Gestión de la Producción
INDUSTRIAL

ISBN: 978-9942-8966-4-3

BINARIO
Editorial

Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador
BINARIO

Gestión de la Producción INDUSTRIAL

Jenny Maricela Criollo Salinas, Nancy del Rocio Tixi Cujilema,
Paúl Stalin Espinoza Beltrán, Luis Carlos Quilligana Guachi,
Diego Renán Soria Caiza y Luis Alfredo Siza Siza.

AUTORES

MSc. Jenny Maricela Criollo Salinas

Lic. Nancy del Rocio Tixi Cujilema

Ing. Paúl Stalin Espinoza Beltrán

Mgs. Luis Carlos Quilligana Guachi

Mgs. Diego Renán Soria Caiza

Mgs. Luis Alfredo Siza Siza

La revisión técnica de los documentos correspondió a especialistas expertos en el área.

ISBN: 978-9942-8966-4-3
1era Edición Octubre 2021
Edición con fines educativos no lucrativos
Hecho en Ecuador
Diseño y Tipografía: Greguis Reolón Ríos

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, integra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito al Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador (BINARIO).

Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador - BINARIO
Cel.: 593 990359268
http.://www.binario.com.ec

Editorial Binario

Mgs. María Gabriela Mancero Arias
Directora Ejecutiva

Lcdo. Wilfrido Rosero Chávez
Gerente Operaciones Generales

Dra. Sherline Chirinos
Directora de Publicaciones y Revistas

Lcda. Greguis Reolón Ríos
Directora de Marketing y RRSS

PRÓLOGO

La mejor manera de iniciar este libro es con una frase de Eiji Toyoda después de asumir el cargo de Director General de Toyota Motor Company, quien expresó a los líderes de la compañía:

> *"Quiero que uséis vuestras cabezas. Y quiero que entrenéis activamente a vuestra gente sobre cómo pensar por ellos mismos"*

Se utiliza esta frase porque ella recoge una gran referencia de lo que es la gestión de la producción industrial, contar con un personal capaz de pensar por sí mismo para ejecutar las acciones que se requieren en la organización para maximizar la producción, minimizando los costos de operación y entregando calidad al usuario final, pero partiendo desde allí, desde el ser humano, que aprovecha cada espacio para desarrollar sus habilidades y destrezas.

Es por esta razón, que en el desarrollo de este libro se consideran técnicas que gestionan los procesos de producción industrial con un enfoque fundamentalmente humanista, desarrollando seis capítulos complementarios, con seis enfoques de gestión, para que el lector tenga finalmente la última decisión sobre las herramientas que pueda aplicar dentro de su corporación. A continuación, se resume el contenido de cada uno de esos capítulos.

En Capítulo I se presenta la metodología Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta con un enfoque histórico que permite comprender el origen de esta filosofía y la influencia que ha tenido sobre los diferentes procesos de producción a nivel mundial, haciendo un resumen de las principales técnicas utilizadas en las pequeñas empresas, pero que representa un buen inicio para que el lector tenga una idea clara

de la diversidad de objetivos que se alcanzan con estas herramientas.

El Capítulo II desarrolla el concepto de la metodología Seis Sigma como herramienta de gestión industrial que se centra en el estudio estadístico de las desviaciones del proceso para desarrollar soluciones que busquen la perfección del producto final, apuntando a la creación de una industria de clase mundial.

El Capítulo III se centra en la innovación como elemento clave para el aumento de la competitividad empresarial, permitiendo dar un paseo por herramientas que permitan gestionar la investigación, el desarrollo y la innovación dentro o a través de alianzas estratégicas, que permitan mantener la presencia de la empresa en el mercado independientemente de su tamaño.

El Capítulo IV desarrolla conceptos claves para la gestión de mantenimiento, desarrollando el contenido en base a los tipos de mantenimiento que aplican en la industria, la forma como se pueden desarrollar y los beneficios que su correcta implementación causa en la producción industrial.

El Capítulo V es desarrollado para dar una visión general de todo lo que involucra la cadena de suministros y una vez desarrollada esta visión, se trasladan estos conceptos a la gestión de la cadena de suministros dentro de la empresa, el objetivo es presentar un panorama que muestre la complejidad de una de las áreas claves de la empresa y que posee una gran influencia en la producción industrial.

Finalmente, el Capítulo VI cierra con una explicación del funcionamiento de los sistemas de gestión de la empresa con énfasis en la gestión de la calidad, gestión de la seguridad y gestión del medio ambiente, como elementos claves para garantizar una producción con

efectos sostenibles tanto para el usuario, el medio ambiente como para la gente que desarrolla los trabajos.

El desarrollo de estas metodologías va acompañado de la importancia de la función del ser humano en cada una de las herramientas, la integración y la comunicación como elementos claves para alcanzar de forma eficiente la producción industrial.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRÓLOGO 9
INTRODUCCIÓN 19
CAPÍTULO I: LEAN MANUFACTURING 21
1.1. Revisión Histórica de Lean Manufacturing 23
1.2. Principios de Lean Manufacturing 30
1.2.1. Minimizar el Desperdicio 31
1.2.2. Conseguir Calidad Perfecta 32
1.2.3. Procesos Pull 32
1.2.4. Flexibilidad 32
1.2.5. Mejora Continua 32
1.2.6. Relación a Largo Plazo con Proveedores 33
1.3. Valor Añadido y Eliminación de Desperdicios 33
1.3.1. Sobreproducción 34
1.3.2. Inventarios 35
1.3.3. Sobre-proceso 35
1.3.4. Defectos 35
1.3.5. Esperas 36
1.3.6. Movimientos Innecesarios 36
1.3.7. Transporte 37
1.3.8. Desaprovechar la Capacidad del Personal 37
1.4. Casa Lean 38
1.4.1. Techo de Lean Manufacturing 41
1.4.2. Pilares de Lean Manufacturing 41

1.4.3. Cimientos de Lean Manufacturing 43
1.4.4. Herramientas de Lean Manufacturing 46
CAPÍTULO II: SEIS SIGMA 55
2.1. Principios de Seis Sigma 57
2.1.1. Auténtica Orientación al Cliente 60
2.1.2. Gestión Orientada a Datos y Hechos 61
2.1.3. Orientación a Procesos, Gestión por Procesos y Mejora de Procesos 62
2.1.4. Gestión Proactiva 63
2.1.5. Colaboración sin Fronteras 63
2.1.6. Búsqueda de la Perfección y Tolerancia a los Errores 64
2.2. Proceso DMAIC 65
2.2.1. Definir 66
2.2.2. Medir 69
2.2.3. Analizar 70
2.2.4. Mejorar 71
2.2.5. Controlar 72
2.3. Funciones de Seis Sigma 74
2.3.1. Champions o Campeones 76
2.3.2. Master Black Belt o Maestros Cinta Negra 77
2.3.3. Black Belt o Cinta Negra 78
2.3.4. Green Belt o Cinta Verde 78
2.4. Problemas de Implementación de Seis Sigma 79
CAPÍTULO III: GESTIÓN Y DESARROLLO DE PRODUCTOS 83
3.1. Investigación, Desarrollo e Innovación 85

3.1.1. La Investigación 85
3.1.2. Desarrollo 86
3.1.3. Innovación 87
3.2. Gestión de la Innovación 92
3.2.1. Incremento de la Competitividad Empresarial a Mediano y Largo Plazo 94
3.2.2. Satisfacción de las Expectativas Presentes y Futuras de los Clientes 95
3.2.3. Sistematización de la Incorporación de Nuevos Conocimientos en Procesos y Productos 95
3.2.4. Mejorar las Actividades que se Emplean dentro de la Organización 96
3.3. Ayudas a la Innovación 106
3.3.1. Enfoque de Negocio 106
3.3.2. Adaptabilidad 107
3.3.3. Cohesión Organizacional 107
3.3.4. Cultura Empresarial 108
3.3.5. Sentido Ético 108
3.3.6. Participación de la Alta Dirección 109
3.4. Gestión de Proyectos I + D + I 111
CAPÍTULO IV: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 117
4.1. Introducción a la Gestión de Mantenimiento 119
4.1.1. La Planificación del Mantenimiento 122
4.1.2. Organización del Mantenimiento 125
4.1.3. Ejecución del Mantenimiento 126

4.1.4. Control del Mantenimiento 127
4.2. Documentación de Mantenimiento 128
4.3. Incidencia de Mantenimiento 132
4.4. Mantenimiento Preventivo 134
4.5. Mantenimiento Correctivo 138
4.6. Mantenimiento Predictivo 141
4.6.1. Análisis de Vibraciones 141
4.6.2. Análisis de Termografía 143
4.6.3. Análisis de Ultrasonido 144
4.6.4. Análisis de Aceite 145
CAPÍTULO V: LOGÍSTICA 147
5.1. Cadena de Suministro 149
5.2. Aprovisionamiento 155
5.3. Gestión de Stock 160
5.4. Gestión de la Cadena de Suministro 164
CAPÍTULO VI: SISTEMAS DE GESTIÓN NORMALIZADOS 169
6.1. Sistema de Gestión de Calidad 175
6.1.1. Procedimientos 177
6.1.2. Estandarización 177
6.1.3. Auditorías 178
6.1.4. Certificación ISO 178
6.1.5. Costos de No Calidad 179
6.1.6. Control de Calidad: Metrología 179
6.1.7. Control de Calidad: Control Estadístico de Proceso... 180
6.1.8. Grupos de Mejora Continua 180

6.1.9. Herramientas Básicas de Calidad 180
6.1.10. Herramientas Avanzadas de Calidad 181
6.1.11. Calidad Total 181
6.2. Sistema de Gestión Medioambiental 182
6.2.1. Acciones Normativas 183
6.2.2. Norma ISO Para la Gestión Ambiental 185
6.3. Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo 186
6.3.1. La seguridad y la Salud en el Trabajo 186
6.3.2. Definición de Riesgos Según el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo 189
6.3.3. Norma OSHAS 18001:2007 189
6.3.4. Norma ISO 450001:2018 190
REFERENCIAS 193

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nuevo Pensamiento Lean..... 29
Figura 2. Casa Lean 40
Figura 3. Modelo de Tablero Kanban 50
Figura 4. Comparación de Resultados Entre 3,8 y 6 Sigma 60
Figura 5. Proceso DMAIC 66
Figura 6. Flujo de la Filosofía Seis Sigma 76
Figura 7. Jerarquización de los Participantes en Proyectos Seis Sigma..... 79
Figura 8. Estrategias Competitivas de Michael Porter 89

Figura 9. Ciclo de Desarrollo de Nuevos Productos 90
Figura 10. Proceso de Generación de la Innovación 93
Figura 11. Modelo Lineal de Innovación 99
Figura 12. Modelo Marquis de Innovación 100
Figura 13. Modelo Kline de Innovación 102
Figura 14. Claves de Éxito en la Gestión de la Innovación 106
Figura 15. Triángulo de Proyecto 113
Figura 16. Evolución del Mantenimiento 121
Figura 17. Ciclo de la Gestión de Mantenimiento 122
Figura 18. Ciclo de la Gestión de Mantenimiento 126
Figura 19. Ejemplo de una Orden de Trabajo de Mantenimiento. 131
Figura 20. Ejemplo de una Solicitud de Mantenimiento 132
Figura 21. Ejemplo de la imagen que se Obtiene con una Cámara termo Gráfica 144
Figura 22. Estructura Básica de una Cadena de Suministros 150
Figura 23. Estructura de una Red de Suministros 151
Figura 24: Interacción de Procesos en los Sistemas de Gestión ... 173
Figura 25. Ciclo PDCA con Estrategias Asociadas al Sistema de Gestión ISO 176

INTRODUCCIÓN

El concepto de industria que hoy en día se conoce tiene su origen en los talleres artesanales, donde las personas ideaban sus propias soluciones a partir de las habilidades que iban desarrollando a lo largo su vida y las ponían a disposición de las personas que se encontraban en su entorno.

Estos talleres fueron creciendo, convirtiéndose en talleres más complejos donde, aunque el proceso seguía siendo artesanal, ya la producción podía abastecer a muchas más personas y se comenzaban a desarrollar herramientas que ayudaran en el desarrollo de las tareas. Ya en esta época la producción de productos hechos podía alcanzar mercados internacionales, no sólo para el intercambio, sino que ya la producción tenía un valor monetario.

Al aparecer el valor monetario de la producción, comienza una nueva necesidad de mejorar los métodos de producción para tratar de obtener un mayor rendimiento de la actividad que se estaba ejecutando. Esta necesidad fue la promotora de la invención de las máquinas, primero las que utilizaban vapor y luego las que comenzaron a utilizar al petróleo como fuente de energía, proceso que selló impulsó por completo la industrialización del mundo.

De esta manera la industria, que es aquel lugar donde las materias primas son transformadas en productos terminados, fue creciendo y ofreciendo soluciones en a las necesidades del ser humano, aparecieron entonces innovaciones como la radio y la televisión con lo cual el mundo comenzó a observar realidades diferentes a las que se encontraban en su entorno y comenzó a demandar los productos que

observaba en esas realidades, en ese momento comenzaba de manera incipiente el proceso de globalización.

Globalización, una palabra que resume, un aumento de demanda y una capacidad de ofrecer los productos que se fabrican en cualquier parte del mundo, pero esa oferta de productos viene acompañada de mejoras en las condiciones de producción y de demostrar que se tiene la capacidad de entrar en el mercado donde se encuentran los mejores productos del mundo, que cuentan con las capacidades financiera para su elaboración y que cuentan con un público fidelizado desde hace años.

Entrar a ese mercado requiere del desarrollo de un producto con la mayor eficiencia posible para maximizar el rendimiento, disminuir los costos de operación y aumentar la calidad, todo esto de manera sostenible para el medio ambiente, con el objetivo de alcanzar niveles de competitividad que permitan la presencia en un mercado dinámico y con grandes velocidades de cambio.

La mejor forma para alcanzar este objetivo es gestionando la producción industrial y es allí donde se centra este libro, en el estudio de metodologías, herramientas, técnicas y sistemas de gestión que ayuden a la empresa a construir un negocio eficiente y efectivo.

I

LEAN MANUFACTURING

CAPÍTULO I:
LEAN MANUFACTURING

1.1. Revisión Histórica de *Lean Manufacturing*

A finales del siglo XIX surge en Estados Unidos la técnica conocida hoy en día como el *Taylorismo*, la cual buscaba estandarizar el proceso del trabajo aplicando los principios del método científico en el área industrial, definiendo tareas, tiempos y secuencias de los trabajos con el objetivo de maximizar el rendimiento del proceso productivo a través de un mayor control de las actividades que estaban realizando los operadores durante su jornada laboral [1].

Al mismo tiempo, del otro lado del mundo, un japonés llamado Sakichi Toyoda, fascinado por el funcionamiento de las máquinas que había observado durante una exposición de maquinarias en Tokio en el año 1880, decide comenzar a montar y desmontar telares en busca de un mayor rendimiento y un mejor uso de las máquinas utilizadas en ese momento [2].

Toyoda, después de varias patentes de diseños que fueron mejorando las máquinas existentes y minimizando el trabajo manual en algunos telares, llegando a aumentar el rendimiento de estas máquinas de un 40% a un 50%, desarrolló, en 1896, un telar fabricado a base de madera y acero, impulsado a vapor y que costaba solo una décima parte de lo que costaban los telares alemanes y una cuarta parte de lo que costaban los telares franceses [2].

Adicionalmente, esta máquina aumentaba considerablemente la productividad y la calidad de los tejidos, debido a que poseía un novedoso mecanismo de interrupción del proceso, el cual detenía el ciclo cuando detectaba una falla en los tejidos, este mecanismo de control

de calidad recibe el nombre de *"Jidoka"* traducido como "automatización con un toque humano" y consiste en detener la producción cuando se genera un fallo [2].

Posteriormente, el 1 de septiembre de 1923, ocurre el terremoto de Kantó, cuyos efectos interrumpieron las vías ferroviarias y todas las labores de rescate se tuvieron que realizar con camiones importados de América, que habían sido desarrollados por Ford o General Motors (GM), creando la necesidad de la presencia del automóvil que, para entonces, era considerado un lujo en la cultura japonesa [2].

En 1924, Sakichi Toyoda desarrolla un telar automático capaz de cambiar de lancera y suministrar hilo sin realizar paradas, esta máquina también incorporaba el sistema *"Jidoka"* con el objetivo de mejorar la calidad de los productos y aumentar la seguridad de los trabajadores, desarrollando desde ese entonces una filosofía de respeto hacia las personas [2].

Esta última patente fue vendida con el objetivo de tener recursos que le permitieran a su hijo, Kiichiro Toyoda, un Ingeniero Mecánico que creció en las fábricas de telares, incursionar en el mundo de los automóviles, los cuales habían llamado su atención desde un viaje que había realizado en años anteriores a los Estados Unidos con el objetivo de observar el funcionamiento de los telares que se desarrollaban en ese país, máquinas que no le habían impresionado tanto como los automóviles que estaban siendo desarrollados bajo técnicas de producción que resultaban novedosas para la época y que, adicionalmente, estaban despertando el interés de los japoneses [2].

