperdicios (materiales o tiempo) entre procesos de producción, logrando un flujo más continuo dentro de la producción. Aunque el objetivo que se busca con JIT es el mismo en cualquier industria, las estrategias para alcanzarlo son diferentes. Mientras que el método ABC y el principio de Pareto buscan identificar los mayores problemas para el caso de estudio y cuánto afecta al mismo.

Utilizando los 3 métodos mencionados anteriormente se desarrollara una ruta para la solución de problemas.

Por lo tanto, el objetivo principal será la eliminación de problemas de desperdicios que repercuten en la calidad y utilidad del proyecto.

4.4.1. Identificar problemas: desperdicio

El problema de estudio es la calidad de construcción de los proyectos de ingeniería civil. Como se ha visto anteriormente, el principal problema de la calidad en la construcción son los desperdicios y sus causas son variadas. El desperdicio afecta todas las arenas involucradas en la construcción, ya que reduce la calidad de los elementos y la utilidad del proyecto. La magnitud de cada categoría de desperdicio varía según el proyecto de construcción que se estudie. Clasificar los desperdicios dentro de las categorías del siguiente modelo o por ende uno muy similar. En el modelo de clasificación se toma en cuenta:

- Los desperdicios por sobreproducción
- Los desperdicios por los retrasos

- Desperdicio por transporte
- Los residuos por procesamiento innecesario
- Los desperdicios por exceso de inventario
- Los desperdicios por movimientos innecesarios
- Los desperdicios por defectos

Para localizar los desperdicios se recomienda:

- Realizar una buena clasificación de los materiales y procesos.
- Tener en cuenta que en ocasiones se producen combinaciones de desperdicios simultáneamente, si la combinación es muy frecuente puede ser útil unir ambas clasificaciones en una sola.
- Establecer la recopilación de datos en un solo sistema de unidades de medida, para su fácil comparación de resultados.
- Medición de tiempo en horas, minutos y segundos. Para poseer datos más exactos sobre la productividad, retraso, etc.

4.4.2. Ejemplo de clasificación de desperdicio con aplicación de método ABC

En el siguiente ejemplo se muestra un modelo de clasificación para un proyecto, al cual se le llamará XYZ. Se elabora una tabla como la siguiente en orden descendente. El porcentaje está calculado sobre la repercusión en el costo total de la obra, aun así este se puede calcular sobre el precio total si se desea.

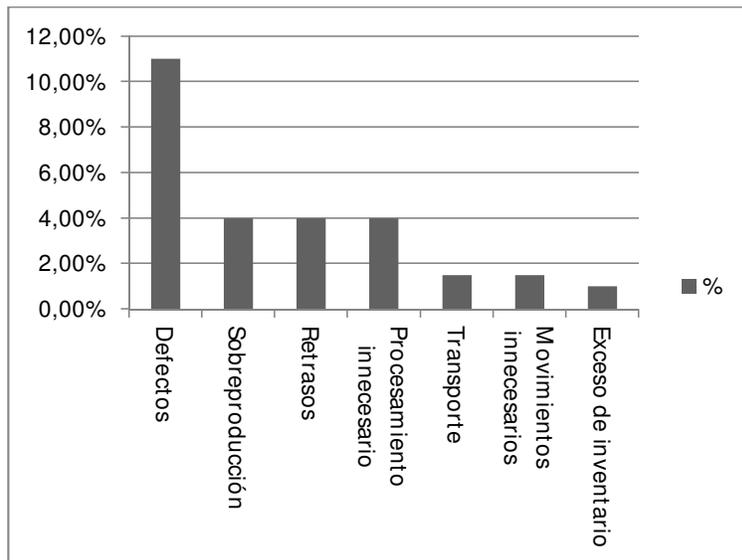
Tabla IX. **Ejemplo de desperdicios sobre costo total**

| Categoría | % |
|---------------------------|--------------|
| Defectos | 11,00 |
| Sobreprroducción | 4,00 |
| Retrasos | 4,00 |
| Procesamiento innecesario | 4,00 |
| Transporte | 1,50 |
| Movimientos innecesarios | 1,50 |
| Exceso de inventario | 1,00 |
| TOTAL | 27,00 |

Fuente: elaboración propia.

Del cual se obtiene el siguiente gráfico:

Figura 24. **Porcentaje de desperdicio en costo total**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2010.

Ahora se realiza una tabla para indicar el desperdicio de cada categoría sobre el total de desperdicios, no sobre el costo.

Tabla X. **Desperdicio porcentual**

| Categoría | % desperdicio | % acumulado de desperdicio |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Defectos | 40,74 | 40,74 |
| Sobreproducción | 14,81 | 55,56 |
| Retrasos | 14,81 | 70,37 |
| Procesamiento innecesario | 14,81 | 85,19 |
| Transporte | 5,56 | 90,74 |
| Movimientos innecesarios | 5,56 | 96,30 |
| Exceso de inventario | 3,70 | 100,00 |

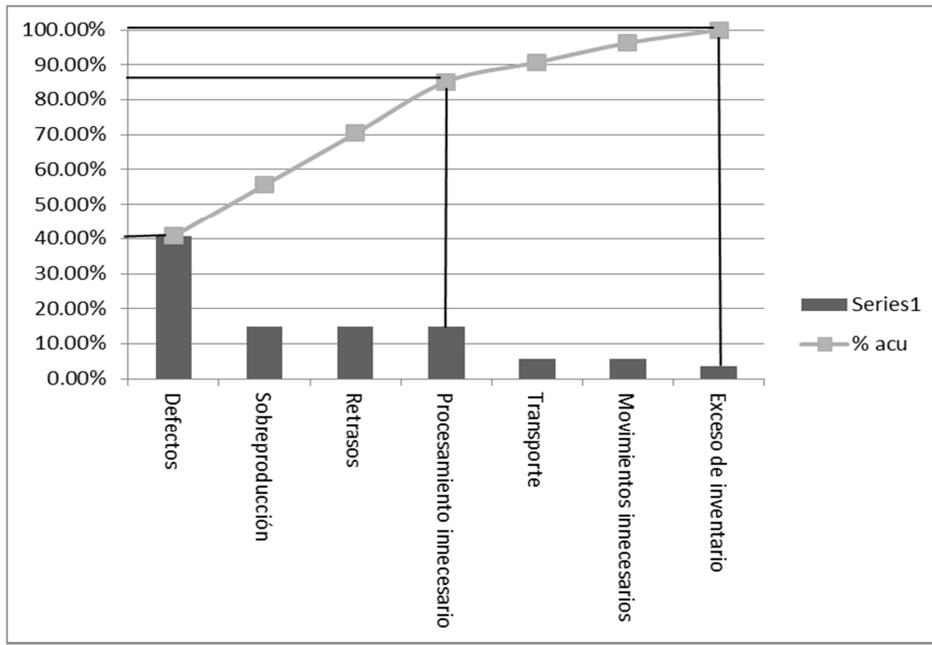
Fuente: elaboración propia.