Estas técnicas de producción eran promovidas por Henry Ford, quien había tomado el modelo desarrollado por Taylor con la visión de generar una producción de vehículos en masa, para ese entonces, el vehícu-

lo era utilizado exclusivamente por las clases altas, debido al elevado costo de producción. Entonces Ford unió productos, máquinas, herramientas y personas en un sistema de producción continuo, ordenando los elementos y creando una estrategia de fabricación en masa [3].

Posterior al terremoto de 1923, Ford y GM, instalaron sus fábricas en Japón, las cuales suministraban vehículos con menor precio que los europeos y con menor tiempo de entrega, el cual era de tres meses aproximadamente, la mitad del tiempo de sus competidores de occidente [2].

En ese momento, Kiichiro Toyoda, envió a uno de sus trabajadores hasta los Estados Unidos para que visitara más de 100 instalaciones de desarrollo de automóviles y piezas asociadas, quedando impresionado por el sistema de producción que ejecutaba Ford, el cual estaba dirigido a la fabricación en serie de los vehículos, con un ensamblaje más sencillo, intercambio de piezas entre modelos y la entrega de piezas en el lugar de trabajo [2].

En 1937 nace formalmente ***Toyota Motor Company***, un nombre que no tiene un significado particular pero que, a partir de una profunda inversión en investigación y desarrollo, comienza a producir modelos de vehículos con piezas japonesas, construyendo una fábrica que no contaba con espacio suficiente para almacenamiento, lo que la obligó a crear una metodología de trabajo conocida como *"Just in Time"*, además de una organización de actividades y puestos de trabajo que favorecieran el flujo del proceso productivo [2].

Con pocos años de haber sido creada, se desata la Segunda Guerra Mundial, momento en el que ***Toyota Motor Company*** es obligada a enfocarse en la producción de camiones, dejando a un lado la fabricación de vehículos [2].

La situación económica después de la guerra era muy crítica, pues las deudas de la empresa superaban el capital de la misma y las condiciones del entorno no creaban un ambiente propicio para la adquisición de automóviles, pues no habían estímulos crediticios, además, los conflictos laborales con los sindicatos motivaron la dimisión de Kiichiro Toyoda [2].

Fue en ese momento cuando Eiji Toyoda, sobrino de Kiichiro y graduado también de Ingeniero Mecánico, realizó una nueva visita de tres meses a la fábrica de producción de Detroit, dirigida por Ford. En ese momento, observan que a nivel tecnológico no habían avanzado mucho desde su última visita, que se había llenado de problemas por no aplicar muchos de los conceptos que tenían planteados inicialmente, como los de medición de tiempos de procesos, y que el sistema de producción en serie era el éxito más grande de esa planta, pero que este era aplicable a un mercado tan grande como el americano, pero no al japonés, además que sacrificaba la variedad por la cantidad, considerando que realizar un cambio en la línea les podía tomar meses de trabajo sin producción, por lo que se enfocaban en producir muchos vehículos de un mismo modelo, llegando hasta la cantidad de 8000 vehículos por día [2].

Estas observaciones fueron tomadas para trasladarlas hasta Toyota, entendiendo la cultura a la cual estaban dirigidos y la situación que estaba atravesando, en medio de una reconstrucción de Japón liderada por Estados Unidos y con la adopción de técnicas de calidad y productividad que dictaba W. Edwards Deming a través sus seminarios en todo el país [2].

En ese momento, se comenzó a trabajar en una filosofía que eliminaba todo tipo de desperdicios dentro del proceso productivo, como

el desperdicio de material, que ya estaba siendo trabajado desde la fábricas de telares de Toyoda, hasta desperdicios de tiempos y dinero, implantándose un modelo de reposición de materiales similar al observado en los supermercados americanos, donde la reposición de los anaqueles se realizaba una vez que el cliente se había llevado el producto y se estaba alcanzando un nivel crítico cercano al ***stock*** cero.

Todo esto incentivó una línea de producción donde la primera etapa no "empujaba" la producción de la etapa subsiguiente, sino que pasaba a ser un sistema ***"pull"***, en el cual se genera una señal de alarma que realiza el pedido a la etapa previa para su reposición cuando se alcanza un ***stock*** de seguridad en la etapa 2, este pedido se realizaba a través de tarjetas (conocidas posteriormente como tarjetas ***kanban***) que se iban trasladando para ordenar activar etapas precedentes hasta el inicio de la línea de producción [2].

Este trabajo fue el que permitió producir en serie como el modelo americano, pero entregando variedad, minimizando desperdicios y aumentando calidad, creando el denominado Sistema de Producción Toyota (TPS por sus siglas en inglés) [2].

Tras el éxito del Sistema de Producción Toyota, sobre todo durante la crisis petrolera mundial de la década de 1970, se comenzó a extrapolar esta metodología a diferentes empresas de manufactura, llevando a elevados niveles de productividad a la empresa japonesa, cosa que impulsó su aplicación en la empresa americana con la particularización a los diferentes procesos productivos, lo que hizo que comenzaran a crearse técnicas de producción con diferentes nombres, algunas de ellas conocidas como ***World Class Manufacturing*** [3].

Todos estos eventos representan parte de las soluciones generadas durante el siglo XX ante la necesidad de encontrar mejoras en los

sistemas productivos, con herramientas que buscaban minimizar los desperdicios en el trabajo y aumentar el enfoque en el producto o servicio que el cliente realmente quiere conseguir y fue lo que un grupo de científicos del MIT (***Massachusetts Institute of Technology***) consolidaron en un artículo científico que unificaba los sistemas productivos de las ensambladoras de vehículos europeas, norteamericanas y japonesas [4], a los elementos presentes en esta artículo se les denominó finalmente en la década de 1990 como la Metodología *Lean Manufacturing.*

Entonces, ***Lean Manufacturing*** (Manufactura Esbelta o Manufactura Ágil, como se conoce en español) es una metodología sistemática para la producción continua que combina una serie de herramientas que buscan la mejora en los procesos de producción, eliminando los desperdicios, entendiendo por desperdicio aquellos elementos que no aportan valor al producto final, pero que sí agregan costos y tiempo; aumentando la calidad del producto, de acuerdo a la percepción del cliente; disminuyendo los costos y los tiempos de producción. Todas estas actividades son ejecutadas por un equipo de trabajo capacitado para tal fin y bien organizado [1].

El propósito de la implementación de las metodologías Lean Manufacturing en una empresa es lograr una producción ajustada a los requerimientos del cliente, donde se pueda ofrecer la mejor calidad posible en el producto, con un ritmo óptimo de producción y reduciendo los costos de fabricación, con el objetivo de alcanzar una mayor rentabilidad, mayor competitividad y aumentar la satisfacción de los clientes.

Esta metodología busca implementar un nuevo proceso en el pensamiento de los colaboradores, donde se pueda desarrollar más con menos, sin sacrificar la calidad, de esta manera, los aumentos en los

niveles de ganancia, vendrán acompañados por una disminución del costo de producción, no por un aumento del precio del producto, en la *Figura 1* se muestra una imagen que representa el nuevo Pensamiento Lean.

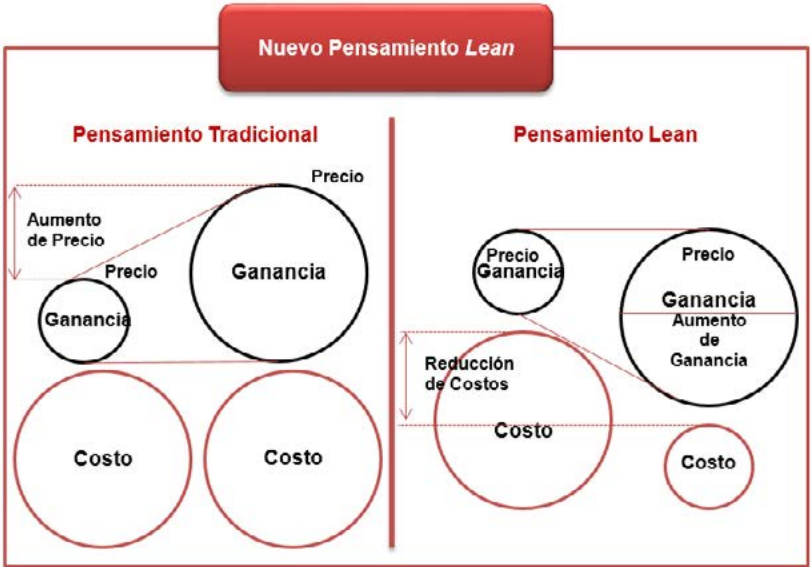


Figura 1. Nuevo Pensamiento Lean.

Fuente: [5].

Para alcanzar el objetivo definido en Lean Manufacturing es necesario tener una definición muy precisa de lo que realmente quiere el cliente, para poder ofrecer efectividad en la solución y calidad en el producto; una definición muy clara de los procesos productivos, garantizando los recursos necesarios y eliminando los que no aportan valor al producto, obteniendo de esta manera la eficiencia en el proceso productivo; y finalmente, innovando continuamente para lograr satisfacer las necesidades de un mercado cambiante y que cada día exige respuesta de orden superior en cada uno de sus requerimientos.

Para ello se definen rutinas de trabajo y se proporcionan los recursos, técnicas, herramientas y condiciones adecuadas para lograr que el producto aumente las ganancias a la empresa sin aumentar su valor y sin disminuir su calidad, sino por la disminución de los costos durante el proceso de fabricación.

En este orden de ideas, y manteniendo presente las características de efectividad, eficiencia e innovación, Lean Manufacturing se mantiene en este siglo XXI como una de las herramientas más importantes para que las empresas puedan responder en un mercado ágil, cambiante, globalizado y que exige acercarse cada vez más a las necesidades de los consumidores y de los trabajadores.

Actualmente, se han desarrollado diferentes variantes de las metodologías ***Lean Manufacturing*** de acuerdo a las necesidades particulares que se desean atender en los diferentes sectores donde se han implementado estas estrategias, desde el sector público, donde se desarrolló ***Lean Government***, hasta llegar a diferentes disciplinas particulares como ***Lean Health***, ***Lean Construction***, ***Lean Production*** y ***Lean Office***, entre otras. Todas estas variantes de la filosofía original tienen un punto de encuentro que se basa en la participación conjunta de todos los miembros de la organización adoptando unos principios de calidad y rutinas de trabajo que los conduzca a la disminución de desperdicios, reducción de tiempo y aumento de la satisfacción del cliente [6].

1.2. Principios de Lean Manufacturing

Las metodologías ***Lean*** son un proceso dinámico que va evolucionando continuamente gracias al aprendizaje que va dejando la implementación de cada una de sus herramientas en las diferentes organizaciones donde se aplican a nivel mundial. Sin embargo, para garantizar una producción efectiva, eficiente e innovadora esta me-

todología se apoya sobre algunos principios que están presentes durante toda la implementación y que ofrecen el marco de trabajo para el desarrollo de todas las herramientas. Inicialmente, se definieron cuatro elementos básicos, lista que ha sido extendida hasta seis principios que soportan a las metodologías ***Lean Manufacturing*** [3].

Los cuatro primeros principios están enfocados en hacer los ajustes en la cadena de valor de la organización para eliminar los desperdicios dentro del proceso productivo y con la satisfacción del cliente como factor clave y objetivo final de la fabricación. El quinto objetivo está centrado en la búsqueda de la mejora continua, con su proceso de revisión, observación y mejora de resultados y por último, se encuentra el principio que incluye la relación con los proveedores, quienes pasan a formar un pilar fundamental que permite definir los inventarios de seguridad en niveles favorables para la empresa, por lo que esta filosofía busca extender su implementación hasta sus aliados en la cadena de suministro.

Los seis principios de las Metodologías Lean Manufacturing son:

1.2.1. Minimizar el Desperdicio

El objetivo es eliminar del proceso productivo todos aquellos productos, procesos, recursos, técnicas, herramientas, y máquinas que no agregan valor al producto final, pero si al costo del mismo. Entendiendo que la innovación es importante, pero vista desde los ojos del cliente. Todo aquello que aumente costos sin necesidad debe ser eliminado del proceso. Para lograr este objetivo se debe especificar de forma precisa el valor que tiene cada solución que se genera, este valor siempre será definido desde la percepción del cliente y desde allí, identificar claramente la cadena de valor para cada producto, de

esta manera se pueden determinar aquellas funciones que son irremplazables y las que se pueden sustituir o eliminar.

1.2.2. Conseguir Calidad Perfecta

Este principio conduce a dirigir los esfuerzos a la búsqueda de cero defectos en el producto y en caso de que ocurra un error, éste sea resuelto en el menor tiempo posible y atendiendo su causa de origen.

1.2.3. Procesos *Pull*

Lean se basa en una filosofía que invita a producir únicamente lo necesario de acuerdo a los requerimientos del cliente, creando un espacio de trabajo donde se atraigan las solicitudes, en lugar de realizar proyecciones que inserten mayor incertidumbre en el proceso de producción [4]. No se trata de saturar el mercado con mercancía para que la gente compre, sino que se trata de escuchar las necesidades del cliente para producir de acuerdo a sus requerimientos reales.

1.2.4. Flexibilidad

El sistema de producción se diseña de una manera que permita ajustar y realizar rápidamente cambios de recursos y de soluciones, manteniendo la calidad del producto y la eficiencia del sistema. Tal cual como ocurrió con el sistema TPS, una de las mayores ventajas de la implementación de *Lean Manufacturing* es la incorporación de variedad de productos.

1.2.5. Mejora Continua

Todo el proceso y el producto son analizados y evaluados con una visión a establecer mejores condiciones para la producción y para el producto, entendiendo que cada una de las acciones genera toda la

información necesaria para tomar decisiones de mejoras. En otras palabras, es tener la disciplina y comprender que el proceso de mejora no tiene un fin, sino que siempre hay una alternativa para optimizar el proceso, producto o servicio [7].

1.2.6. Relación a Largo Plazo con Proveedores

Es necesario construir y mantener relaciones de confianza con los proveedores, así como establecer alianzas que permitan compartir el riesgo asociado a la producción, los costos asociados a los productos y fundamentalmente, la información de los ajustes y/o cambios que se realicen tanto en el proceso productivo como en la dinámica del mercado.

1.3. Valor Añadido y Eliminación de Desperdicios

Las metodologías Lean Manufacturing apuntan a identificar, analizar y finalmente, eliminar todos los pasos o materiales que se encuentren dentro del proceso productivo y que no agreguen valor directamente al cliente, desde la propia definición de valor agregado que el cliente ha efectuado.

Por esta razón, una línea de producción o un proceso productivo que trabaje bajo esta filosofía debe tener muy bien definido cuáles son las tareas que agregan valor y cuál es ese valor añadido desde el punto de vista del cliente. Por ejemplo, en una línea donde se encuentre definida una producción de 8 minutos, tareas extras como reportes de entrada, órdenes de retiro del almacén, permisos de trabajo y demás actividades que no intervienen directamente en la producción son consideradas desperdicios y se deben tratar como tales, estas tareas se deben evaluar y determinar si son irremplazables o si se pueden cambiar o eliminar del proceso.

En caso de que esas tareas tengan que permanecer dentro de la jornada laboral, se establecerán mecanismos que permitan su ejecución en el menor tiempo y con la mayor calidad posible para evitar que impacten en el tiempo efectivo de operación.

En Lean, se definen los desperdicios como todas aquellas actividades, materiales, costos y demás elementos que se encuentren sobrantes dentro del proceso de producción y que no generan valor agregado al producto final, pero que su ejecución incrementa los costos de producción [6]. Por lo tanto, es lógico pensar que al eliminar estos elementos del proceso productivo no sólo disminuyen los costos, sino también se reducen los tiempos de fabricación y se aumenta la competitividad, presencia en el mercado y calidad de los productos.

En ***Lean*** inicialmente se habían establecido siete tipos de desperdicios, que inicialmente se encontraban definidos en el Sistema de Producción Toyota, sin embargo, fue agregado posteriormente un octavo desperdicio en lo que se conoce como los 7+1 desperdicios de *Lean Manufacturing.*

1.3.1. Sobreproducción

Al aplicar las metodologías Lean, la producción se ajusta a lo necesario, y lo necesario lo define el mercado en ese momento, contrario a la teoría de producir a máxima capacidad para disminuir los precios. Esto es debido a que con ***Lean*** se optimiza el uso de los recursos, asignando tareas al recurso humano que generen valor al momento, evitando la sobreexplotación de las máquinas y entregando valor en el corto tiempo. Al contrario, mientras mayor sea la producción por piezas, mayor tiempo de espera tendrán los clientes y se aumentan los riesgos de errores en el producto y de fallas en las máquinas.

1.3.2. Inventarios

Al tener una producción planificada, ajustada a las necesidades y con una relación de confianza con los proveedores, se pueden establecer niveles de inventario adecuados para satisfacer la demanda de producción del momento. Evitando mantener grandes espacios para almacenar el inventario de materia prima y el de producto terminado, minimizando con ello el riesgo de obsolescencia, los tiempos de toma física de inventarios y todas las acciones que se encuentran relacionadas a la administración eficiente de los inventarios.