De la cual se obtiene el siguiente gráfico donde las barras simbolizan al porcentaje de desperdicio y los puntos el porcentaje acumulado de desperdicio.

Se debe realizar siempre en orden descendente como en la tabla, para poder aplicar de esta forma el método ABC o Pareto y también visualizar de manera sencilla la magnitud de las categorías.

En la siguiente gráfica se presentan los porcentajes de desperdicio y las causas que lo provocan.

Figura 25. Desperdicio porcentual



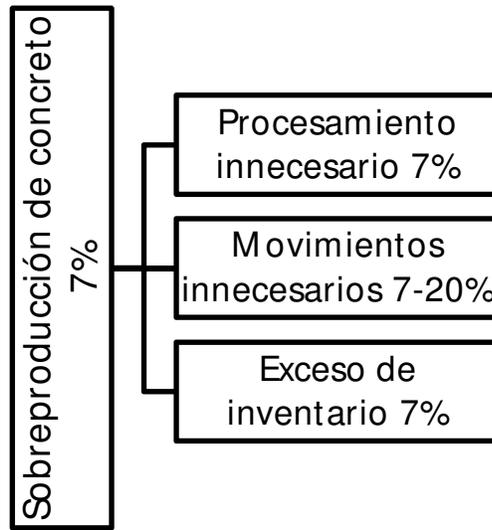
Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2010.

Se puede observar que la mayor parte del desperdicio es por defectos y que estos provocan otro tipo de desperdicios. Si por ejemplo se realiza un elemento que se encuentra defectuoso y se pide cambiarlo, se elaborará otro igual que consumirá recursos y actividades de forma innecesaria; esto no sucedería si el primero se hubiese realizado con calidad.

A esto se agrega el transporte de materiales y el retraso en el programa. Por este motivo se reconoce que los desperdicios están vinculados entre sí. De modo que en ocasiones se pueden expresar como una jerarquía y en otras como un ciclo del que son producto.

Lo anterior se puede expresar con un ejemplo como el siguiente:

Figura 26. **Vínculos de desperdicio**



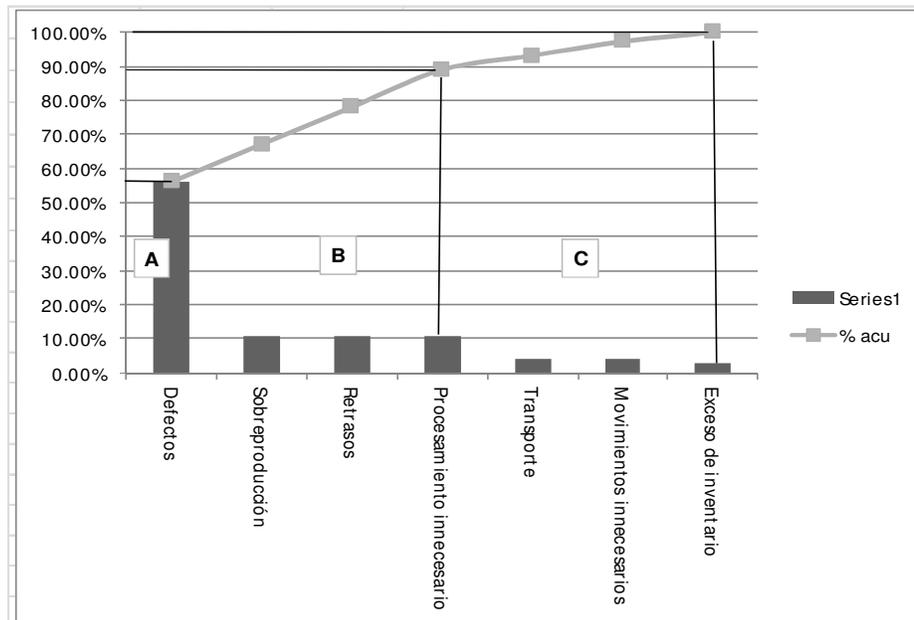
Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

Comprendiendo esta relación entre los diferentes tipos de desperdicio, se puede establecer que de los datos de tablas anteriores el mayor generador de problemas es el desperdicio por defectos para este ejemplo. Donde de manera aproximada, se suman sus vínculos con los demás desperdicios relacionados con este.

Defectos = defectos + movimientos innecesarios + procesamiento innecesario + retrasos.

A lo que se da la relación ABC presentada en la figura siguiente.

Figura 27. **Problema vinculado: defectos**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2010.

Y a partir del mismo se puede concluir que los desperdicios influyen a su vez en otros desperdicios, incrementando los costos y disminuyendo la utilidad. Es por eso que se plantea la utilización del JIT como una solución para reducir los mismos y elevar la calidad total.

4.4.3. **Mentalización**

- Capacitación de los trabajadores: cuando los trabajadores de la construcción entran al sitio de la obra por primera vez, ellos reciben inducción y entrenamiento en los siguientes temas:
 - Los tipos de desperdicio se explican concretamente para darles un sentido de involucramiento

- La importancia de los procedimientos estandarizados de operación
- La sugerencia de mejoras y sus incentivos
- El mejoramiento continuo de los procesos
- Incentivo para reducir el desperdicio: se plantea que las compañías adopten un sistema de pago de incentivos para retribuir con una recompensa monetaria al trabajador que ha reducido el desperdicio o ha sugerido una mejora. Aunque el pago no sea tan sustancioso (por ejemplo, el pago relativo a medio día de trabajo por propuesta validada y estandarizada). Si las sugerencias de mejora son adoptadas en la obra, aun si el pago es poco, dará a los trabajadores un incentivo para sugerir mejoras y reducir los desperdicios.

4.4.4. Mejora de procesos

A continuación se describen las diversas propuestas realizadas.

4.4.4.1. Establecer y documentar procedimientos estandarizados

Los documentos del manual de procedimiento estándar es un manual describiendo los pasos de la operación estándar para cada tipo de trabajo incluyendo fabricación, montaje, desmontaje, limpieza, entre otros. En el manual también se describen las precauciones, el método de trabajo, la duración de la actividad (por horas, minutos y segundos) para cada elemento, incluyendo movimientos preparatorios, trabajo principal y la limpieza al finalizar la jornada.