1.3.3. Sobre-proceso

Este tipo de acciones se llevan a cabo cuando se están realizando tareas que finalmente no aportan valor al producto, pueden estar causadas por cambios efectuados al producto que no hayan sido acompañados con modificaciones en las etapas de proceso. También pueden estar relacionados con la delegación de muchos niveles de aprobación para la ejecución de las tareas o la implementación de los cambios, con el desconocimiento o falta de experticia en algunos procesos que hace que se utilicen técnicas que requieren más tiempo en la ejecución de las tareas, problemas de comunicación, entre muchas otras razones que requieren observación continua por parte del equipo, pues normalmente, la persona que está realizando el sobre-proceso no es consciente de que lo está realizando.

1.3.4. Defectos

Este tipo de desperdicios arroja como consecuencia la interrupción del proceso productivo con pérdida de tiempo, aumento de los costes de producción y en el peor de los casos, la inconformidad por parte del cliente. Entre las causas de los defectos se encuentra la falta de

preparación por parte del personal operativo, un ambiente de trabajo hostil, que impide el reporte preventivo de fallas, la falta de motivación de los colaboradores y hasta los cambios en los procesos, sin las notificaciones y preparaciones respectivas.

1.3.5. Esperas

Este desperdicio se da cuando no existe una sincronización entre los elementos que forman parte del sistema de producción. Por ejemplo, en el caso de que una actividad que para poder ejecutar su inicio debe esperar que otras terminen, y entre un lapso y otro se da un "tiempo muerto" en el que el operador no está realizando alguna tarea. Que los procesos de compra tarden más de lo estimado y se detenga la producción en espera de la materia prima o algún repuesto por llegar. También son causantes de espera, los largos procesos de planificación, en los que los operadores deben esperar los acuerdos de extensas reuniones de planificación para poder iniciar su proceso productivo, entre otros eventos que impiden el flujo continuo de trabajo.

1.3.6. Movimientos Innecesarios

Esto puede ocurrir debido a problemas en la distribución de planta que hacen que se deban realizar continuos traslados del personal o del producto entre secciones para dar continuidad al proceso productivo. Se supone que la distribución de planta debe respetar el flujo del proceso, aumentando la organización, el orden, la limpieza y con ello la eficiencia, es por esto, que se debe garantizar que las personas cuentan con los recursos que necesitan para ejecutar sus labores de forma accesible, lo más cerca posible y con procedimiento de acceso que impulsen la actividad. Por ejemplo, si para retirar una herramienta para la ejecución de una actividad se crea un formulario que debe

ser aprobado por diferentes niveles de delegación de autoridad, el trabajador tendrá que proceder a desplazarse a las diferentes autoridades para solicitar su aprobación para poder comenzar a realizar la operación, este tipo de desplazamientos representa un gran desperdicio para el proceso productivo.

1.3.7. Transporte

Considerando el punto anterior, si además, estos desplazamientos requieren el uso de sistemas o equipos para realizar los traslados, el desperdicio es aún mayor, porque no sólo se trataría del desplazamiento del personal, sino que ahora se adicionan los puntos de almacenamiento provisional para todo el material, creando almacenes paralelos dentro de la planta, desperdiciando tiempo, operaciones y maquinarias, en acciones que se pueden minimizar. Además, hay que considerar que mientras mayor sea la manipulación del producto, mayor es el riesgo de daño y/o de accidente dentro de las instalaciones.

1.3.8. Desaprovechar la Capacidad del Personal

Este riesgo se hace presente cuando se subestima la capacidad, creatividad y se limita la iniciativa de los colaboradores, con procesos que requieren continua supervisión y aprobación para poder ejecutar cada uno de los pasos. Si los trabajadores no están respondiendo a las estimaciones del proceso, se deben realizar todas las revisiones que correspondan en el sistema productivo como tal, en la preparación y formación del personal, en la motivación que tenga para la ejecución de la actividad y en los procesos con los que se están comunicando los planes estratégicos de la corporación. Es por esta razón, que todo el equipo debe estar en sintonía, tanto en la intención de ejecución por

parte del personal operativo, como en la libertad responsable asignada por parte del equipo supervisor. *Lean Manufacturing* promueve la multi-especialización de los trabajadores para garantizar que se cuenta con el personal suficiente para atender cualquier imprevisto y que además, cada persona sea evaluada y colocada en el puesto de trabajo donde mayor rendimiento pueda ofrecer.

Además de los 8 desperdicios mencionados previamente, también se consideran desperdicios las pérdidas de energía como electricidad, vapor, agua, etc., una mala administración financiera que implique gastos excesivos, mala comunicación, entre otras [1].

La eliminación de desperdicios en una organización requiere de un liderazgo sólido que tenga una visión clara del presente y del futuro de la organización, que le permita definir con precisión y objetividad aquellos elementos que impactan la producción de manera negativa y que pueden ser considerados como desperdicios. Para ello, la empresa debe contar con un equipo participativo, adecuado a la realidad actual de la empresa y que apoye la capacitación continua del personal [1].

1.4. Casa *Lean*

Lean Manufacturing es un modelo que integra un conjunto de herramientas utilizadas para disminuir los desperdicios y aumentar la productividad de las empresas. Ese conjunto de herramientas que lo conforman tienen objetivos distintos y cada una presenta sus particularidades según el elemento en el que se enfoque la mejora, esto ha hecho que a nivel práctico sea complicado presentar de forma sencilla todos los elementos que forman parte de este modelo.

Es por esta razón que, para facilitar la comprensión de los datos, se

ha creado un esquema conocido como Casa ***Lean*** donde se asocia a cada herramienta de acuerdo a un componente de una casa, integrando desde las herramientas que forman parte de la base y que sostienen al sistema, hasta la estructura superior de la casa, que es el techo, representando el modelo de ***Lean Manufacturing*** soportado por todas sus herramientas.

En la Casa ***Lean*** el techo representa los objetivos que se desean alcanzar, identificando el nivel máximo o nivel de excelencia del proceso. El techo es soportado inmediatamente por un par de pilares, los cuales son los dos elementos desde los cuales parte la metodología ***Lean***, que son ***Just In Time*** y ***Jidoka***.

Posterior a los pilares se encuentran los cimientos, que son los encargados de dar la estabilidad a la casa y en los cuales se tienen cuatro elementos: la estandarización como proceso elemental para garantizar que, independientemente de la herramienta seleccionada, la implementación estará guiada por un procedimiento técnico claro y documentado. La integración de variedad sin sacrificar la calidad, conocida como ***Heijunka***, los elementos de mejora continua o ***Kaizen*** y un factor fundamental que es el Factor Humano, quien realizará la implementación y evaluación de cada una de las herramientas que se pueden utilizar.

Finalmente, la base de la casa ***Lean*** está representada por las herramientas, las cuales tienen una variedad de opciones de clasificación entre las que se encuentran herramientas de diagnóstico, herramientas operativas y herramientas de seguimiento. En la ***Figura 2*** se muestra el diagrama de la Casa ***Lean***.

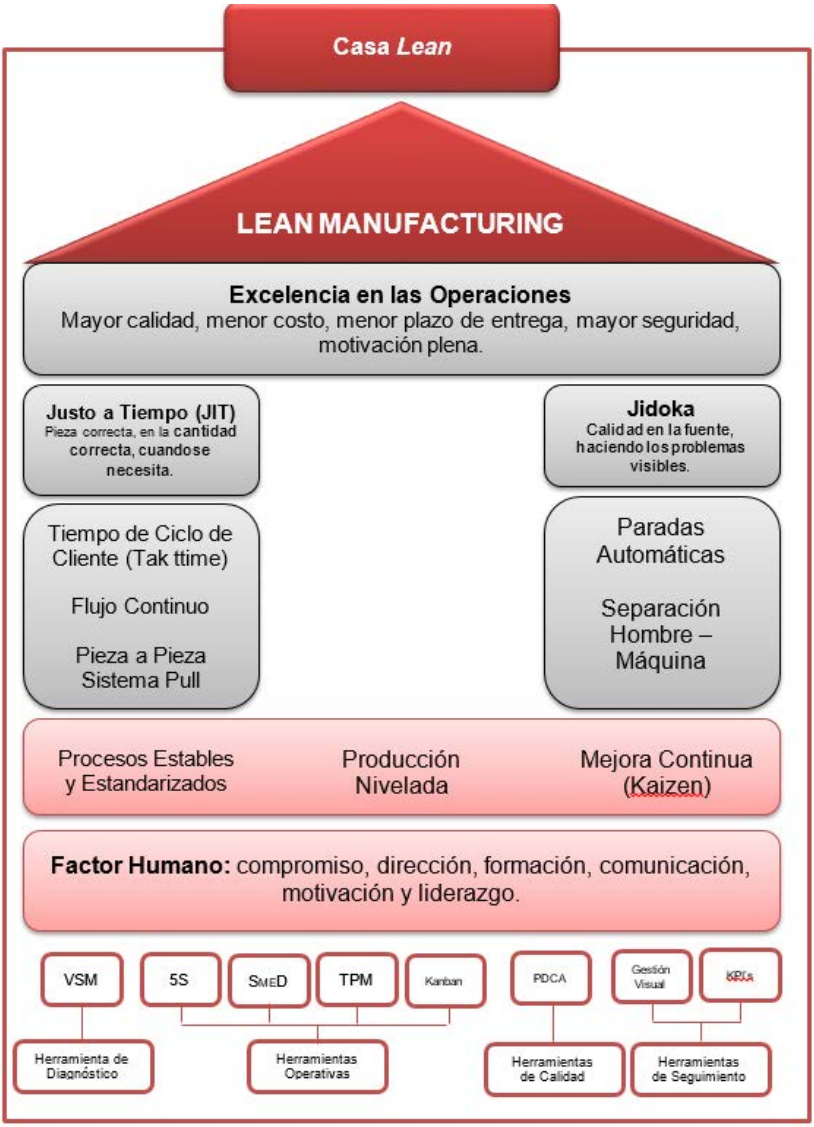


Figura 2. Casa *Lean.*

Fuente: [8]

1.4.1. Techo de *Lean Manufacturing*

Como se mencionó previamente, el techo de la Casa ***Lean***, lo representa la propia metodología ***Lean Manufacturing***, ya que su implementación dentro del sistema productivo es el objetivo máximo a alcanzar, entendiendo que la implementación de Lean está asociada al logro de los objetivo de minimizar los desperdicios y aumentar la productividad de la organización.

1.4.2. Pilares de *Lean Manufacturing*

Se definen como pilares de ***Lean*** aquellas estrategias que forman parte de la metodología desde que se comenzaron a realizar los ajustes para la optimización de los procesos productivos y que para su aplicación, requieren un mayor compromiso por parte de la dirección de la organización, además que involucran cambios en todos los integrantes de la misma. Estos pilares son ***Just in Time*** y ***Jidoka.***

1.4.2.1. *Just In Time* (JIT)

La definición más clara del proceso ***Just in Time*** o Justo a Tiempo es orientar a la empresa a producir "los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan y en el momento en el que se necesitan" [4], eliminando los inventarios innecesarios y aumentando la capacidad de adaptarse a los cambios del mercado, cambiando la filosofía de producir mucho de una sola pieza y esperar la salida del producto al mercado, a una filosofía de producción de acuerdo a la demanda del momento.

1.4.2.2. *Jidoka*

Tal y como se mencionó previamente, ***Jidoka*** fue empleada inicialmente por Toyoda al automatizar su línea de producción textil con

una máquina que identificaba y notificaba los errores presentes en la línea de producción y en eso se basa esta técnica, en incluir dispositivos que automaticen la detección de fallas en la producción y de esta manera, se disminuyen los errores en los productos de forma anticipada con el objetivo de tomar las acciones apropiadas para su corrección. Sin embargo, es una automatización con sentido humano, es decir, la máquina trabajando para el hombre, no el hombre para la máquina [7].

Jidoka como pilar de Lean indica que la decisión de una parada de planta no sólo se encuentra en los niveles supervisores o directivos, sino que, los operadores tienen la autonomía y la capacidad de decisión para parar una máquina en caso de que detecten algún defecto en la elaboración de los productos, asumiendo la responsabilidad de las actividades que se ejecutan para mejorar la condición de operación y, con ella, la calidad del producto.

El objetivo es no tener que eliminar al final de la cadena de producción los productos defectuosos, sino que se trata de evitar que se produzcan en esa condición al detectar las fallas en el proceso incipiente. Este proceso se realiza siguiendo los siguientes pasos:

- Identificar el problema
- Parar la máquina
- Aplicar correcciones rápidas
- Analizar la causa raíz

Un proceso productivo bajo el marco de trabajo de ***Lean Manufacturing***, no es un proceso de corrección, sino que es un proceso de comprensión de las causas que generan el problema para poder proporcionar soluciones que eviten la repetición del mismo.

1.4.3. Cimientos de *Lean Manufacturing*

Los cimientos relacionan aquellos procesos que dan la estabilidad a la metodología, es por esta razón que todas las herramientas que se encuentran bajo el modelo de trabajo ***Lean*** cumplen con estos cuatro elementos que son los soportes de la calidad y de la productividad.

1.4.3.1. Procesos Estables y Estandarizados

Todo proceso al que se aplique ***Lean*** pasa por tener procedimientos estandarizados para cada una de las tareas que se ejecutan. La estandarización establece el criterio óptimo para la ejecución de cada una de las actividades, apuntando a la excelencia operacional, acelerando el aprendizaje del personal nuevo en cada área de trabajo, reduciendo el riesgo de errores y presentando la documentación necesaria para cada etapa, convirtiéndose así en la base para todo proceso de mejora continua.

Para ejecutar la estandarización es importante realizar descripciones simples y claras para cada uno de los métodos utilizados, empleando las mejores técnicas encontradas y las herramientas más acertadas para cada proceso, dejando espacios para la observación del mismo y el planteamiento de mejoras en el futuro.

Los procesos estandarizados aseguran que se cumpla la secuencia de acciones establecidas, consolida las herramientas de control visual al integrarlas a la actividad, permite que haya una repetitividad en cada una de las áreas y asegura que se realizan operaciones más seguras y efectivas [1].

1.4.3.2. Heijunka

Como ***Lean*** es el resultado de la incorporación de variedad a los pro-

cesos de producción en masa, ***Heijunka*** es la herramienta que le otorga la flexibilidad para aceptar la variedad sin perjuicio de la calidad. En particular, esta herramienta se basa en calcular los tiempos de producción para mejorar los procesos de planificación y así poder nivelar las demandas de variedad y volumen que presentan los clientes, controlando el medio de producción hasta transformarlo en un proceso de flujo continuo [1].

El modelo ***Heijunka*** busca maximizar el potencial de una línea de producción al combinar varios productos en la misma línea, produciendo más con los mismos medios existentes, transformándolas en líneas multi-productos, evitando generar sobrecarga en las máquinas y en los colaboradores que participan en esa línea de trabajo.

1.4.3.3. *Kaizen*

La palabra japonesa ***Kaizen***, se compone por las palabras ***kai*** que significa "cambio" y ***zen*** que significa "beneficioso", por lo que en español se aproxima a "cambio para mejorar" [4] y hace referencia a la "mejora continua" del proceso a partir de la identificación de aquellas situaciones que generan inconvenientes en el sistema productivo y que se pueden transformar en una oportunidad de mejora que le permitan a los equipos de trabajo generar acciones dirigidas a aportar alternativas que se transformen en las soluciones necesarias para mantener la productividad de los sistemas [1].

Para que el sistema pueda funcionar en mejora continua es indispensable la integración y compromiso del personal para que puedan orientar sus habilidades y capacidades en dirección a aportar valor a la organización, puesto que es el recurso humano el que observa, analiza, planifica, ejecuta y evalúa todas las actividades que se reali-

zan dentro de la empresa, ésta es la principal distinción de ***Kaizen*** con otros sistemas de mejora continua.

La aplicación de ***Kaizen*** dentro de una empresa permite reducir los desperdicios, mejorar la calidad de los procesos y productos, reducir la variabilidad del proceso y finalmente, mejorar las condiciones de trabajo [1].

1.4.3.4. Factor Humano

Tal y como se ha mencionado previamente, el capital humano es uno de los pilares más importantes para la implementación de ***Lean Manufacturing***, considerando que para la ejecución de cada una de las acciones se necesitan equipos integrados, comprometidos, capacitados y dispuestos a manejar los cambios que se plantean dentro de los sistemas empresariales, con el objetivo de dar un vuelco a la productividad de las empresas.

La importancia de integrar al factor humano en el proceso de mejora continua de una organización se basa en que las personas que realizan el trabajo son las que conocen el 100% de los problemas que ocurren en las plantas operativas, mientras que solo el 74% de los supervisores conocen esa información, cifra que disminuye hasta un 9% de los mandos intermedios y un 4% del personal gerencial de la empresa [9].

Es por ello que, en cada etapa del proceso, se deben considerar las motivaciones del personal y se deben definir recompensas de acuerdo a los resultados, con el objetivo de mantener al equipo activo y orientado a la culminación del proyecto, aún en los momentos de dificultad que se pueden presentar.