Figura 28. Documentación de un proceso

Concreto: prueba de asentamiento (*Slump Test*)

Operaciones



- Obtener una muestra de concreto al azar
- Colocar el molde limpio y humedecido con agua sobre una superficie plana y humedecida, pisando las aletas.
- Verter una capa de concreto hasta un tercio del volumen (67 mm de altura) y apisonar con la varilla lisa uniformemente, contando 25 golpes.
- Verter una segunda capa de concreto (155 mm de altura) y nuevamente apisonar con la varilla lisa uniformemente, contando 25 golpes. Los golpes en esta capa deben llegar hasta la capa anterior.
- Verter una tercera capa (en exceso) y repetir el procedimiento, siempre teniendo cuidado en que los golpes lleguen a la capa anterior.
- Retirar el molde con mucho cuidado (no debería hacerse en menos de 5 segundos), se coloca invertido al lado del pastón, y se coloca la varilla sobre este para poder determinar la diferencia entre la altura del molde y la altura media de la cara libre del cono deformado.

Notas



- Como es usual, les faltará un poco de concreto al final, así es que se tendrá que rellenar el faltante y enrasar el molde con la varilla lisa.
- Desde el inicio del procedimiento, hasta este punto no deben de haber pasado más de 2 minutos.
- Es permitido dar un pequeño golpe al molde con la varilla para que se produzca la separación del pastón.



Fuente: elaboración propia.

El método de trabajo se explica mediante una combinación de figuras y fotografías para una mayor comprensión. Se recomienda publicar los procedimientos más comunes que sean de fácil visualización para los trabajadores del lugar. Proporcionar una explicación corta de cada una y la importancia que tiene para la calidad de la obra el que se lleve a cabo dicho procedimiento estandarizado.

4.4.4.2. Líneas de producción

Para cada operación es conveniente hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Qué se necesita que la celda de trabajo entregue durante este período de producción?
- ¿Cuántos operarios se necesitan en esa celda de trabajo a fin de obtener exactamente el volumen de producto que se requiere?

Al preguntar primero qué se necesita y luego cuántos operarios son necesarios en determinado tiempo para cumplir los requisitos de producción del programa, se establece el concepto JIT de “un operario, múltiples trabajos”. Al tener estadísticas de procesos productivos estandarizados se puede asignar el tiempo de trabajo en el cual debe estar realizada la operación que se otorga al grupo de trabajo.

Una manera de mantener la flexibilidad de los equipos es crear celdas de trabajo temporales; se forman para cumplir requerimientos específicos o esporádicos, y se deshacen cuando se haya cumplido con esos requerimientos. Obviamente, esto resulta práctico solamente si los equipos en cuestión son pequeños y fáciles de trasladar.

La rotación de trabajo de los empleados debe ser dinámica, de manera que cuando completen una operación cambien a otra de su celda o colaborar con el grupo que represente el mayor atraso a manera de mantener el programa.

4.4.4.3. Encontrar y eliminar desperdicio

- El desperdicio de la producción defectuosa: es producir elementos defectuosos o manejar materiales de manera inadecuada. También incluye el desperdicio por volver a hacer un trabajo y pérdidas de productividad asociadas con interrupciones en la continuidad del proceso. Afectan la capacidad del proceso, añaden costos y ponen en peligro la calidad final. Para prevenir estos desperdicios, los trabajadores hacen con calidad sus productos durante la construcción. Tanto el ingeniero como el residente de la obra, dan una inspección final para detectar defectos en la calidad y así eliminar el desperdicio en la corrección. El JIT busca realizar bien todo producto desde la primera vez, lo cual reduce *stocks* posteriores.
- El desperdicio por sobreproducción: se refiere a la producción de materiales, partes o piezas que no son requeridas por el proceso; el inventario no es flujo, no genera valor y consume recursos (espacio, manipulación, defectos, obsolescencia...) y, más importante, hace nuestros *inputs* (espacio, mano de obra, maquinaria, método y tiempo) recursos no económicos, no eficientes. Mientras se producen excedentes se gastan recursos que podrían aplicarse a otros menesteres, que podrían generar valor inmediato. El desperdicio por sobreproducción también encubre a otros.

- Cómo evitar la sobreproducción: para ello las líneas de producción deben ser reorganizadas, establecerse reglas que prevengan su ocurrencia y la estandarización de procedimientos. Debe producirse solo la cantidad necesaria, para ello se debe elaborar un plan preciso de los recursos a utilizar, junto con el manual de procedimientos estandarizados para su elaboración, debido a que la mayor cantidad de sobreproducción en la construcción sucede en los procesos de fabricación.
- Desperdicio en el procesamiento innecesario: se genera cuando a un producto o servicio se le realiza más trabajo que el necesario. Usualmente implica desperdicio de espacios, materiales y mano de obra. Se pueden mencionar como ejemplos, el supervisar más de lo necesario algún elemento de la obra, elaborar una mayor cantidad de concreto o mortero del requerido. Para reducir este desperdicio, los elementos estructurales precortados se fabrican fuera de la obra, y materiales como el concreto se compran a compañías.
- Desperdicio en transporte: se refiere a mover el material más de lo necesario, ya sea desde un proveedor o un almacén hacia el proceso, entre procesos e incluso dentro de un mismo proceso. Se toma mucho tiempo en el transporte de materiales en la obra. Para prevenir el desperdicio en el transporte se fijan las reglas, de tal forma que los materiales puedan ser entregados en los lugares donde se necesitan y se minimizan las líneas de flujo de los trabajadores y los materiales. Mientras más cerca estén los materiales de donde se necesitan, menor es el trabajo realizado para llevarlos de un sitio a otro, el cual en vez de ser aplicado para transporte es aplicado para otro tipo de movimientos.

- Exceso de inventario: es la acumulación de productos y/o materiales en cualquier parte del proceso, es un inventario “*stock*” de cualquier cosa; es especialmente dañino pues las compañías, lo usan para ocultar problemas, lo que ocasiona que las personas no estén motivadas a realizar mejoras. Genera otras formas de desperdicio como: el tiempo de espera, transporte, fallas y defectos. También se incluyen aquí los excesos de material, material en proceso o elemento terminado, documentos en espera de procesarse, etc. Para prevenir un inventario no necesario, los materiales y el equipo son entregados en los lugares de la obra en donde se necesitan, cambiando hacia el siguiente lugar donde se vayan a utilizar de forma rápida. Se reduce el espacio para el almacenamiento de materiales y equipo y se elimina el movimiento inútil de buscar materiales y equipos por el sistema de inventario.
- Desperdicio del movimiento: se define como cualquier movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una operación o actividad. Cada vez que una persona se estira, inclina o gira, puede generar un desperdicio de movimiento, así como desplazarse para ir por material, herramientas, planos, formatos, copias, etc. Los sobreesfuerzos también son considerados dentro de este tipo. Para su reducción, se debe haber creado un buen manual sobre los procedimientos a realizar en cada proceso y que este haya tomado en cuenta las formas de realizar cada operación con el menor esfuerzo y tiempo posible, logrando buenos resultados. También tomar en cuenta futuras opiniones de los trabajadores sobre cómo mejorar las operaciones.
- Desperdicio de esperar: indica el tiempo perdido entre operaciones o durante una operación, debido a material olvidado, líneas no balanceadas, errores de programación, pedidos retrasados, etc. Para

reducir el desperdicio de esperar, se adopta el sistema JIT, se contratan trabajadores con múltiples usos y se llevan al cabo actividades de sugerencia de mejoras. Por ejemplo al tener trabajadores que puedan involucrarse en diferentes áreas, se pueden acelerar los procesos sin tener que contratar nuevos trabajadores y que estos queden a la espera de la finalización de algún proceso para poder continuar sus labores.

Como JIT lo indica es mejor disponer de un solo proveedor confiable, para que realice entregas efectivas en los tiempos programados.

4.4.5. Mejora de control

A continuación se describen las propuestas de mejora de control.

4.4.5.1. Conservar el lugar de la construcción limpio

Es necesario para las compañías de construcción causar una buena impresión en los visitantes, no solo en los clientes actuales sino también en los potenciales. El sitio de construcción que está limpio como un exhibidor causa una buena impresión en los visitantes y crea una oportunidad de negocio. Los trabajadores que se destacan por la limpieza de sus sitios de construcción son motivados a liderar las mejoras siguientes. Por esta razón, se toman las siguientes medidas:

- Ordenar y limpiar el sitio de la construcción, practicar buenos modales (incluyendo saludos).
- La implementación de estas actividades son checadas y mostradas a diario en la pizarra de inspección.

Tabla XI. **Tabla de control**

| | Actividad | Fecha inicio | Fecha fin | Limpieza | Desperdicios | Calidad |
|---|-----------|--------------|-----------|----------|--------------------------|---------|
| 1 | Nombre | 00:00:00 | 00:00:00 | 1 - 10 | 1- 10 e identificar tipo | 1 - 10 |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| | Total | | | | | |

Comentarios: _____

Recomendaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

4.4.5.2. **Relación cliente – proveedor**

Con materiales que fluyen en la fábrica sobre una base JIT, la coordinación con los proveedores es muy importante con el fin de asegurar que los materiales adecuados vengan en el momento adecuado. Demasiados proveedores provocarán tener un menor tiempo para agilizar los pedidos, esfuerzos de retroalimentación y coordinación con cada uno. Por lo tanto, JIT hace hincapié en la necesidad de reducir el conjunto de proveedores y, eventualmente, trabajar en pro de una única fuente de suministro. Esto requiere la forja de relaciones comerciales a largo plazo, basada en la confianza y beneficio mutuos.

Al ser un único proveedor, este tendrá un negocio seguro a largo plazo, será capaz de invertir en maquinaria y automatización, para mejorar la productividad y reducir los costos.

Esto, a su vez, funciona bien para la producción de la compañía como en la capacidad del proveedor de suministrar materiales de mejor calidad y al menor costo.

Es más fácil manejar un grupo más pequeño de proveedores. Será más fácil administrar proveedores con el fin de reducir su número y al mismo tiempo garantizar que la producción JIT estará bien apoyada para las entregas cruciales con los proveedores seleccionados.

4.5. Caso de estudio

Se realizará la construcción de 3 calles ($\Sigma = 700$ m) de concreto para una colonia, los tramos a trabajar son semiplanos y rectos. El espesor del concreto es de 15 cm y el de su base, de 20 cm.

El cuadro de renglones muestra los datos clasificados de la planificación del proyecto a trabajar. Para el cual se replantearán los mismos con un análisis ABC y JIT, con el objetivo de conocer cuáles son los puntos vitales y cómo mantener la calidad en los mismos.

Tabla XII. Cuadro de renglones

| No. | Descripción | Cantidad | Unidad | P. Unitario | Total |
|----------|---|----------|----------------|-------------|------------|
| 1 | Planificación | | | | |
| 1.1 | Planificación con planos | 1,00 | global | Q7 500,00 | Q7 500,00 |
| 2 | Trabajos preliminares | | | | |
| | Trazo Nivelación y Replanteo | | | | |
| 2.1 | Trazo | 4 835,00 | m ² | Q2,10 | Q10 153,50 |
| 2.2 | Nivelación y replanteo topográfico | 4 835,00 | m ² | Q2,10 | Q10 153,50 |
| 2.3 | Colocación de trompos de geometría y nivelación | 4 835,00 | m ² | Q2,30 | Q11 120,50 |
| | Limpieza del área de trabajo | | | | |
| 2.4 | Mano de obra para limpieza de área de trabajo inicial | 4 835,00 | m ² | Q4,50 | Q21 757,50 |
| 2.5 | Maq. y herr. para limpieza de área de trabajo inicial | 4 835,00 | m ² | Q4,00 | Q19 340,00 |
| | Desmote y chapeo de lateral de calle | | | | |
| 2.6 | Desmote, chapeo de lateral de calle, mano de obra | 4 835,00 | m ² | Q2,00 | Q9 670,00 |
| 2.7 | Maquinaria y herramienta para limp de laterales de calle | 4 835,00 | m ² | Q1,50 | Q7 252,50 |
| 3 | Preparación del terreno | | | | |
| | Corte de cajuela | | | | |
| 3.1 | Corte con motoniveladora (operador, combustible, traslado) | 1 733,00 | m ³ | Q55,00 | Q95 315,00 |
| 3.2 | Rectificación de nivelación (trompos, mano de obra, madera) | 1 733,00 | m ³ | Q21,50 | Q37 259,50 |
| | Vaciado de tierra por el corte de cajuela | | | | |
| 3.3 | Acarreo de tierra con cargador frontal (operador, combustible, traslado) | 1 924,00 | m ³ | Q13,50 | Q25 974,00 |
| 3.4 | Traslado de tierra hasta tiradero de ripio (camión, combustible, piloto) | 1 924,00 | m ³ | Q28,00 | Q53 872,00 |
| | Escarificación de la subrasante | | | | |
| 3.5 | Escarificación con motoniveladora hasta 0.15m (operador, combustible, traslado) | 4 835,00 | m ² | Q15,00 | Q72 525,00 |
| 3.6 | Riego de agua para tender la subrasante (camión cisterna, piloto, combustible) | 4 835,00 | m ² | Q11,00 | Q53 185,00 |
| | Mezcla de la sub-rasante | | | | |
| 3.7 | Tendido de la sub-rasante con verificación de niveles | 4 835,00 | m ² | Q12,00 | Q58 020,00 |
| 3.8 | Riego de agua para tender la sub-rasante (camión cisterna, piloto, combustible) | 4 835,00 | m ² | Q13,00 | Q62 855,00 |
| | Acarreo y colocación de material selecto para base | | | | |
| 3.9 | Material Selecto desde banco (traslado en camión de volteo, compra) | 861,00 | m ³ | Q14,00 | Q12 054,00 |
| 3.10 | Tendido de la base con verificación de niveles | 861,00 | m ³ | Q17,00 | Q14 637,00 |
| | Nivelación y compactación de la base | | | | |
| 3.11 | Nivelación con verificación de la rasante con motoniveladora | 4 835,00 | m ² | Q6,00 | Q29 010,00 |
| 3.12 | Riego de agua para base (camión, cisterna, piloto, combustible) | 4 835,00 | m ² | Q6,50 | Q31 427,50 |