1.4.4. Herramientas de *Lean Manufacturing*

Las herramientas son la base de ***Lean***, son las que aportan las soluciones dentro del proceso productivo, por lo que existen herramientas para cada una de las etapas que se puedan plantear en un proyecto de mejora, a continuación se van a presentar algunas de las herramientas que forman parte de grupos que pueden ascender a varias decenas, sin embargo se presentan las más utilizadas, fundamentalmente en el campo de acción de las pymes [8].

1.4.4.1. Herramienta de Diagnóstico

- **VSM (Value Stream Mapping):** Es una herramienta que relaciona las actividades que agregan valor dentro de la organización, identificando cada una de las etapas del proceso, con el objetivo de encontrar las oportunidades de mejora que impacten al proceso completo y no de forma aislada, dejando a un lado la visión por departamentos e integrando todo el sistema en una administración funcional donde se puedan apreciar el flujo del proceso. Se basa en la creación de un mapa presente y un mapa futuro de la cadena de valor, documentando de esta manera el estado actual y el estado ideal [1].

  En el primer mapa se identifican, a través de símbolos, el flujo de la información y el flujo de los materiales que se emplean en el proceso productivo, estableciendo para cada etapa una serie de indicadores como: tiempos de cada ciclo, tiempos de parada, número de operadores por cada etapa, entre otras variables que permiten medir el estado actual del proceso.

  Una vez realizado el primer mapa, se identifican todas las oportunidades de mejora y se priorizan de acuerdo a su im-

pacto en la reducción de costos, en el mejoramiento de la calidad o de la productividad del proceso y se realiza posteriormente un mapa futuro con todas las mejoras encontradas y los indicadores que se alcanzan una vez aplicadas estas mejoras.

Esta herramienta se utiliza cuando se va a iniciar un proceso de mejora, ya que permite mantener el enfoque en las acciones que van a proporcionar un mayor impacto y por lo tanto, permite centrar el esfuerzo en las soluciones que realmente agregarán valor al sistema [1].

1.4.4.2. Herramientas Operativas

- **5S:** Es una herramienta centrada en el valor de la disciplina al momento de implementar estrategias de seguridad, orden y limpieza. Partiendo del principio de que en un ambiente ordenado, limpio y con procesos estandarizados se amplifican las oportunidades de mejorar y se incentiva la eficiencia en el desarrollo de las actividades, por lo que, implementar y mantener esta herramienta, involucra el compromiso de todo el personal que hace vida dentro de la organización [10].

  Esta herramienta está conformada por 5 etapas, cada una de ellas con una definición que en idioma japonés comienza con la letra S, a saber: ***Seiri*** – Clasificar, ***Seiton*** – Ordenar, ***Seiso*** – Limpiar, ***Seiketsu*** – Estandarizar y ***Shitsuke*** – Disciplina. En los proyecto de implementación de Lean Manufacturing ésta es una de las estrategias que más se aplica inicialmente, ya que se dice que si esta herramienta no funciona, cualquier otro sistema de mejoramiento está destinado al fracaso [1].

- **SMED (Single-Minute Exchange of Die):** Es una herramienta que está centrada en la reducción de los tiempos que se emplean para las máquinas y los procesos que forman parte del sistema productivo.

  La palabra ***Single*** (del acrónimo SMED) hace referencia a un número de un solo dígito, por lo que a nivel práctico su significado se orienta a minimizar los tiempos de partida y de cambios de utilerías y herramientas, usando como referencia un tiempo menor a diez minutos.

  El objetivo de esta herramienta es poder flexibilizar las labores de mantenimiento y con ella favorecer los niveles de producción, para que la empresa pueda realizar entregas de pequeños lotes, minimizando así los tiempos de entrega y aumentando la productividad de la misma.

  En otras palabras, el objetivo es poder definir cuáles tareas de mantenimiento se pueden realizar con máquina en operación (preparación externa) y cuáles tareas requieren que la máquina se encuentre parada (preparación interna), para poder distribuir los lotes de producción entre estas paradas y de esta forma garantizar la conclusión de cada una de las tareas que forman parte del proceso productivo.

- TPM (Total Productive Maintenance): Es una de las estrategias dirigidas a mejorar la productividad con la adopción de acciones y métodos que permitan optimizar las labores de mantenimiento asociadas al sistema productivo.

  El objetivo de implementar esta herramienta es mantener una

visión hacia el funcionamiento óptimo de cada una de las máquinas y equipos de trabajo, entendiendo que es muy distinto que la máquina esté operando, a que esté operando de manera óptima.

Con esta herramienta se busca estandarizar los procesos de diagnóstico y de revisión de equipos, integrando a todas las personas que se vinculan al área de trabajo con el objetivo de realizar una detección temprana de las anomalías, para maximizar la productividad de cada máquina y equipo.

En esta herramienta se habla de eliminar las pérdidas ocasionadas por las fallas en los equipos principales, imprevistos, las paradas menores, por reducción de velocidad de los equipos, defectos durante los procesos y finalmente, las pérdidas en el acondicionamiento del arranque [3].

- **Kanban**: Se trata de una técnica que emplea tableros visuales para mostrar el flujo del proceso productivo y que permiten visualizar con facilidad los cuellos de botella que se puedan estar presentando. Es una herramienta de *Lean Manufacturing* diseñada para regular el flujo de producción entre algunos procesos [11].

También puede ser definido según el significado del término, el cual se traduce desde el japonés como ***Kan*** = visual y ***Ban*** = tablero, como un sistema de información basado en tableros visuales que se usa para controlar la fabricación de productos [12]. En la ***Figura 3*** se muestra un modelo de activación con Tablero Kanban ***3*** se muestra un modelo de activación con Tablero Kanban.

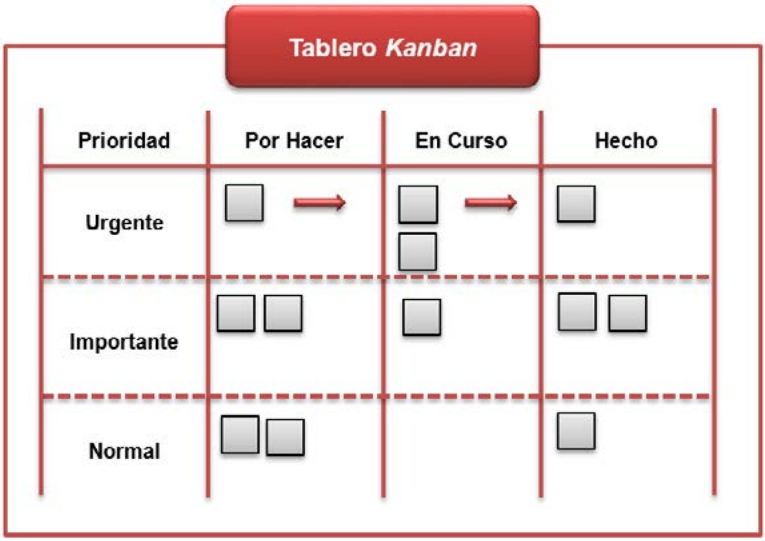


Figura 3. Modelo de Tablero Kanban.

Fuente: [4]

Esta herramienta se desarrolla respetando algunos principios fundamentales para garantizar el éxito de su aplicación, estos principios se mencionan a continuación [12]:

- Eliminación de desperdicios,
- Mejora Continua,
- Participación plena del personal,
- Flexibilidad de la mano de obra,
- Organización y visibilidad.

Cuando se observan estos principios de funcionamiento es posible manifestar que, aunque originalmente la herramienta ***Kanban*** fue diseñada para trabajar en largos procesos productivos, incluye elementos que se relacionan con marcos de trabajo en diferentes escenarios, es por eso que actualmente

Kanban es una de las herramientas que se emplea en los procesos ágiles para dar seguimiento a la gestión de proyectos.

1.4.4.3. Herramienta de Calidad

- **Ciclo PDCA:** También conocido como el "Ciclo de Deming", plantea un modelo para el aprendizaje empírico de cuatro fases: Planificar (***Plan***), Hacer (***Do***), Verificar los resultados (***Check***) y Actuar en función a los resultados obtenidos (***Act***).
  En primera instancia, Planificar se refiere a pensar en todo lo que se requiere para el logro del objetivo: datos, necesidades a ser cubiertas, indicadores que se van a utilizar, software a emplear y cualquier detalle que se considere de importancia para el desarrollo del sistema de gestión. Planificar es pensar antes de actuar.

  Posteriormente, se pasa a la fase de Hacer o lo que representa la implantación como tal, en la cual, se desarrollan los procesos para que se ejecute el objetivo. Luego viene la fase de Verificar o comprobar los resultados, lo cual es un aspecto fundamental para la mejora continua, e invita a observar de manera proactiva el trabajo realizado y reflexionar sobre los resultados obtenidos.

  Por último, viene la fase de Actuar en consecuencia a las reflexiones y observaciones realizadas en el apartado anterior, este paso es el que permite la continuidad del proceso y es el inicio de un nuevo proceso de planificación que permita mejorar las entregas realizadas.

  Este ciclo se ha convertido en un pilar fundamental a la hora de desarrollar procesos en el marco de la calidad de los resul-

tados y de los procesos en sí mismos. Sin embargo, planificar en exceso o tomar demasiado tiempo en este paso, disminuye la acción y puede generar retrasos en la presentación de resultados concretos, sobre todo en momentos donde la oportunidad y el tiempo son tan valiosos; es por ello que este espacio debe ser breve y dar apertura a la acción que es la que va a conducir a los resultados.

Un proceso extenso de planificación no precisamente se traduce en una ejecución libre de inconvenientes, es por ello que comenzar a hacer es importante, porque de esta manera comienzan a aparecer las dificultades reales a la hora de la implantación y con ellas, las reflexiones y los planes para corregir y ejecutar los avances necesarios.

Una implantación excelente cuyo primer resultado se muestra en 10 años no tendría sentido a nivel organizacional, una implantación en una semana a un costo excesivo tampoco resultaría rentable para la empresa, una implantación en corto tiempo y poco dinero pero que limita excesivamente el alcance tampoco tiene gran impacto dentro de la organización; es por ello que se hace necesario que la metodología a implementar juegue con estas tres variables para proporcionar resultados justos en cuanto al alcance de las actividades que se van a desarrollar, al tiempo de ejecución de estas actividades y al costo de su desarrollo.

1.4.4.4. Herramientas de Seguimiento

- **Control Visual:** esta herramienta, unida con *Kanban*, permite la visualización de todos los elementos que circulan por el sistema de producción, para dar a conocer el estado actual

del sistema, facilitando la identificación de cuellos de botella y permitiendo finalmente la implementación de acciones que mejoren el sistema productivo.

El objetivo de su aplicación es poder transmitir en el menor tiempo posible, con la mayor claridad posible, la mayor veracidad que se alcance y a través de medios visuales, la información relacionada al puesto de trabajo para que todos los involucrados la reciban, puedan identificar lo que realmente es importante tener en cuenta, ayudar a minimizar los desperdicios y finalmente, maximizar la productividad de la planta a través de acciones que resulten de un entendimiento rápido, sin necesidad de recurrir a otras fuentes para conocer lo que se debe hacer [1].

Es importante tener en cuenta que ***Lean Manufacturing*** es más que llenar las plantas de avisos, por lo que es imprescindible que se evite sobrecargar la planta con avisos o con información confusa que termine generando un efecto contrario a lo que se desea alcanzar con esta herramienta.

- **KPI (Keys Performance Indicators):** Con la definición de indicadores se puede examinar el comportamiento de cada una de las estrategias que se hayan definido en el sistema productivo con el objetivo de evaluar si las acciones que se aplican conducen a los resultados que se esperan.

  El objetivo de su implementación es que todos los integrantes del equipo conozcan la distancia que puede existir entre los resultados que se están obteniendo en este momento y los que se esperan conseguir, buscando la manera de que se impulsen cambios que lleven a cerrar las brechas entre am-

bos indicadores. Si no se miden los resultados, entonces no se pueden generar acciones para mejorar el proceso, por lo que el desarrollo de indicadores para cada uno de los procedimientos, con los valores que indiquen el porcentaje de cumplimiento, es sumamente importante para la creación de un sistema que apunte a la calidad, a la productividad y a la disminución de los desperdicios.

Estas, son algunas de las herramientas que se encuentran asociadas a la metodología de ***Lean Manufacturing***, sin embargo, la lista puede alcanzar varias decenas de acuerdo al autor que se esté investigando y al tipo de aplicación que se vaya a realizar, todas enmarcadas en los cimientos y pilares de esta metodología, entre éstas se pueden mencionar [4]: Control Total de Calidad, Sistemas de Sugerencias, Disciplina en el Lugar de Trabajo, ***Zero Defects***, Actividades en Grupos Pequeños, ***Benchmarking***, Mejoramiento de la Calidad, Orientación al Cliente, Presupuesto Base Cero, entre otras.

II

SEIS SIGMA

CAPÍTULO II:
SEIS SIGMA

2.1. Principios de Seis Sigma

El desarrollo de esta metodología comenzó en la empresa Motorola, donde el ingeniero Mikel Harry observó que las grandes variaciones durante el proceso productivo generaban insatisfacción en los clientes, fundamentalmente, por la incertidumbre que se crea al momento de recibir el producto final, lo que hace que las piezas o procesos resultantes se desvíen en gran proporción del prototipo ofrecido [13].

Si bien estas variaciones con respeto al producto esperado podrían ser muy bajas en algunos casos, en otros casos se alejaban mucho de lo que inicialmente se había ofrecido y, aunque el promedio de las variaciones podía ser aceptable, el usuario final no se guía por el promedio, sino por la experiencia particular en el uso del producto y, en este caso, la incertidumbre entre si le corresponde el producto con poca variación o con mucha variación es tan grande que genera desconfianza, insatisfacción y finalmente, la pérdida de clientes.

Mikel Harry logró disminuir la variación en algunos procesos claves dentro del sistema de producción de Motorola, aumentando la efectividad de esos procesos, lo cual hizo que la dirección de la empresa adoptara esta metodología y la extendiera a todas las áreas de la organización [13].

Posteriormente, Lawrence Bossidy, quien comenzaba a dirigir la compañía Allied Signal, después de haberse retirado de General Electric, interesado en aplicar nuevos modelos de gestión y administración de procesos empresariales, se centra en el avance que

había tenido Motorola y decide implementar medidas que le ayuden a disminuir la variación en procesos y productos, alcanzando en pocos meses una mejora de la efectividad con sus clientes y la eficiencia en los procesos empresariales, además de incluir a todo el personal en el desarrollo de estas estrategias con un amplio programa de formación en este sentido [13].

Posteriormente, motivado por el éxito de Allied Signal, Bossidy es contactado por su antiguo mentor en General Electric para conocer las estrategias que había aplicado y que lo habían llevado a alcanzar un importante ahorro, que no se debía a despidos de personal, además de una reputación que iba en aumento entre sus clientes [13].

Es allí donde solicita que se enseñe esa filosofía que había desarrollado al personal de General Electric en el Centro de Formación de Ejecutivos en CrotonVille, adoptando la aplicación de esta metodología en toda la corporación para finales de 1995 [13].

A pesar de los antecedentes de Motorola y Allied Signal, es General Electric la mayor referencia de éxito tras la aplicación de la metodología que se conoce hoy en día como Seis Sigma, con un resultado que llevó a la división *General Electric Power System* a reducir en un 300% el nivel de vibraciones en los rotores que fabricaba, a *General Electric Capital* a lograr una atención al cliente superior al 99% y a *General Electric Plastics* a cumplir las normas de pureza en los policarbonatos, con lo cual se convirtió en proveedor de Sony, negocio que perseguían desde algunos años atrás. Todo esto, permitió unos ahorros en costos que comenzaron en 320 millones de dólares y que ascendieron hasta los 750 millones de dólares en 1998 [13].

Todos estos logros se han realizado al aplicar una filosofía de gestión

que utiliza los datos del proceso para impulsar los resultados de la empresa, enfocado en mejorar la satisfacción del cliente, reducir los tiempos de ciclo de las operaciones que forman parte del proceso y reducir las piezas defectuosas. Cuando se indica que Seis Sigma utiliza datos, se refiere a que las soluciones parten de un estudio estadístico del desempeño que tiene un producto en específico o un proceso dentro del ciclo de producción de una empresa y desde allí, ejecutar acciones que permitan disminuir las desviaciones que se generan.

El nombre de esta metodología hace referencia a la letra del alfabeto griego sigma, la cual se utiliza en estadística para identificar la desviación estándar, variable que indica la variación que puede existir en un conjunto de datos en relación a su media.

Al analizar los resultados de cualquier proceso, la distribución gráfica de los mismos obedece a una campana de Gauss, en la cual se definen los límites entre los valores que se consideran aceptables, que es donde se puede indicar que el proceso cumple con el objetivo planteado o las especificaciones requeridas, y aquellos que quedan fuera de este rango, los cuales son todos los elementos que se consideran defectuosos [14].

De acuerdo a la definición anterior, la base de aplicación de Seis Sigma se encuentra en el manejo de datos, con lo cual se define que el valor objetivo de 6 es de 3.4 DPMO (errores por millón de oportunidades) lo que indica que se apunta a una aceptación del 99,99997% de los productos en perfectas condiciones, considerando un mínimo rango de defectos en el proceso de fabricación [14].