Continuación de la tabla XII.

| | | | | | |
|----------|--|----------|----------------|-----------|-------------|
| 3.13 | Compactación con vibro compactadora de la base (operador, combustible, traslado) | 4 835,00 | m ² | Q6,25 | Q30 218,75 |
| 4 | Pavimento de concreto hidráulico | | | | |
| | Colocación de formaleta metálica | | | | |
| 4.1 | Colocación de formaleta metálica, mano de obra | 4 835,00 | m ² | Q8,00 | Q38 680,00 |
| 4.2 | Herramienta y material para colocación de formaleta metálica | 4 835,00 | m ² | Q5,75 | Q27 801,25 |
| | Colocación de concreto 4000 psi | | | | |
| 4.3 | Concreto hidráulico 4000 psi | 726,00 | m ³ | Q1 323,84 | Q961 107,84 |
| 4.4 | Pruebas de laboratorio | 3,00 | unidad | Q1 562,50 | Q4 687,50 |
| | Aplicación de vibrador superficial para colocación de concreto | | | | |
| 4.5 | Vibrador superficial, colocación, uso | 4 835,00 | m ² | Q16,00 | Q77 360,00 |
| 4.6 | Operación de vibrador, combustible, traslado equipo | 4 835,00 | m ² | Q10,25 | Q49 558,75 |
| | Textura de concreto | | | | |
| 4.7 | Planchado de superficie de concreto, mano de obra | 4 835,00 | m ² | Q4,25 | Q20 548,75 |
| 4.8 | Textura con escoba de raíz natural, mano de obra | 4 835,00 | m ² | Q4,00 | Q19 340,00 |
| | Colocación de antisol rojo (incluye curador) | | | | |
| 4.9 | Aplicación de curador (antisol rojo) | 4 835,00 | m ² | Q17,00 | Q82 195,00 |
| 4.10 | Herramienta y mano de obra para aplicación de curador | 4 835,00 | m ² | Q11,50 | Q55 602,50 |
| | Juntas de dilatación | | | | |
| 4.11 | Trazo para corte | 2 334,00 | m | Q6,25 | Q14 587,50 |
| 4.12 | Corte con disco diamante, mano de obra, combustible | 2 334,00 | m | Q18,50 | Q43 179,00 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Resumen de renglones**

| No. | Descripción | Cantidad | Unidad | P. Unitario | Total |
|----------|--|----------|----------------|-------------|-------------|
| 1 | Planificación | | | | |
| | Planificación con planos | 1,00 | global | Q7 500,00 | Q7 500,00 |
| 2 | Trabajos preliminares | | | | |
| | Trazo Nivelación y Replanteo | 4 835,00 | m ² | Q6,50 | Q31 427,50 |
| | Limpieza del área de trabajo | 4 835,00 | m ² | Q8,50 | Q41 097,50 |
| | Desmote y chapeo de lateral de calle | 4 835,00 | m ² | Q3,50 | Q16 922,50 |
| 3 | Preparación del terreno | | | | |
| | Corte de cajuela | 1 733,00 | m ³ | Q76,50 | Q132 574,50 |
| | Vaciado de tierra por el corte de cajuela | 1 924,00 | m ³ | Q41,50 | Q79 846,00 |
| | Escarificación de la subrasante | 4 835,00 | m ² | Q26,00 | Q125 710,00 |
| | Mezcla de la subrasante | 4 835,00 | m ² | Q25,00 | Q120 875,00 |
| | Acarreo y colocación de material selecto para base | 861,00 | m ³ | Q31,00 | Q26 691,00 |
| | Nivelación y compactación de la base | 4 835,00 | m ² | Q18,75 | Q90 656,25 |
| 4 | Pavimento de concreto hidráulico | | | | |
| | Colocación de formaleta metálica | 4 835,00 | m ² | Q13,75 | Q66 481,25 |
| | Colocación de concreto 4000 psi | 726,00 | m ³ | Q2 886,34 | Q965 795,34 |
| | Aplicación de vibrador superficial para colocación de concreto | 4 835,00 | m ² | Q26,25 | Q126 918,75 |
| | Textura de concreto | 4 835,00 | m ² | Q8,25 | Q39 888,75 |
| | Colocación de antisol rojo (incluye curador) | 4 835,00 | m ² | Q28,50 | Q137 797,50 |
| | Juntas de dilatación | 2 334,00 | m | Q24,75 | Q57 766,50 |

Fuente: elaboración propia.

Se procedió a realizar un resumen de los renglones como lo muestra la tabla a modo de formar grupos más compactos y fáciles de analizar.

Tabla XIV. Resumen de renglones ordenados descendientemente

| Descripción | Cantidad | Unidad | P. Unitario | Total |
|--|----------|----------------|-------------|-------------|
| Colocación de concreto 4000 psi | 726,00 | m ³ | Q2 886,34 | Q965 795,34 |
| Colocación de antisol rojo (incluye curador) | 4 835,00 | m ² | Q28,50 | Q137 797,50 |
| Corte de cajuela | 1 733,00 | m ³ | Q76,50 | Q132 574,50 |
| Aplicación de vibrador superficial para colocación de concreto | 4 835,00 | m ² | Q26,25 | Q126 918,75 |
| Escarificación de la subrasante | 4 835,00 | m ² | Q26,00 | Q125 710,00 |
| Mezcla de la subrasante | 4 835,00 | m ² | Q25,00 | Q120 875,00 |
| Nivelación y compactación de la base | 4 835,00 | m ² | Q18,75 | Q90 656,25 |
| Vaciado de tierra por el corte de cajuela | 1 924,00 | m ³ | Q41,50 | Q79 846,00 |
| Colocación de formaleta metálica | 4 835,00 | m ² | Q13,75 | Q66 481,25 |
| Juntas de dilatación | 2 334,00 | m | Q24,75 | Q57 766,50 |
| Limpieza del área de trabajo | 4 835,00 | m ² | Q8,50 | Q41 097,50 |
| Textura de concreto | 4 835,00 | m ² | Q8,25 | Q39 888,75 |
| Trazo Nivelación y Replanteo | 4 835,00 | m ² | Q6,50 | Q31 427,50 |
| Acarreo y colocación de material selecto para base | 861,00 | m ³ | Q31,00 | Q26 691,00 |
| Desmonte y chapeo de lateral de calle | 4 835,00 | m ² | Q3,50 | Q16 922,50 |
| Planificación con planos | 1,00 | global | Q7 500,00 | Q7 500,00 |

Fuente: elaboración propia.

Se nota fácilmente que el renglón sobre el “concreto” es el de mayor importancia y costo. Al mismo tiempo para aplicar un reorden como lo sugiere el procedimiento para aplicar el método ABC, se realizará una unión entre el renglón “corte de cajuela” con “vaciado por el corte de cajuela”, ya que ambos están muy vinculados entre sí.

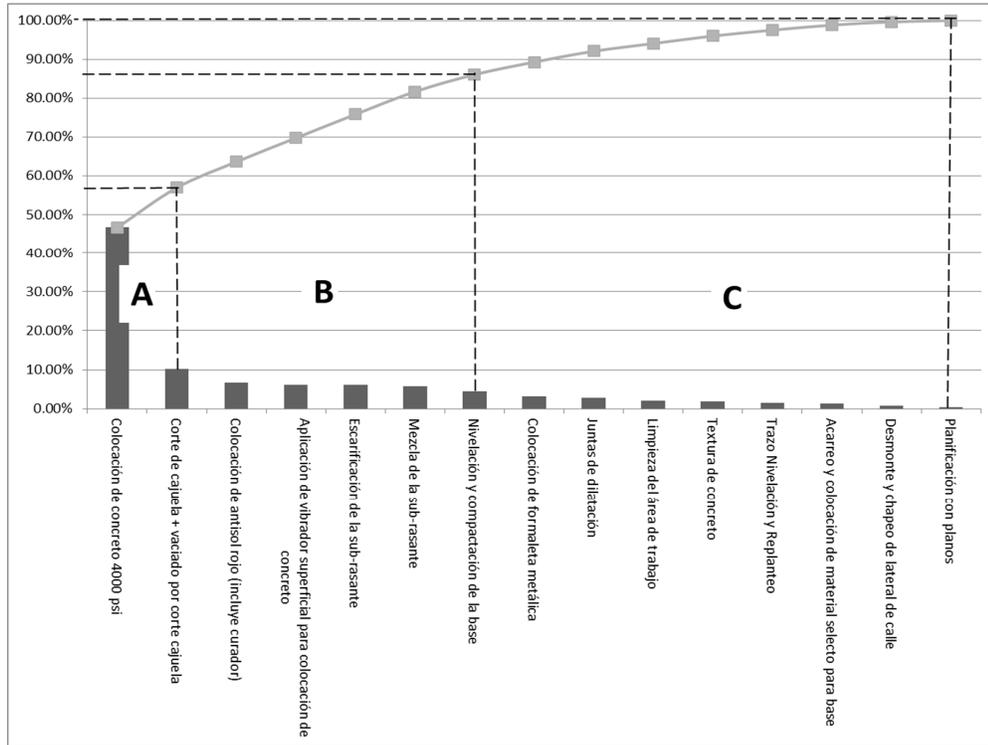
Tabla XV. **Clasificación de renglones ABC**

| Clasif. | Descripción | % cantidad | % inversión | % inv. acu. |
|---------|--|------------|-------------|-------------|
| A | Colocación de concreto 4000 psi | 1,30 | 46,70 | 46,70 |
| A | Corte de cajuela + vaciado por corte cajuela | 6,54 | 10,27 | 56,98 |
| B | Colocación de antisol rojo (incluye curador) | 8,64 | 6,66 | 63,64 |
| B | Aplicación de vibrador superficial para colocación de concreto | 8,64 | 6,14 | 69,78 |
| B | Escarificación de la subrasante | 8,64 | 6,08 | 75,85 |
| B | Mezcla de la subrasante | 8,64 | 5,85 | 81,70 |
| B | Nivelación y compactación de la base | 8,64 | 4,38 | 86,08 |
| C | Colocación de formaleta metálica | 8,64 | 3,21 | 89,30 |
| C | Juntas de dilatación | 4,17 | 2,79 | 92,09 |
| C | Limpieza del área de trabajo | 8,64 | 1,99 | 94,08 |
| C | Textura de concreto | 8,64 | 1,93 | 96,01 |
| C | Trazo nivelación y replanteo | 8,64 | 1,52 | 97,53 |
| C | Acarreo y colocación de material selecto para base | 1,54 | 1,29 | 98,82 |
| C | Desmante y chapeo de lateral de calle | 8,64 | 0,82 | 99,64 |
| C | Planificación con planos | 0,00 | 0,36 | 100,00 |

Fuente: elaboración propia.

Ahora se puede establecer una clasificación ABC, en la que se nota que con tan solo los clasificados en “A” se obtiene ya un “56,98%” de la inversión. Con lo que se concluye que los renglones más importantes para dicha obra son el de “concreto + colocación” y “corte de cajuela + vaciado”. A pesar de que el volumen de corte no es tan grande como en otras obras, se demuestra que es muy importante en los procesos de inversión de las vías terrestres (calles, carreteras).

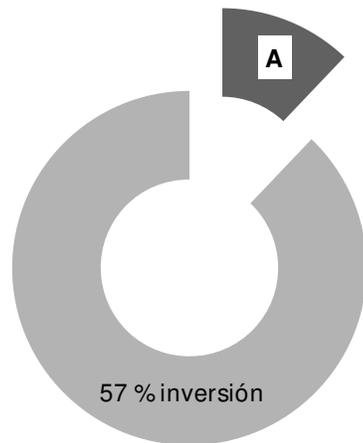
Figura 29. Clasificación ABC de renglones



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2010.

Se puede observar de forma gráfica lo mencionado. Donde las barras describen el porcentaje invertido de la descripción, mientras los puntos el porcentaje acumulado de la inversión.