Un ejemplo de las variaciones de los procesos se muestra en la ***Figura 4***, en la cual se visualiza una comparación entre los errores que se pueden permitir al trabajar con dos o con seis sigma.

Figura 4. Comparación de Resultados Entre 3,8 y 6 Sigma.
Fuente: [15].

Para lograr estos altos estándares de perfección esta metodología se basa en seis principios básicos que indican lo que se espera de una empresa que desee aplicar las herramientas asociadas para encontrar mejoras dentro de su proceso productivo, aunque son principios elementales para cualquier organización, en Seis Sigma se convierten en pilares que sostienen el éxito en la implementación de los proyectos. Estos principios se presentan a continuación [14]:

2.1.1. Auténtica Orientación al Cliente

Entre la década de los años 80 y 90 muchas empresas en pro de orientar sus funciones hacia los principios de la calidad total, que se encontraba en auge para entonces, desarrollaron políticas y misiones que colocaban la satisfacción del cliente como un factor fundamental dentro de su gestión. Sin embargo, desde un enunciado corporativo

hasta el desarrollo de una cultura organizacional, hay una brecha enorme, que si no es acompañada con acciones sostenibles a lo largo del tiempo, pueden convertirse en eventos aislados que no terminan de comprender la dinámica del mercado y los cambios que ocurren en las expectativas de los clientes, orientando sus acciones a un momento particular, sin considerar las variaciones en las necesidades de los consumidores, las cuales cada vez cambian con mayor frecuencia.

Por su parte, cuando se inicia un proyecto de implementación de Seis Sigma se establece como principal prioridad la orientación al cliente, con mejoras que van a impactar directamente el valor del producto que se está produciendo y, en consecuencia, van a repercutir en la satisfacción del cliente final.

Es importante destacar en este momento, que iniciar un proyecto de Seis Sigma para la satisfacción del cliente suele ser un error común que hace que se reste importancia a un trabajo que requiere una inversión considerable de recurso humano y económico para su éxito. En Seis Sigma el principio de orientación al cliente está centrado en los datos, con herramientas estadísticas que permitan medir las necesidades de los clientes, el rendimiento del producto en función a satisfacer esa necesidad, disminuir las variaciones que se presenten con respecto a lo esperado por el consumidor y mantener la atención en desarrollar productos y soluciones que permitan sostener los resultados en el tiempo. Este es el verdadero principio de orientación al cliente que se maneja en la filosofía de Seis Sigma.

2.1.2. Gestión Orientada a Datos y Hechos

Un proceso de toma de decisiones en la metodología Seis Sigma está orientado por los datos que son suministrados a partir de mediciones estadísticas de mercado, de procesos, de tiempos y de todas las varia-

bles que permitan identificar objetivamente los hechos que se están desarrollando en el proceso productivo y en el sector del mercado al cual están orientados.

Para ello, es importante que un primer paso en la implementación de este tipo de proyectos, corresponda a la determinación de aquellas variables que impactan de manera importante el rendimiento de la empresa, de esta manera poder aplicar las herramientas de recolección de datos y mediciones necesarias, para ejecutar los análisis que lleven a optimizar los procesos que realmente están impactando en el desempeño de la organización.

Es importante entonces, conocer cuáles son los datos que realmente se necesitan obtener para dirigir los esfuerzos en función de encontrarlos y cómo utilizar esa información para obtener el máximo beneficio que se espera.

2.1.3. Orientación a Procesos, Gestión por Procesos y Mejora de Procesos

Como se mencionó previamente, la orientación al cliente es fundamental para la aplicación de la filosofía Seis Sigma, sin embargo, una vez conocida la necesidad de los clientes a partir de la recolección y análisis de datos y hechos, se debe proceder a identificar el proceso clave que servirá como vehículo para alcanzar el éxito en la implementación del proyecto.

Trabajar en los procesos internos es la forma más eficiente de alcanzar las mejoras en los resultados externos, que se traducen en la satisfacción del cliente. Para ello, hay que mirar cada una de las etapas del proceso productivo y determinar la que mayor impacto genera en el resultado final y la que mayor desviación presenta para encontrar

esos resultados. Con el enfoque puesto en estas áreas es donde comienza la intervención y desde allí, se manifiestan los resultados en el producto final.

2.1.4. Gestión Proactiva

Para la implementación de un proyecto de Seis Sigma dentro de la empresa es fundamental que se involucren todas las líneas de la organización, desde los directores hasta los trabajadores base de la organización.

Esta participación debe ir más allá de la reacción ante las dificultades que se puedan presentar, sino que requiere de mucha creatividad e iniciativa para anticiparse a los hechos. Lograr desarrollar una capacidad de análisis que permita implementar acciones que respondan de manera anticipada a las situaciones o eventos que se puedan presentar, respetando un margen de incertidumbre, pero orientados siempre a obtener los datos necesarios para la toma de decisiones efectivas, sobre todo en pleno siglo XXI donde la métrica de datos se ha convertido en un factor fundamental para el aumento de la competitividad y la presencia en un mercado tan cambiante.

Por esta razón, Seis Sigma cuenta con una serie de herramientas que promueven la conducta proactiva dentro de la organización, para ofrecer ideas, desarrollar soluciones y garantizar la participación continua de parte de todos los involucrados en el desarrollo del proyecto.

2.1.5. Colaboración sin Fronteras

Jack Welch, fue el mentor de Lawrence Bossidy que tenía tiempo implantando el trabajo colaborativo en General Electric bajo el lema “sin fronteras” y es que siempre consideró que la competencia y la desconexión entre los equipos de trabajos son elementos que alejan a las

organizaciones de los resultados que se plantean, realzando estrategias que incentivaban el trabajo en equipo y la colaboración como elementos fundamentales en los grupos que trabajan con una causa común que es la satisfacción del cliente [14].

En Seis Sigma ese principio de colaboración sin fronteras se lleva a cabo cuando las personas tienen una visión global de los procesos y conocen el lugar donde les corresponde estar y las funciones que les toca desempeñar, reconociendo la interdependencia entre las diferentes áreas, lo que le permite integrarse cada vez a su equipo de trabajo e interactuar con los aportes que ayuden a crear beneficios "aguas abajo".

La frase "sin frontera" más allá de un sacrificio desmedido de parte de algunos colaboradores, lo que indica es que se tiene un conocimiento del alcance que tiene el trabajo en el flujo del proceso y el impacto que cada una de las acciones que se toman genera sobre la satisfacción del cliente, por lo que se crea un entorno donde todo lo que se realiza se encuentra orientado a mejorar el proceso.

2.1.6. Búsqueda de la Perfección y Tolerancia a los Errores

Buscar la perfección y tolerar los errores durante los intentos son dos caminos que parecen contradictorios pero que se complementan en el andar.

En seis Sigma todas las acciones que se llevan a cabo están dirigidas a obtener la satisfacción del cliente disminuyendo las variaciones con respecto al prototipo ideal que el consumidor espera, esto se traduce en una búsqueda de perfección que permita acercarse cada vez más a esa condición ideal.

Para lograr esta perfección es necesario impulsar ideas, creatividad, iniciativa y la mayor disposición por parte de los colaboradores para

poder alcanzar las alternativas que conduzcan al estado ideal. Esto, representa un gran riesgo para la empresa porque, aunque todas las decisiones están basadas en los datos recolectados y los hechos evidenciados, siempre se hará presente un nivel de incertidumbre que disminuirá únicamente durante la ejecución de las acciones, esto lleva a un incremento de las probabilidades de error durante el proceso, sin embargo, estos errores deben ser aprovechados como aprendizajes durante la implementación del proyecto, para identificar las herramientas correctas y avanzar con el objetivo en mente. Si el error se utiliza como elemento acusatorio o como activador de castigo, las personas van a evitar generar ideas y el ambiente se va a tornar tenso ante la presencia de nuevas alternativas.

Por esta razón, aunque Seis Sigma se encuentre en una búsqueda permanente de la perfección, se hace dentro de un marco de trabajo de respeto a las ideas, las diferencias y los errores que se puedan presentar a lo largo de la implementación del proyecto.

2.2. Proceso DMAIC

La aplicación de Seis Sigma dentro de una empresa se fundamenta en la selección de variables concretas que influyan significativamente en los resultados de la organización donde se va a concentrar la implementación de la herramienta para tratar de focalizar los esfuerzos en las actividades estratégicas que permitan encontrar los resultados que efectivamente se desean alcanzar. Por ello es importante que las decisiones que se vayan a tomar se encuentren fundamentadas en un estudio objetivo de los datos con los que cuenta la organización, ya que centrarse en datos subjetivos o no contar con la cantidad suficiente de datos, puede conducir a soluciones erróneas dentro del proceso de implantación.

Por esta razón, el proceso de implementación se lleva a cabo en cinco etapas básicas y diferenciadas una de la otra, estas etapas son denominadas con el acrónimo DMAIC (por sus siglas en inglés) donde cada letra indica una etapa particular, estas etapas se muestran en la *Figura 5*.

2.2.1. Definir

En esta primera etapa se organiza un equipo que va a realizar un diagnóstico que permita identificar todos los elementos que forman parte del proceso productivo, desarrollándose un primer documento básico del proyecto donde se indiquen, entre otras variables, los requisitos del producto o requisitos del cliente, los procesos, actividades que mayor influencia aportan a los resultados del proceso y que, por lo tanto, tienen mayor interés para su evaluación, estas etapas de procesos son las denominadas características críticas para la calidad (CTQ por sus siglas en inglés) [14] y finalmente, todos aquellos aspectos que son considerados críticos para la mejora, con estos aspectos se crea un diagrama que muestre el proceso actual de la empresa.

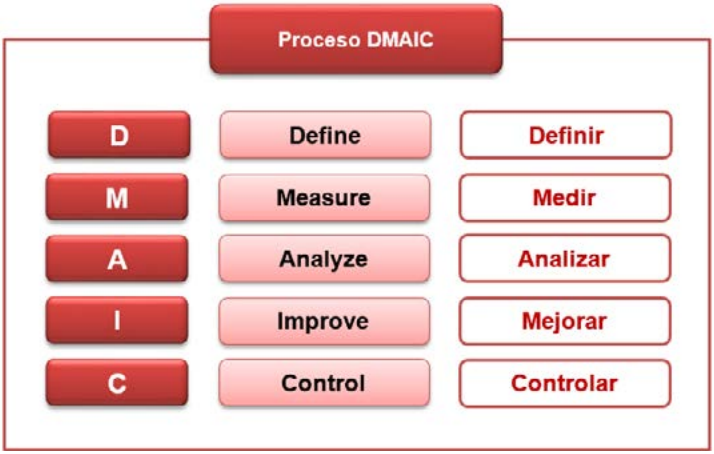


Figura 5. Proceso DMAIC.

Fuente: [13]

Ese diagrama es conocido como Mapa de Proceso y en él, se muestran las actividades que se van a desarrollar, la conexión entre cada una de ellas con los insumos y salidas de cada operación y el responsable de cada una de esas operaciones.

En esta etapa, es cuando se sientan las bases para el éxito del proyecto, definiendo objetivos claros con metodologías que permitan medir su cumplimiento, su alcance y beneficios que se obtienen con su implementación, además, en esta fase se define el recurso humano que se necesita para su ejecución.

Es importante destacar que un proyecto relacionado con la implementación de Seis Sigma dentro de la organización, debe abordar áreas que realmente generen impacto a la empresa, reduciendo desperdicios en las etapas críticas del proceso, asociados en todo momento a la satisfacción del cliente en función a la atención a quejas, procesos lentos, burocráticos, reclamos continuos que estén afectando la imagen y finalmente, las finanzas de la organización.

El proyecto definido debe mejorar el flujo de trabajo, reduciendo los tiempos de ciclo, mejorando además la capacidad propia del proceso que se está analizando, organizando, priorizando y eliminando las actividades de acuerdo al impacto que cada una tiene en el resultado global de la empresa.

Para el logro de los objetivos se debe contar, desde esta etapa, con la aprobación y el máximo apoyo de la dirección de la organización, para ello, el proyecto debe considerar los beneficios monetarios que puedan ser medibles en el tiempo y que la factibilidad de la implementación sea en un corto plazo, con métricas claras que permiten identificar el punto de partida del proceso y el resultado final del mismo.

Con el proyecto definido, se designa a un líder o responsable de su ejecución, quien, en función de los aportes que necesite para el proceso, designa a los colaboradores que van a estar desarrollando las actividades que sean definidas a lo largo de la implementación. Estas personas deben tener conocimiento operativo de las actividades que se vayan a estudiar y es importante que en la revisión preliminar no se haya detectado que esas personas sean parte fundamental del problema. La idea es que se forme un equipo multidisciplinario, con personas proactivas que aporten soluciones, experiencias y diferentes puntos de vista para abordar los problemas que se han planteado.

El resultado de esta etapa es un documento que debe contener una declaración con el propósito de la implementación que se va a realizar, un planteamiento del problema donde se exprese la condición actual o histórica, argumentando las necesidades que se van a atender, objetivos que muestren de forma más precisa los resultados que se pretender alcanzar a lo largo de la implementación, un alcance bien definido, los participantes que van a intervenir durante la ejecución, con roles y responsabilidades concretas, así como la lista de todas aquellas personas que serán afectadas de manera directa durante la ejecución de los trabajos y, finalmente, el nombre del directivo encargado de cumplir las funciones de seguimiento del proyecto, además de ser el punto de enlace entre los desarrolladores y la alta dirección de la empresa.

Adicionalmente, se deben indicar en este documento, de forma muy precisa, la fecha de inicio del proyecto y la fecha estimada para el cierre del mismo, las variables que se estarán midiendo y que indicarán el éxito del proyecto y los beneficios que se esperan conseguir en caso de una implementación exitosa de todas las actividades que se están definiendo.

En esta etapa es común utilizar herramientas como el Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa o Espina de Pescado, Diagramas de correlación, entre otros [14].

2.2.2. Medir

El objetivo de esta etapa es la recolección de la mayor cantidad de información y de datos que permitan desarrollar una visión sobre el funcionamiento del sistema productivo en aquellos procesos que se hayan definido como críticos y con gran influencia en el resultado que observa el cliente final. En esta etapa se comienzan a visualizar las relaciones causa – efecto que proporcionan una idea un poco más clara de los orígenes de los problemas y sus posibles soluciones, calculando el desempeño actual de la organización.

La idea es que se pueda entender de forma más precisa las dimensiones del problema que se está abordando, con un mayor detalle sobre el flujo de trabajo, los pasos que se han estado ejecutando hasta el momento, las diferentes técnicas que han sido aplicadas a lo largo de los años, los puntos de decisión que se presentan entre las actividades y todos los detalles que se relacionen con el funcionamiento en la etapa que haya sido definida en el proyecto.

A partir de los datos que se obtengan se define una unidad, un defecto y una oportunidad dentro del proceso productivo. Una unidad está determinada por aquella variable que se desea estudiar, puede ser un resultado preliminar o final dentro del proceso que se esté analizando. Por otro lado, un defecto define cuáles son los posibles factores que hacen que esa unidad no se cumpa, en otras palabras, las posibles variaciones que se puedan presentar una vez que se ha definido la unidad. Finalmente, una oportunidad es una variable relativa que está definida como la cantidad de veces en que la unidad puede

ejecutarse, de esta manera, el defecto está planteado en función a la cantidad de oportunidades en las que la solución pudo haber sido óptima, o sin variación con respecto a lo esperado.

En este caso, es sumamente importante identificar cómo se van a realizar las mediciones y cómo se va a plantear el estudio de cada una de ellas, utilizando gráficos que muestren la dispersión de valores e histogramas que analicen el proceso con todas las causas posibles de desviación.

Para realizar estos cálculos existen diferentes herramientas entre las que se encuentran algunos métodos estadísticos como: mapeo de procesos a un nivel detallado o métodos para realizar estudios de repetitividad y de reproducibilidad, entre otros [13].

2.2.3. Analizar

En esta etapa se analiza la información que ha sido recaudada en la etapa Medir y se comprueban o rechazan las teorías o hipótesis que se habían establecido en cuanto al funcionamiento del sistema de producción. Esta etapa requiere una alta aplicación técnica, ya que normalmente se recurre a herramientas estadísticas para lograr deducir las relaciones entre las variables de entrada y los resultados del proceso.

Es aquí donde, a partir de los análisis que se efectúan, se determina la causa raíz del problema, que no es otra cosa que aquella razón profunda que genera las desviaciones dentro del proceso productivo, es decir, como se menciona en el argot médico: “no se va a tratar el síntoma, sino la causa de la enfermedad”.

En esta fase existen muchas herramientas que se pueden emplear, como la técnica de los cinco por qué, diagramas de espina de pes-

cado, lluvia de ideas, mapeo de procesos, cartas de control, entre otras [13]. Estos elementos son parecidos a los que se emplean en la primera etapa debido a que realiza una secuencia de la misma pero con un mayor conocimiento proporcionado por los datos recibidos en la etapa dos.