Figura 30. **Pareto en inversión**

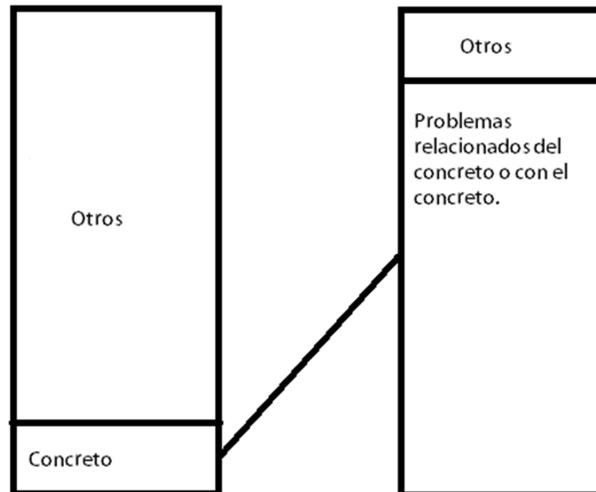


Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

Donde se representa que “A” es el elemento vital para llevar a cabo el trabajo a realizarse, debido a la gran magnitud de inversión que se acumula en tan solo los dos renglones de trabajo que son representados por la clasificación “A”.

De la misma relación entre inversión y renglones de trabajo dentro de la clasificación “A”, teniendo conocimiento que los problemas del concreto no solo se dan por la calidad del mismo y su colocación, sino que a su vez este engloba otros trabajos previos y posteriores, se realiza la gráfica de problemas en este caso de estudio.

Figura 31. **Pareto en factores de problemas**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

4.6. Análisis de resultados

En el caso de estudio se comprueba que se pueden aplicar los métodos propuestos por este tema de investigación a los proyectos de la industria de la construcción. Es importante manejar la forma de clasificación ABC para poder realizar reclasificaciones de los grupos, con el objeto de aplicar el método ABC, ya que en la gran parte de los casos se necesita lograr una reclasificación de los datos; de no aplicarse bien esta reclasificación se estaría perdiendo el objetivo del método.

Con la clasificación ABC resultante, se obtiene que el 7.84 % de renglones clasificados, es el 56.98 % de la inversión, el cual hace referencia tan solo a los dos renglones clasificados en "A". Las relaciones entre porcentaje de trabajo en área o volumen a cubrir entre el total y su porcentaje de inversión se describen en la siguiente tabla.

Tabla XVI. **Tabla comparación inversión**

| Clasificación | % cantidad | % inversión |
|----------------------|-------------------|--------------------|
| A | 7,84% | 56,98% |
| B | 43,22% | 29,11% |
| C | 48,94% | 13,92% |

Fuente: elaboración propia

Con lo que se determina que se debe prestar mucha atención al proveedor de concreto, ya que si este no es fiable, podría ocasionar pérdidas económicas, mediante cualquiera de los desperdicios JIT mencionados anteriormente. Se debe de tener cuidado en procesos anteriores o posteriores a la colocación del concreto que afecten la calidad del mismo. Algunos de los problemas que se pueden encontrar son:

- Al existir un retraso en horas del pedido de concreto, este provocaría un retraso del programa, desperdicio del tiempo laborable.
- En caso el concreto no se diera abasto por malos cálculos en el pedido, se tendría que reemplazar la parte que quedó inconclusa, de ser necesario.
- El curado es importante para que no haya rajaduras de tanta importancia como para tener que sustituir el elemento.
- Cuidar que ningún peatón pise el concreto fresco, para evitar pérdidas de elementos o de la calidad.

Algunas de las recomendaciones que emplearía JIT serían:

- Hacer el pedido de concreto a un proveedor confiable e informar sobre el tráfico en los horarios que se realizará el transporte.
- Realizar cálculos directamente desde planos de manera digital para obtener resultados exactos a los que se les agregará un factor de seguridad por el desperdicio.
- Mantener un grupo encargado de supervisar el curado.
- Establecer rótulos y rodear el área con una banda plástica para advertir sobre el concreto, encargar a un grupo rotativo para que cuide la zona; se debe controlar y evitar el paso de personas y animales.

Cabe mencionar que en la construcción de calles, en varias ocasiones el renglón del corte suele ocupar una escala mayor a la que se vio en el caso de estudio; en esta ocasión el terreno no requería de tal magnitud de volumen de corte.

4.7. Comparación entre sistema de solución propuesta y el sistema tradicional

El enfoque tradicional realiza una gran cantidad de *stocks* de seguridad, para verificar la calidad del trabajo, lo que en construcción sería relativo a la supervisión constante de cada proceso que realizan los trabajadores. Dicho trabajo en algunos casos no cumple con la calidad de trabajo que se requiere y se pide volver a realizarlo nuevamente, lo que incluye un desperdicio de tiempo y materiales, que se traducen en reducción de la utilidad.

Con el sistema propuesto se realiza un trabajo de calidad a la primera vez, ya que el mismo operador mantiene una supervisión eficiente sobre su trabajo, la cual ha adquirido mediante una capacitación. Evitando con ello demoras en tiempos de respuesta de los stocks de seguridad y proporcionando la fiabilidad de sus trabajadores para la empresa involucrada en los procesos constructivos.

Los cuellos de botella en el sistema tradicional se intentan minimizar mediante una programación compleja de las actividades, la cual controla las operaciones a realizarse mediante la programación, pero ocasionalmente deja sin tareas a un grupo de trabajadores que no tienen la polivalencia para realizar más actividades.

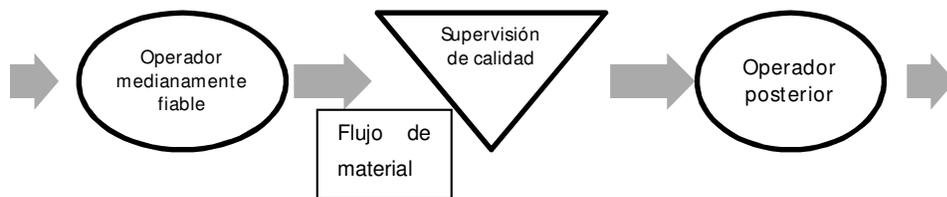
Por su parte, el sistema propuesto señala la importancia de las actividades a realizar, para luego seleccionar grupos con competencias definidas que pueda cumplir con diferentes tipos de actividades, a modo de dar una mayor celeridad a los procesos y que cuando dicho grupo termine una actividad pueda colaborar con otro que mantiene un proceso.

El movimiento de materiales en el sistema tradicional es generalmente de una bodega hacia el lugar de trabajo, intentando acelerar los pedidos con base en prioridades. En el sistema propuesto los lotes de materiales se colocan cerca del grupo o celda de trabajo a modo de reducir distancias entre el operador y el elemento.

En cuanto a proveedores, el sistema tradicional opta por mantener una lista larga de proveedores, para la cual posee varios controles de calidad, de forma que mientras más crece dicha lista más aumentan los controles.

En el sistema propuesto se pretende que el menor número de proveedores proporcione el mayor número de elementos; de este modo se espera reducir el tiempo de espera entre diferentes pedidos y tener un proveedor fiable, lo cual repercute en reducción de recursos y mayor productividad.

Figura 32. **Enfoque con tradicional**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

Figura 33. **Enfoque con sistema solución propuesta**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

CONCLUSIONES

1. La finalidad de utilizar ABC y Pareto en este caso, es establecer en dónde se localiza la mayor parte de la inversión y analizar el vínculo de proporción de problemas que se pueden dar en ese renglón de trabajo.
2. Se creó una estrategia para los proyectos de construcción, donde es esencial establecer una buena clasificación de los renglones de trabajo. Siguiendo la ruta de dicha estrategia se logra establecer cuáles son los trabajos más importantes, evitar los desperdicios más significativos y reconocer procesos anteriores y posteriores que pueden afectar la calidad en donde se ha producido mayor inversión.
3. La importancia de aplicar el método ABC, JIT y Pareto es obtener una mejor calidad en los proyectos de la construcción, e involucrar a los trabajadores, para que contribuyan con el progreso de la calidad total. De conformidad con el punto anterior se reduce el desperdicio, mejoran las líneas de flujo, aumenta la calidad y utilidad del proyecto.
4. La filosofía de justo a tiempo, se fundamentan en el concepto de cero inventarios. Cuando se considera hacer inventario, como el proceso de contar los artículos, se está considerando el enfoque netamente contable. Cuando existen niveles altos de inflación, el concepto de cero inventarios pierde validez, pues en este caso lo mejor para protegerse de la inflación es mantener niveles altos de inventario, especialmente de aquellos artículos cuya tasa de inflación es superior a la inflación promedio.

5. Un factor negativo en los inventarios es la incertidumbre de la demanda, pues dificulta mantener estándares que puedan satisfacer todos los requerimientos, existiendo condiciones en donde no se pueden cubrir los faltantes con la misma rapidez con que se agotan.

6. En ciertas ocasiones se causan costos por faltantes en el inventario; en otras hay productos que se deterioran por existir en exceso. Queda bajo esta premisa, utilizar los costos opuestos, que no es otra cosa que: si existe mucho inventario, la empresa pierde, pero también pierde si hay faltantes.

RECOMENDACIONES

1. Al inicio de un proyecto, los trabajadores deben recibir una inducción sobre temas como: los tipos de desperdicio, estandarización de procedimientos (publicarlos) y los objetivos que esta pretende con base en JIT y ABC.
2. Aceptar sugerencias de cualquier área (sin importar el rango) para la mejora de procedimientos, ya que de cualquier mejora, pequeña o grande que se obtenga, se va logrando una calidad progresiva que se puede aplicar, de igual forma remunerar dichas ideas según el criterio propio.
3. Otorgar incentivos a los trabajadores que mantengan la calidad y reduzcan los desperdicios de su área de trabajo, con el fin de incitar más al personal a seguir una ruta JIT.
4. Mantener un nivel alto en los inventarios cuya tasa de inflación es superior al promedio o que son susceptibles a esta tendencia.
5. Reconocer los factores de demanda de los inventarios para evitar la incertidumbre en los niveles de cantidades faltantes o en exceso de las mismas. a modo de mantener un balance para evitar o reducir pérdidas por un exceso o un faltante en el inventario.

6. Como parte del proceso de mejorar la calidad, se deduce que en varias ocasiones la falta de manejar una filosofía como el JIT, es un agente importante en el éxito o fracaso de los proyectos, se recomienda a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala establecer algún curso obligatorio referente a sistemas de construcción y el manejo de una filosofía dentro de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE, Gabriel. *Sistema de costeo, la asignación del costo total a productos y servicios*. 2a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2004. 282 p.
2. ALVEAR, Celina. *Calidad total aseguramiento y mejora continua*. México: Limusa, 1997. 167 p.
3. CHASE, Richard. *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. 10a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 848 p.
4. CORDERA, Martin. *Gestión de contabilidad*. 2a ed. España: Pirámide, 1994. 718 p.
5. *Diagrama de Pareto* [en línea]. España: Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad. <http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_pareto.pdf>. [Consulta: 5 marzo 2013].
6. GAITHER, Norman. *Administración de producción y operaciones*. 8a ed. México: Thomson, 2000. 846 p.
7. GARCÍA, Fernando. *Casos prácticos de contabilidad analítica*. España: Universidad Politécnica de Valencia, 2003. 165 p.

8. GUAJARDO, Gerardo. *Contabilidad financiera*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1995. 619 p.
9. HAY, Edward. *Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Colombia: Norma, 2002. 278 p.
10. KOTLER, Philip. *Dirección de mercadotecnia, análisis, planeación, implementación y control*. México: Prentice Hall, 1997. 800 p.
11. PETERSON, Gaston. *Contabilidad de costos por procesos*. México: Universidad Autónoma de Baja California, 2002. 168 p.
12. RODRÍGUEZ, Rodal. *Perspectivas de la administración internacional*. México: Thomson, 2005. 213 p.
13. SADGROVE, Kit. *Comó hacer que funcione la calidad total*. México: Panorama, 1997. 132 p.
14. SUAREZ, Carlos. *Costo y tiempo en edificación*. 3a ed. México: Limusa, 2002. 453 p.
15. The ABCs of ERP. [en línea]. Estados Unidos de América: CIO.com, <<http://teaching.fec.anu.edu.au/INFS3024/Lecture%20Notes/The%20ABCs%20of%20ERP%20-%20Enterprise%20-%20CIOb.pdf>>. [Consulta: 10 marzo 2013].

ANEXOS

Anexo 1. Autorización de Fundibeq para utilizar su información

Autorizacion para utilizar "Diagrama de Pareto"   

 Recibidos x

 **Allan Peláez** <mpelaez7@gmail.com> 5 may ☆  

para autorizacion ▾

Buen día

Mediante este medio quisiera solicitar la autorización para utilizar con propósitos de investigación académica (sin fin comercial o lucrativo) su documento de título "Diagrama de Pareto". Pudiendo sustraer partes importantes del documento, realizando algunas modificaciones en ocasiones.

Gracias.

Jorge Allan Méndez Peláez
Estudiante de ingeniería

 **Autorizaciones Fundibeq** <autorizacion@fundibeq> 6 may ☆  

para mí ▾

Estimado Allan,
Puede utilizar la información, siempre que cite la fuente de la misma www.fundibeq.org
Gracias por visitar nuestra web.
Saludos.

Ricardo Esquinazi Salomón
Subdirector General
IberQualitas (Programa Iberoamericano por la Calidad)
FUNDIBEQ (Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad)
C/ Fernando El Santo, 27 4ºB
28010 – Madrid
Tel. (34) 91 548 88 82
Fax (34) 91 310 66 83
Skype: fundibeq-ricardo
sg@fundibeq.org
www.fundibeq.org

Fuente: FUNDIBEQ.ORG.