2.2.4. Mejorar

En esta etapa se comienzan a desarrollar los planes de acción para mejorar aquellas causas críticas que hayan sido detectadas en la etapa precedente, estos planes de acción deben responder a objetivos claros, bien definidos y deben contar con actividades y plazos de ejecución concretos que permitan evaluar la aplicabilidad de los mismos, esto se logra con un análisis costo – beneficio que puede ser una referencia fundamental para la toma de decisiones por parte de la dirección de la empresa.

En esta fase se van a generar diferentes alternativas de solución que van dirigidas a atender la causa raíz de los problemas, con todas estas alternativas se generan matrices de evaluación y priorización para poder seleccionar aquellas opciones que brindan la mejor respuesta ante la causa raíz planteada.

Con una causa raíz muy bien definida esta etapa tiende a ser rápida, donde participan todas las personas involucradas para que, ante cada solución aplicada, se mida el desempeño sigma, debido a que a veces es posible obtener las mejoras proyectadas sin necesidad de aplicar todas las alternativas que se habían planteado.

También en esta etapa es donde se realizan las pruebas piloto que permitirán revisar a pequeña escala el impacto de las herramientas que se hayan decidido implementar en el proyecto y así, analizar los

riesgos y determinar las alternativas que mayor incidencia tengan sobre el resultado final.

Para la elaboración de la matriz se pueden utilizar herramientas como hojas de verificación, lluvia de ideas, diseño de experimentos, técnicas de creatividad, entre otras [13].

2.2.5. Controlar

En esta etapa se establecen controles que permitan medir el avance de las soluciones planteadas, la monetización de los resultados y se monitoriza completamente el proceso, incluyendo aquellas causas críticas que fueron definidas inicialmente, esto con el objetivo de determinar si la solución que se había planteado inicialmente genera los resultados previstos y de ser así, se mantiene continua observación para garantizar que esta solución sea sostenible en el tiempo y, en caso de que ocurra un desajuste, se tomen las medidas correctivas necesarias para garantizar el resultado que se espera.

El objetivo de controlar es mantener la mejora una vez que esta haya sido alcanzada, haciendo permanentes los logros que se han obtenido y de esta manera se puedan institucionalizar y convertir finalmente en parte de la cultura organizacional.

Para alcanzar este objetivo se debe tener la mirada puesta en la prevención de aquellos problemas que inicialmente originaron las deficiencias atendidas, evitar que las mejoras aplicadas se conviertan en moda y pasen al olvido con el tiempo, se debe crear un sistema que mantenga vigente cada uno de los cambios que se han ejecutado y mantener ese desempeño con el paso del tiempo, además de mantener siempre la mejora continua como elemento clave dentro de la búsqueda de calidad dentro de la empresa.

Todas estas consideraciones quedan englobadas en cuatro actividades fundamentales [13]:

- **Estandarización de procesos:** con estructuras sólidas que eviten los controles manuales, buscando cambios en el sistema de producción que puedan ser permanentes en el tiempo.
- **Documentación de actividades:** es importante que todas las actividades cuenten con registros de ejecución que permitan que cualquier persona que se acerque al puesto de trabajo tenga claridad sobre las actividades que se deben desarrollar en esa área. Se debe apoyar esta documentación en manuales escritos, videos, carteleras informativas, programas de formación continua. Diseñados tanto para el personal nuevo en el puesto de trabajo como para aquellos que ya forman parte del proceso de cambio.
- **Monitorear el proceso:** esta debe ser una actividad periódica que permita validar que el resultado se mantiene en el tiempo, para ello hay que tener en cuenta las variables que van a ser supervisadas, los niveles aceptados para estos resultados y la frecuencia en la cual se van a realizar estos chequeos.
- **Difundir el proyecto:** es fundamental dar a conocer los logros que se han alcanzado con la implementación del proyecto Seis Sigma, así como todos los aprendizajes que se han obtenido durante su implementación, esta difusión permitirá un mayor compromiso por parte de los trabajadores involucrados en su ejecución y un mayor incentivo para aquellos cuyas áreas de trabajo estén por comenzar un proceso de implementación. Para que esta difusión tenga mayor impacto, se debe documentar a lo largo del proyecto cada uno de los

logros que se han encontrado, con mecanismos que evidencien el estado inicial del proceso y la manera como el flujo de trabajo fue modificado, indicando los beneficios económicos que han sido alcanzados gracias a la ejecución del proyecto. Todos estos logros se deben presentar a través de informes técnicos, reuniones entre grupos, presentaciones ante la dirección de la empresa, presentación a las demás áreas de la organización y utilizando todos los canales que se dispongan para lograr el máximo alcance posible.

Es importante que en esta etapa se realice un cierre definitivo de la implementación de Seis Sigma que permita identificar el momento en el que se hace la medición de cierre, esto, aunque haya que seguir realizando seguimiento para garantizar que la solución se mantiene en el tiempo.

Los Gráficos de control representan una de las herramientas más importantes para el desarrollo de esta etapa.

2.3. Funciones de Seis Sigma

Seis Sigma es un proceso empresarial que identifica el nivel de competitividad que tiene la empresa, se dice que una empresa es de clase mundial cuando su producción es con cero defectos o el equivalente a Seis Sigma. Cuando una empresa no conoce su nivel sigma, tampoco tiene contabilizado la cantidad de dinero que pierde por no controlar los errores o defectos de sus productos, ya que no los tienen identificados y por lo tanto, no saben en qué momento ocurren.

Es por eso que implementar un proyecto Seis Sigma dentro de una empresa va más allá de una metodología de trabajo y cumple las siguientes funciones [15]:

- Proporcionar una metodología de trabajo que permita encontrar las causas que realmente están produciendo los errores o defectos del producto.
- Ofrece una serie de estrategias que permiten eliminar las causas que están generando los errores o defectos.
- Medir estadísticamente el nivel de desempeño de las etapas o los productos que estén siendo objeto de estudio.
- Mejorar la satisfacción del cliente a partir de las mejoras en las diferentes etapas del proceso, en los productos realizados y finalmente, creando un sistema de calidad orientado a mejorar la satisfacción del cliente.
- Lograr un liderazgo sostenible en el tiempo a partir de la creación de un sistema de dirección de primer nivel.
- Mejorar los resultados empresariales en general, al generar un proceso empresarial capaz de diseñar y supervisar las actividades de mejora que plantea.

Para cumplir estas funciones se desarrolla un sistema de trabajo que fluye entre las diferentes etapas del proceso DMAIC y fundamentado en los seis principios básicos de funcionamiento que han sido definidos previamente. La ***Figura 6*** muestra un diagrama con el flujo de este proceso.

Para cumplir con este flujo de proceso es importante definir algunas funciones específicas de los actores que participan en la implementación del proyecto, en este caso la metodología Seis Sigma define algunas figuras particulares que deben pertenecer al equipo de trabajo. A continuación se indican estas figuras y las funciones que cumplen cada una de ellas [16]:

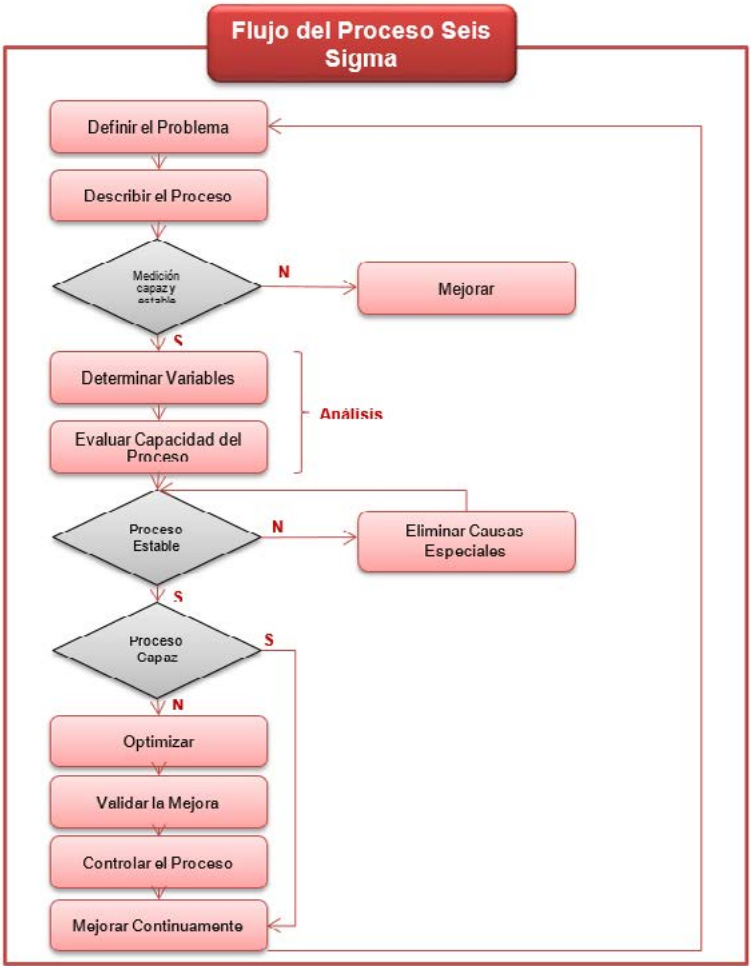


Figura 6. Flujo de la Filosofía Seis Sigma.

Fuente: [15].

2.3.1. *Champions* o Campeones

Son las personas encargadas de reportar los avances del proyecto ante la dirección de la empresa, se encuentran en un nivel estratégico

que les permite definir la manera de implementar las diferentes herramientas dentro de la corporación, seleccionan los proyectos que presentan mayor impacto en los resultados y se encargan de realizar seguimiento a su ejecución.

En su perfil profesional deben ser personas que se encuentren familiarizados con herramientas estadísticas y deben fomentar un pensamiento estadístico dentro de su equipo de trabajo, además de proporcionar capacitación al siguiente nivel de participación, que en este caso serían los *Masters Black Belt*.

Para cumplir con sus funciones se capacitan durante, por lo menos, una semana en los principios de Seis Sigma debido a que ellos serán los principales responsables de crear la visión compartida en toda la organización.

En este caso, se recomienda que se designe a un *Champion* por cada división o gerencia de la compañía [16].

2.3.2. Master Black Belt o Maestros Cinta Negra

La función de este equipo es comprender la situación de la empresa en la actualidad para poder identificar las debilidades en los procesos y seleccionar y difundir las mejores prácticas para la organización.

Deben tener conocimiento en procesos estadísticos con un nivel intermedio en su manejo debido a que son ellos los que van a entrenar al equipo de los *Black Belt***,** para lo cual participan en un programa de formación que se extiende como mínimo dos semanas, es decir, duplica el tiempo de formación que tienen los *Champions***.**

Para conformar el equipo que participará en la implementación del proyecto de Seis Sigma, se recomienda la participación de un *Master Black Belt* por cada treinta *Black Belts* que se asignen [16]**.**

2.3.3. Black Belt o Cinta Negra

Son los líderes de los equipos que ejecutarán directamente los proyectos que se hayan definido, trabajando con dedicación exclusiva a la implementación del proyecto.

Sus metas anuales alcanzan la ejecución de cuatro proyectos que permitan una reducción de costos que ascienda hasta los cien mil dólares por cada proyecto asignado.

Su función primordial es la de ser los asesores y facilitadores de conocimiento en cada una de las herramientas que se decidan implantar dentro del marco de los proyectos, para ello en su perfil deben tener un amplio conocimiento en estadísticas.

La capacitación que reciben los Black Belt varía un poco, debido a que se realiza en cuatro ciclos donde tiene una semana de capacitación y tres semanas de prueba y aplicación de las herramientas que va aprendiendo en los proyectos que se encuentra ejecutando dentro de la empresa, así, hasta que cumpla las cuatro semanas de formación [16].

La recomendación es que exista un Black Belt por cada cien empleados de la empresa [16].

2.3.4. *Green Belt* o Cinta Verde

Se dedican a la implementación del proyecto de manera parcial, utilizando el 50% de su tiempo y el resto lo emplean en sus labores cotidianas. Son trabajadores que se recomienda que se encuentren familiarizados con métodos estadísticos y que serán formados durante una semana en las herramientas en las que estarán participando. Se estima que exista un ***Green Belt*** por cada 20 trabajadores de la organización [16].

La *Figura 7* muestra la estructura del equipo recomendado al proyecto de implementación de Seis Sigma dentro de la organización.

Figura 7. Jerarquización de los Participantes en Proyectos Seis Sigma.
Fuente: [15].

En la *Figura 7* se pueden observar los participantes cuyas funciones se han explicado en este apartado, sumando un líder al equipo como figura principal y es que, para la correcta implementación de un proyecto Seis Sigma dentro de una empresa se debe contar con un enlace inmediato a la junta directiva, quien va a facilitar las comunicaciones, solicitudes, aprobaciones y realizará el seguimiento respectivo para que proyecto funcione.

2.4. Problemas de Implementación de Seis Sigma

Seis Sigma parte de que se reduzcan los costos de proceso en, por lo menos, un 50% [13], además de mejoras en los tiempos de ciclo, disminución de desperdicios y un aumento de la confiabilidad en el resultado final del proceso, sin embargo, para alcanzar estas metas se debe

contar con un equipo comprometido en la aplicación de estas herramientas de gestión, desde la dirección de la empresa, que es la primera que comienza a definir las estrategias, hasta alcanzar a toda la base de la organización, quienes tienen una participación activa durante la ejecución de las actividades que conducen al logro de los objetivos.

Esta participación activa requiere un intenso trabajo de formación que permita, en los rangos directivos, gerenciales y supervisores, realizar los análisis estadísticos que correspondan y se puedan multiplicar estos conocimientos de forma sencilla a todo el personal de la empresa.

Un gran problema con esta filosofía es que se tiende a dejar su implantación en el personal con mayor nivel académico para poder comprender y manejar los datos, sin embargo, al dejar de lado a los operadores, mantenedores y demás personal base de la empresa, se corre el error de convertirse en una filosofía "fantasma", planteada como una solución ideal que no se termina de implantar dentro de la organización.

Cabe destacar, que este tipo de implementación es muy conocida en empresas pequeñas, donde, por cumplir con un requisito o una recomendación de acciones correctivas del área de calidad, se procede a enunciar una implantación de Seis Sigma que no es ejecutada dentro de los diferentes sectores de la organización llegando, incluso, a invertir grandes sumas de dinero en proyectos cuyos ahorros no cubren el nivel de gasto que representa su ejecución o, peor aún, en proyectos que no están definidos en función del componente económico, que es un factor fundamental para medir el éxito de la implantación.

Por otro lado, se deben tener presentes los tiempos en los que se espera encontrar los resultados de la implementación de Seis Sigma, debido fundamentalmente, a que proyectos excesivamente largos pueden causar frustración por parte del personal y cierta inconformi-

dad por parte de los directivos de la organización, quienes comienzan a desconfiar de la metodología y a solicitar resultados concretos en corto tiempo.

Por esta razón, es que la falta de formación puede hacer que se creen expectativas que se encuentren muy por encima de los resultados y/o de los plazos que definitivamente se proyectan alcanzar dentro de su implementación.

Además, hay un nivel de inversión que es importante tener en cuenta en función de la facturación mensual que tenga la empresa, considerando que, de acuerdo a investigaciones realizadas, el costo de no calidad o de pérdidas por ineficiencias dentro de una empresa puede alcanzar el 20 y hasta el 30 por ciento de la facturación mensual. Al aplicar Seis Sigma se habla de disminuir ese costo hasta un 1% o menos de ese valor [13]. Aplicar esta metodología en una pequeña empresa requiere una evaluación sistemática de la rentabilidad de la inversión comparándola con el porcentaje de reducción de costos, esta es la razón por la que muchas veces Seis Sigma sea aplicada en grandes empresas, de las cuales se tienen las mejores referencias, aunque no se encuentre limitada a este sector.

Además de los inconvenientes presentados previamente, también se convierte en causas de problemas durante la implementación de Seis Sigma los siguientes aspectos:

- Que los objetivos a desarrollar no sean precisos y acotados en tiempo, sino que divaguen en lo que realmente se desea conseguir con el proyecto.
- Que se planteen demasiados objetivos. Cuando se va a implementar un proyecto de Seis Sigma, se debe tener presente que

la cantidad de actividades debe conducir de manera óptima a la consecución de resultados, estructurando el proyecto con un enfoque en lo que realmente se encuentra impactando los resultados de la organización, para evitar desviar al personal a actividades que no van a generar valor en el plazo de ejecución que ha sido definido.

- Que las métricas utilizadas para medir el impacto de la implementación no generen la amplitud de todos los elementos que están presentes en la misma, ofreciendo variables "pobres" que no determinan el éxito o aprendizaje del proyecto que se está ejecutando.
- Que el proyecto no se encuentre ligado a lo financiero. Tener un proyecto donde, por recomendaciones del departamento de calidad, se busca es la satisfacción del cliente, es un proyecto que pierde fuerza dentro de la organización y desvirtúa el planteamiento inicial que tiene la metodología Seis Sigma, que es una reducción de costos.
- Que el alcance definido sea muy amplio. Los proyectos de Seis Sigmas deben estar muy bien delimitados para que se puedan acotar en tiempo y para que puedan mostrar los resultados económicos en un plazo sostenible para la organización.
- Que el proyecto no se encuentre estructurado o asociado a los planes estratégicos de la empresa, quedando como una iniciativa que se encuentra fuera de las actividades que se hayan planteado dentro de la organización. Los proyectos de Seis Sigma deben responder a necesidades que han sido detectadas en el marco de la planificación estratégica de la compañía, aportando soluciones a los problemas identificados.

III

GESTIÓN Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

CAPÍTULO III:
GESTIÓN Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

3.1. Investigación, Desarrollo e Innovación

El objetivo central de este capítulo es el desarrollo de un concepto de innovación como elemento clave en el aumento de la competitividad de las empresas y su relación con las actividades de investigación y desarrollo como mecanismo de impulso de los nuevos procesos y nuevos productos, para ello se va a definir cada concepto por separado y luego se integran en un plan de gestión de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, conocidos a nivel empresarial como proyectos I + D + I.

3.1.1. La Investigación

Como primera referencia del concepto de investigación se tiene la definición que presenta la Real Academia Española:

> "Es al acto de llevar a cabo estrategias para descubrir algo, o el conjunto de actividades de índole intelectual y experimental de carácter sistemático, con la intención de incrementar los conocimientos sobre un determinado asunto."

De esta definición se puede decir que es un proceso estratégico o sistemático que se utiliza para descubrir algo o aumentar los conocimientos sobre algo y de aquí se desprende su clasificación en investigación básica, que es la que se utiliza para descubrir los principios básicos de la naturaleza, del comportamiento humano y de lo que se conoce como realidad, denominada también investigación pura es un tipo de investigación que no tiene carácter lucrativo, en la que participan

grupos de investigación y/o universidades y cuyos resultados normalmente son presentados en revistas científicas de acceso público. En este caso, es fundamental el uso de métodos estadísticos que permitan extrapolar los resultados a grupos más extensos que los que son estudiados inicialmente. Este tipo de investigación no da respuesta a un problema en particular, su origen se encuentra en la curiosidad por comprender la vida, por lo que el nivel de incertidumbre en cuanto a los resultados que puede presentar, es bastante elevado [17].

Por otro lado, se encuentra la investigación aplicada, denominada también investigación empírica o práctica, la cual se enfoca en los resultados de la aplicación de los conocimientos obtenidos a partir de la investigación básica, como por ejemplo: el desarrollo de nuevas tecnologías, inventos, prototipos de equipos, las aplicaciones industriales, los centros empresariales para investigación y tecnología, entre otros. Este tipo de investigación busca atender una necesidad puntual por lo que normalmente son tienen motivaciones lucrativas y sus resultados tienden a ser patentados [17]. Como este libro trata de la gestión de la Producción Industrial, el foco estará fundamentado en este tipo de investigación, debido a que por su naturaleza, es la que impulsa el desarrollo de innovación dentro de las organizaciones.

En su relación con la innovación y el desarrollo se establece que la investigación científica conduce al desarrollo de nuevos conocimientos, la transformación de esos conocimientos en soluciones prácticas es lo que se conoce como innovación [18].

3.1.2. Desarrollo

El desarrollo trata del uso de los conocimientos generados a partir de los procesos de investigación para el diseño, producción y mejora de

métodos, materiales, equipos, dispositivos, prototipos, servicios, procesos, dispositivos, máquinas, metodologías, modelos, etc., [19].

En el campo de la gestión de la producción industrial, estos desarrollos van a permitir mejorar los procesos, productos, metodologías de implementación, tecnologías que se utilizan, entre otras características, que puedan permitir a la empresa mantener su competitividad y la satisfacción del cliente final.

3.1.3. Innovación

La innovación, por su parte, es el resultado del desarrollo de la investigación con el objetivo de crear valor en un proceso, es decir, mientras que la investigación proporciona un nuevo conocimiento, el desarrollo lo transforma en una solución aplicable y la innovación finalmente lo aplica para presentar los resultados y la monetización que este nuevo producto, servicio o modelo genera dentro del mercado.

Es importante destacar que la investigación y el desarrollo son una de las fuentes de innovación dentro de la organización, pero esta también puede ser impulsada por el departamento de producción, por los trabajadores de los diferentes departamentos de la empresa, por errores o deficiencias en los productos, situaciones que pueden activar al grupo I + D + I en función de la iniciativa y alcance que la empresa les permita. También pueden ser impulsadas por los clientes, la compras de tecnología o adquisición de patentes que generen cambios en el proceso productivo o información que provenga desde otras organizaciones que apliquen métodos, procesos o se encuentren desarrollando productos que impulsen cambios en sus líneas de producción, es decir, la innovación puede ser motivada por causas internas o externas a la compañía [20].

La importancia de la innovación en el campo empresarial se debe por un lado, a que es el paso en el que definitivamente se aplican las soluciones y por el otro, es que está caracterizada por el valor que aporta al proceso productivo, es decir, se puede medir en función a los beneficios que se obtienen con la implementación de estas soluciones.

Una empresa innovadora es una empresa que se dedica a la inversión en investigación y desarrollo, que establece enlaces con otras empresas, entes gubernamentales o centros de investigación con los que crea alianzas para el desarrollo de productos y procesos, cuenta con experiencia, recursos tecnológicos, humanos, financieros y con una gerencia de esos recursos que le permitan su desarrollo competitivo tanto nacional como internacional [20].

Una de las ventajas que proporciona el proceso de innovación dentro de las empresas es que permite el desarrollo de niveles superiores de competitividad, al permitir que el proceso y/o los productos se lleven a cabo con novedosas técnicas que permitan satisfacer al cliente, aumentar el alcance de los productos, disminuir costos y en líneas generales, maximizar el desempeño y los resultados de las empresas.

Esto ha hecho que se generen algunas clasificaciones que permitan relacionar el nivel de innovación de una empresa con el nivel de competitividad de la misma, ya que se menciona que una empresa que valora la innovación es una empresa competitiva en el mercado [19].

En este sentido, Michel Porter, desarrolló un modelo de cuatro cuadrantes que simplifica las estrategias competitivas de la empresa [19], este modelo se presenta en la ***Figura 8***.

Figura 8. Estrategias Competitivas de Michael Porter.

Fuente: [19].

En el modelo de Porter mostrado en la *Figura 8* se puede observar que, por un lado, hay estrategias para desarrollar mayor competitividad a partir de la disminución de los costos de producción y con ello, se puede lograr una reducción en los precios sin comprometer la calidad, generando una preferencia por parte del mercado que podría favorecer las ganancias definitivas. Ahora, para evitar que esa disminución de costos sea producto de disminución de calidad o de despido de personal, es necesario innovar para poder generar nuevos procesos, nuevos productos, aplicar nuevas metodologías que se hayan investigado y que permitan obtener los resultados que se esperan.

Por otro lado, se encuentran las estrategias de diferenciación en el mercado, esto implica presentar un producto único, que genere mayor valor agregado y que aporte soluciones que permitan que el

cliente lo identifique de manera particular entre todas las variedades que existen en el mercado globalizado de hoy en día. En este caso, nuevamente se hace presente la relación entre la innovación y la competitividad, pues el desarrollo de esas soluciones únicas, parte de una profunda investigación del mercado que ha detectado que se han alterado las necesidades de los consumidores, por lo que se demandan nuevos productos y que estos pueden estar favorecidos por los avances tecnológicos de la época. De allí se obtiene lo que es denominado como el ciclo de desarrollo de nuevos productos que se presenta en la *Figura 9.*

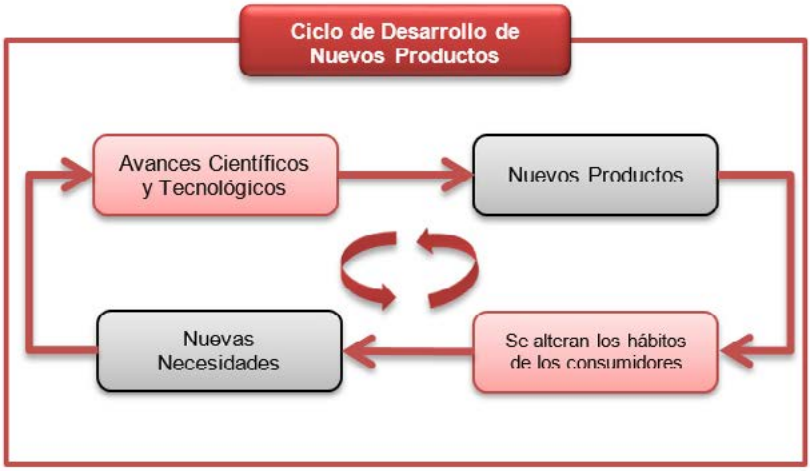


Figura 9. Ciclo de Desarrollo de Nuevos Productos.
Fuente: [19].

Aunque parezca un proceso sencillo, la innovación no siempre aparece de forma inmediata dentro de las organizaciones, de hecho, es importante comprender de qué tipo de innovación se trata para poder aportar los recursos que sean necesarios, con la distribución temporal que se requiere y de esa manera, seleccionar la mejor estrategia

para alcanzar el resultado innovador esperado. Considerando estos elementos se presenta, a continuación, una clasificación de la innovación en función del impacto dentro del proceso [19].

- De acuerdo al grado de novedad que se consiga, se tiene un modelo de innovación radical, que ocurre cuando lo que se aplica proviene de un modelo que no existía previamente y un modelo de innovación incremental, que es cuando se logra otorgar nuevas cualidades a productos que ya existían en el mercado.

- De acuerdo al objeto de la innovación, se tiene la innovación de producto, que corresponde a un desarrollo de producto totalmente distinto a lo que se tenía, y la innovación del proceso, la cual impacta la eficiencia en la producción y puede generar una disminución de costos pero que no impacta directamente el producto que recibe el cliente.

- De acuerdo al origen del proceso de innovación, se tienen aquellos que han sido impulsados por el desarrollo de nuevas tecnologías y los que son impulsados por el mercado, estos últimos provienen de estudios de mercado en relación a las necesidades de los clientes, lo que impulsa líneas de investigación con el objetivo de cubrir esas demandas.

- Finalmente, es posible estudiar el resultado de la innovación en función al impacto del proceso o producto, es decir, si es muy o poco innovador de acuerdo a su función en el mercado o si es muy o poco innovador con respecto a lo que ya existía.

3.2. Gestión de la Innovación

Como se mencionó previamente, el objetivo de innovar dentro de la organización, es desarrollar nuevas estrategias que orienten el modelo de negocio al diseño de propuestas de valor que puedan satisfacer las necesidades del mercado, así como mantener y aumentar la capacidad competitiva, lo cual se traduce en los mecanismos que adopta la empresa para adquirir y combinar los recursos que necesita y suministrar los bienes que produce en un mercado que tiende a la transformación digital, industria 4.0 y consumo sostenible.

Para alcanzar ese objetivo es necesario redefinir los conceptos de generación de valor con las diferentes percepciones que se tengan dentro de la empresa, permitiendo generar un enfoque que conduzca al cambio que se desea producir. Todos estos cambios impulsan una nueva de forma de hacer negocios lo que requiere incorporar, en este nuevo modelo, el desarrollo de la capacidad tecnológica y de habilidades ejecutivas que permitan dirigir y planificar estratégicamente a los equipos de trabajo, incluyendo un pensamiento estratégico, técnico y holístico para la visión integral de la transformación [21]

Al principio, se pensaba que el modelo de negocio dependía de la naturaleza de cada organización y que el desarrollo de las técnicas que se implementaban internamente dependía de las condiciones particulares de cada sistema productivo, fue hasta finales del Siglo XX cuando el enunciado de metodologías de producción comenzó a introducir la idea de establecer parámetros comunes entre los procesos productivos y diseñar modelos de negocio que podrían servir para todas las organizaciones [21].

Lo mismo ocurre con la innovación empresarial en un entorno que demanda conectividad, interacción entre organizaciones y acelera-

ción de los modelos de producción para responder a las velocidades de cambio en el mercado, es por ello que proporcionar un modelo de gestión de la innovación se convierte en un elemento que disminuye la complejidad de la arquitectura de la empresa para poder responder a estas variables.

La innovación requiere esfuerzos extraordinarios por parte de todo el equipo de trabajo, sobre todo porque no se trata de un esfuerzo puntual sino continuo, donde sistemáticamente se generen soluciones para satisfacer la demanda del mercado, es por esta razón que se plantea un modelo de gestión de la innovación dentro del proceso productivo. Este modelo está definido en cuatro pasos [21], los cuales se muestran en la *Figura 10.*

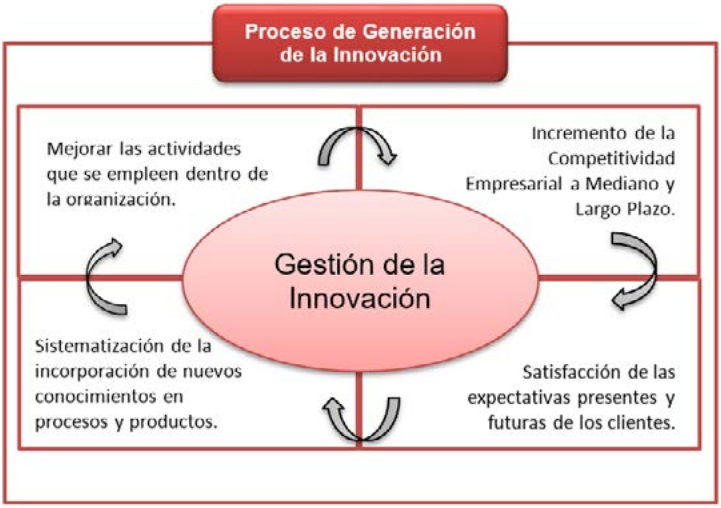


Figura 10. Proceso de Generación de la Innovación.
Fuente: [21].

El modelo de gestión de innovación supera las actividades orientadas a producto o servicio que es la gestión tradicional orientada a la satis-

facción del cliente a partir de la mejora del producto, sino que incluye acciones I + D dentro de la organización para generar un sistema que incluya continuamente la incorporación de nuevos desarrollos a partir de los conocimientos del producto, proceso y mercado. Las cuatro etapas del modelo presentado en la *Figura 10* se presentan a continuación.

3.2.1. Incremento de la Competitividad Empresarial a Mediano y Largo Plazo

Una de las necesidades fundamentales que tienen las organizaciones del siglo XXI es mantener su presencia y nivel competitivo en el mundo globalizado, es decir, buscar atender las necesidades de un público consumidor que recibe enormes cantidades de información cada segundo y que se encuentra interactuando simultáneamente con personas en cualquier parte del mundo.

Esta realidad es uno de los principales impulsores de nuevas estrategias de gestión que permitan innovar no únicamente en los productos, sino en los procesos que producen esos productos.

La gestión de la innovación va más allá de un producto innovador, sino que aplica a un proceso innovador, la diferencia es que el primero tiene un tiempo de vigencia dentro del mercado, mientras que el proceso innovador apuesta por incluir la innovación dentro de la empresa para poder ofrecer productos novedosos continuamente. Esta forma de gestionar los procesos permite que la empresa mantenga niveles competitivos que proyectan resultados sostenibles en el mediano y largo plazo.

Para lograr estos resultados, se debe apostar por fomentar el conocimiento, la creatividad, la flexibilidad, las iniciativas y tener acceso a sistemas de datos, como la inteligencia de negocios, que le permitan

medir continuamente los comportamientos del mercado para anticiparse a las necesidades de los clientes.

3.2.2. Satisfacción de las Expectativas Presentes y Futuras de los Clientes

La satisfacción del cliente siempre ha sido la orientación de la mayoría de las empresas a nivel mundial, sin embargo, en el siglo XXI, el cliente de la era de la información, ya no tiene únicamente una necesidad puntual, sino que a un ***click*** de distancia puede observar todas las alternativas, colores, dimensiones, tiempos de respuesta y variaciones que puede presentar el mismo producto.

Por esta razón, es fundamental que la gestión de la innovación transforme la producción estática en un sistema que permita incluir cambios dentro del proceso productivo para lograr integrar la variedad que el consumidor necesita.

Esta capacidad de adaptarse a las épocas y ajustar rápidamente las líneas de producción es lo que va a permitir la permanencia de la empresa, porque la dinámica del mundo lo exige. Para ello se debe contar con un personal dispuesto y con herramientas que le permitan adaptarse a los cambios que exige el mercado actual.

3.2.3. Sistematización de la Incorporación de Nuevos Conocimientos en Procesos y Productos

Al intentar resolver los problemas de hoy con las herramientas que se utilizaron el siglo pasado (hace apenas 21 años) es probable que, más allá de una solución, se convierta en un mal mayor. Es posible que esas metodologías hayan funcionado en otras épocas (por ejemplo: sin internet) y que sus principios de funcionamiento se manten-

ga actualmente, pero hasta ellas han tenido que migrar a las nuevas generaciones ágiles, flexibles y dinámicas para poder responder a las necesidades actuales del mercado.

Por esta razón, es fundamental mantener un programa continuo de formación que permita desarrollar las competencias técnicas necesarias para el desarrollo de los productos con las técnicas más novedosas y que permita generar la disminución de costos, aumento de la calidad y optimización del tiempo de producción y además, garantizar que dentro de los programas, se encuentre el desarrollo de competencias ***soft*** (competencias blandas como se conocen en español) que permitan potenciar las habilidades ejecutivas como: planificación, resolución de conflictos, toma de decisiones, inteligencia emocional, entre otras. Las cuales pasan a convertirse en elementos claves a la hora de gestionar a las personas en procesos que requieren respuestas rápidas y ágiles.

Adicional a la capacitación formal que debe aplicarse, también es necesario incluir elementos holísticos que permitan la reflexión, relajación y recreación en los espacios de trabajo para garantizar una mayor disposición a la innovación.

3.2.4. Mejorar las Actividades que se Emplean dentro de la Organización

La gestión del conocimiento pasa por implantar las nuevas herramientas dentro del proceso productivo de la empresa. Al aplicar los conocimientos es cuando las experiencias van a mostrar los resultados y se va a generar la retroalimentación que se necesita para seguir avanzando.

Llenar al personal de información, limitando la capacidad de acción

para la aplicación de los conocimientos, es cortar la iniciativa y castigar a la innovación.

Cada una de estas etapas de la gestión de la innovación son el principio y el fin de un ciclo que se repite de manera indefinida, pues las mejoras en las actividades que se desarrollan permiten incrementar la competitividad, aumentar la satisfacción y conocer más acerca del proceso y del producto, es decir, desde cualquier ángulo, la interacción que generan estas cuatro etapas permiten sostener el resultado de la empresa en un corto y mediano plazo.

Después de una era industrial, que marcó una etapa que duró más de cien años, no pasaron 50 años cuando el mundo atravesó la era del conocimiento, la era tecnológica y se sumergió en la actual era de la información. Todos los procesos que se tomaron su tiempo para ser definidos y determinados, han tenido que ajustarse a la velocidad de los cambios que el mundo exige, por esta razón, innovar debe formar parte fundamental del proceso productivo de cualquier empresa que aspire mantenerse activa.

En ese orden de ideas, esa innovación tiene que ser ajustada a los principios, valores y cultura organizacional, de allí que la mejor alternativa con la que se cuenta para incorporarla al sistema empresarial es hacerla parte del proceso de la organización y generar un plan de gestión de la innovación que acompañe el proceso y lo integre a las actividades que se realizan dentro de la empresa, hasta que esta figura pase a ser parte de la cultura organizacional, evidenciada en los comportamientos de todas las personas que hacen vida en la empresa.

En líneas generales, la gestión de la innovación debe conducir a la empresa a incorporar una nueva dinámica de investigación que la impulse a desarrollar nuevos productos y servicios que puedan par-

ticipar activamente en el mercado, satisfaciendo las necesidades de los clientes al resolver problemas reales e introducir nuevos procesos y productos que se conviertan en creadores de empleo y soluciones para la organización, su entorno cercano y toda la cadena de abastecimiento que forme parte del proceso.

La dinámica de la innovación incluye la participación de la investigación y desarrollo de productos y procesos para finalmente aplicar estas soluciones en la generación de valor de la empresa, para ello, se han diseñado diferentes modelos que tratan de identificar la interrelación entre estos tres factores para establecer un orden que permita generar los resultados que se plantean al aplicar este tipo de soluciones dentro del proceso productivo. Algunos de los modelos que se utilizan actualmente son: El Modelo Lineal, El Modelo Marquis y El Modelo de Kline [19]. A continuación se dará una breve explicación de cada uno de ellos:

- **El Modelo Lineal:** Tal como su nombre lo indica, es un proceso en el que el desarrollo de las actividades se realiza de manera secuencial, es decir, se van obteniendo resultados y estos resultados alimentan a las etapas siguientes del proceso, es decir, para poder avanzar a la próxima etapa del proceso es necesario completar la actividad que se estaba ejecutando previamente.

La única forma de saltar una de estas etapas es que haya un resultado previo que provenga de investigaciones o desarrollos externos o internos que se hayan adelantado en los temas que se estén tratando.

La ventaja es que, si en una de las etapas no se consigue el resultado, se cancela el proceso, esto se considera una ventaja porque se evita invertir recursos en el resto de la línea de investigación que se estaba desarrollando.

La *Figura 11* muestra el esquema de avance de este tipo de desarrollos, en la misma se puede observar que el proceso comienza con una investigación básica que permite obtener un descubrimiento inicial, el cual será objeto de una investigación aplicada para determinar su viabilidad en el proceso productivo o en el producto en sí mismo, este proceso de aplicación es el que va a producir la invención que se podrá patentar como primer resultado relevante en la empresa. Posteriormente se aplica la tecnología sobre la invención con el objetivo de desarrollar sus cualidades y conocer las características fundamentales del elemento desarrollado. Este paso va a permitir obtener información en cuanto a las variables más importantes que desarrolla el nuevo elemento, esta información se transforma en aprendizaje que se multiplica a todos los involucrados en el proceso y finalmente, es aquí donde se observa el resultado de la innovación, en la implementación de las nuevas soluciones que generan plantas más productivas o equipos y productos novedosos para incursionar en el mercado.

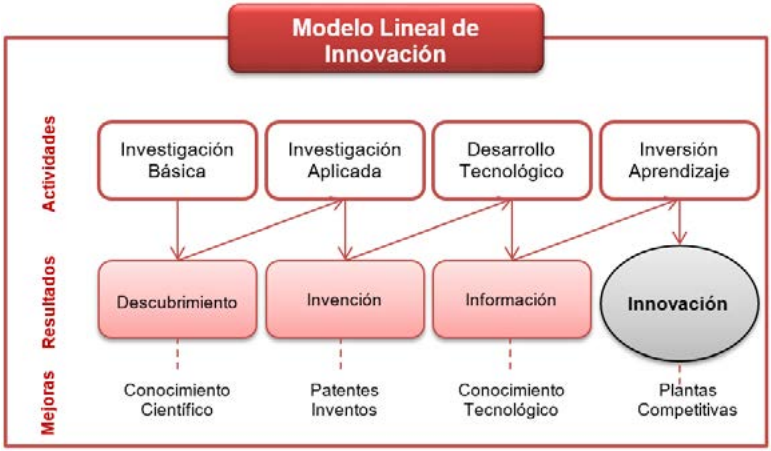


Figura 11. Modelo Lineal de Innovación.

Fuente: [19].

- **El Modelo Marquis de Innovación:** Este modelo inicia con dos preguntas iniciales [19]:

- ¿Existe la tecnología que permita el desarrollo de un conocimiento que se desee aplicar?
- ¿Ese conocimiento está valorado en el mercado?

Partiendo de ese conocimiento previo y de las respuestas a estas dos interrogantes se comienza a forjar una idea que es la que, a partir de un proceso de investigación y desarrollo, se va a transformar en innovación para la empresa. Finalmente, esta innovación final se va a convertir en el insumo que se utilizará en un próximo proceso como conocimiento para mantener una línea continua que permita sostener el proceso de innovación dentro de la organización. La *Figura 12* muestra el esquema del Modelo Marquis de Innovación.

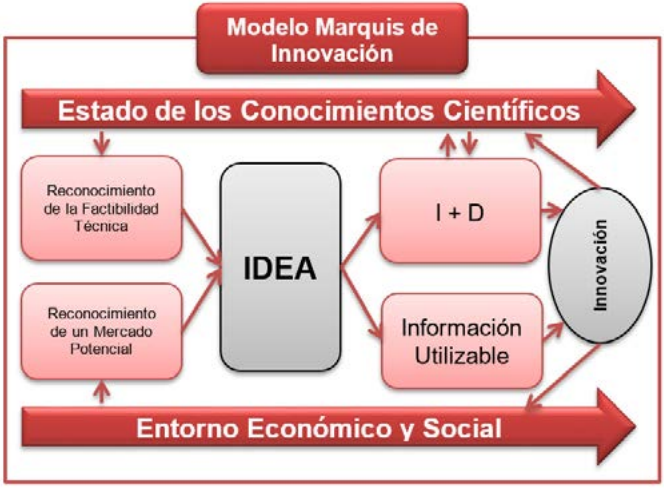


Figura 12. Modelo Marquis de Innovación.
Fuente: [19].

- **El Modelo de Kline de Innovación:** Este modelo combina

las estrategias del modelo lineal y del modelo de Marquis en un proceso más complejo pero que se puede resumir en cinco pasos claves para su desarrollo [19].

- Este proceso arranca con una idea que es desarrollada para responder a las necesidades del mercado. En este caso, esta idea se materializa en un diseño, prototipo o un invento inicial.
- En el proceso de ejecución se va generando una serie de retroalimentaciones que van a permitir darle forma a la idea y partir desde un diseño inicial a uno más detallado que involucre todas las características o condiciones encontradas en el desarrollo.
- A su vez, todos los elementos que se van encontrando en el proceso de desarrollo se convierten en insumos para nuevos procesos de investigación.
- Mientras que la investigación va a generar nuevos inventos que en el desarrollo de este modelo se pueden convertir en innovación.
- Finalmente, la innovación retroalimentará a la investigación sobre las líneas de importancia para proceder a iniciar un nuevo ciclo.

Para alcanzar el objetivo de la innovación se utilizan una serie de técnicas y herramientas de gestión que permiten atender cada una de las fases que se presentan en los modelos de innovación, estas técnicas son conocidas como Herramientas de Gestión de la Innovación, están diseñadas para mostrar a la empresas los recursos con los que cuenta para la innovación, descubrir sus fortalezas y organizar el desarrollo de las soluciones con un especial énfasis en el aspecto humano [17].

Muchas de estas herramientas son tomadas de otras metodologías con amplia experiencia en la aplicación industrial, por lo que sus nombres y condiciones pueden ser conocidos por los integrantes de la organización y se pueden combinar con otras metodologías de gestión empresarial.

La *Figura 13* muestra el esquema del Modelo Kline de Innovación.

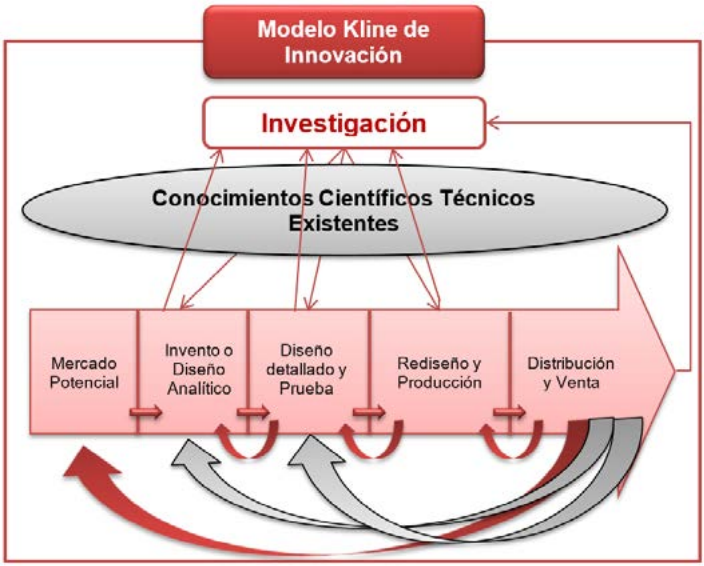


Figura 13. Modelo Kline de Innovación.
Fuente: [19].

Entre las Herramientas de Gestión de la Innovación se tienen:

- **Herramientas de Gestión:** Se utilizan para ayudar a mejorar los resultados de los procesos macro que se desarrollen en la compañía, entre estas herramientas se encuentran [17]:

- **El análisis Modal de Fallos y Efectos:** Esta herramienta permite minimizar el impacto sobre el proceso de los problemas

que se puedan presentar en las diferentes etapas de diseño de procesos y productos.

- **Creación y Trabajo en Equipo:** Herramienta que se utiliza para garantizar un alto desempeño en los equipos de trabajo, fomentando prácticas de comunicación, colaboración y cooperación que permiten alcanzar mejores resultados en los desarrollos que se estén realizando.
- **Evaluación Por Pares:** Es una evaluación que se realiza sobre los resultados del trabajo, pero con la particularidad que esta evaluación la realiza cada miembro por separado, con el objetivo de identificar los niveles de avance que considera cada integrante del equipo desde su visión de los objetivos que han sido planteados inicialmente.
- **ISO 9000:** Herramienta de gestión de calidad que define un marco de trabajo orientado a la búsqueda de calidad dentro del proceso productivo.
- **Mantenimiento Productivo Total:** Como se definió en el capítulo I, relacionado a las metodologías *Lean Manufacturing*, el TPM (por sus siglas en inglés) busca optimizar los procesos y gestiones de mantenimiento con el objetivo de garantizar la operación de los equipos en un rango óptimo y desde esta perspectiva mejorar el resultado final del proceso o del producto.

► **Herramientas de Producto:** Son utilizadas para maximizar el rendimiento durante el desarrollo de productos y obtener las mejores cualidades durante este desarrollo, de este grupo de herramientas se mencionan:

► **Despliegue de la Función Calidad:** Esta herramienta plantea un proceso sistemático en el diseño de productos y pro-

cesos que busca garantizar la máxima calidad en cada uno de los pasos a partir de una transformación de las necesidades de los consumidores en objetivos claves dentro del proceso de diseño.

- **Diseño para la Función X:** En esta práctica se seleccionan entre 5 y 9 elementos que se consideran fundamentales en el proceso de desarrollo y se analizan de forma simultánea con el objetivo de conocer las mejores prácticas para desarrollarlos y la forma en la que estos elementos interactúan entre ellos, el objetivo es tener una visión del proceso don mayor amplitud, que permita aumentar el rendimiento de los recursos disponibles para la ejecución del proceso.
- **Herramientas de Proceso:** Están orientadas a mejorar cada una de las etapas del proceso de innovación con el objetivo de encontrar un resultado óptimo de este proceso. Entre otras herramientas se tienen:

- **Diseño Para la Fabricación y el Ensamblaje:** Permite analizar los diseños obtenidos y crear un proceso de fabricación sistemático que pueda minimizar la complejidad en el proceso de fabricación y aumentar la confiabilidad del producto resultante.
- **Ingeniería Concurrente:** Esta herramienta fomenta la creación de equipos multidisciplinarios que, de manera simultánea, trabajen en las diferentes fases del proceso de innovación, es decir, investigación, desarrollo, diseño, planificación de ejecución y ejecución con el objetivo de combinar los esfuerzos para lograr la integración del equipo y la participación conjunta de todos los miembros.

- **Justo a Tiempo:** Esta herramienta representa una de las bases fundamentales de la metodología Lean Manufacturing y se basa en la definición de procesos productivos en los que se utilicen los recursos estrictamente necesarios para activar las cantidades, procesos y tiempos exclusivamente en el momento que van a ser aprovechados.
- **Pensamiento Ajustado:** En este caso se busca eliminar todas las actividades que no agregan valor al proceso productivo, por lo que el insumo fundamental de esta herramienta es la visión general del proceso, para lograr identificar los pasos imprescindibles y desechar aquellos que no agregan valor al producto final.
- **Mejora Continua:** Se trata de un proceso que invita a realizar revisión de los resultados con el objetivo de ajustar aquellos detalles que se hayan podido salir de especificación y aprovechar estos aprendizajes para desarrollar nuevos planes o incluirlos en los planes existentes y crear un ciclo de valor donde continuamente se estén creando posibilidades de mejora dentro del sistema productivo.

► **Herramientas de Amplio Espectro:** Se trata de todas aquellas herramientas que pueden ser aplicadas a más de una de las categorías que se han definido hasta ahora, motivado al gran valor que aportan en cualquiera de los sectores donde se implementen. Entre estas herramientas se encuentran el Análisis de Valor, la Matriz de Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas, conocida como matriz FODA; la auditoría tecnológica, el *Benchmarking*, la lluvia de ideas, gestión del cambio, gestión del conocimiento, previsión tecnológica,

reingeniería de procesos, entre una lista de herramientas que pueden acompañar el proceso de innovación para optimar los resultados del mismo.

3.3. Ayudas a la Innovación

Para fomentar el éxito en los procesos de innovación empresarial es preciso crear un modelo que combine elementos claves dentro de la gestión, estos elementos son conocidos como los factores de éxito [17], los cuales ayudan a lograr los resultados esperados en esta área y se representan en la *Figura 14.*

Figura 14. Claves de Éxito en la Gestión de la Innovación.
Fuente: [17].

3.3.1. Enfoque de Negocio

Una de los elementos claves que ayuda a un crecimiento de la innovación dentro den una empresa es el enfoque de negocio, esto es de-

bido a que, mientras mayor sea la diversidad de productos o servicios que se ofrezcan, mayor será la demanda de elementos a innovar y en consecuencia, la dispersión en los procesos de innovación que se lleve a cabo. A menos que se trate de grandes empresas, en las que cada área de producción cuente con su propio departamento de I + D + I que puedan atender a las diferentes líneas de productos, la mejor alternativa para fomentar la innovación en la empresa es que ésta cuente con una alta especialización.

Una empresa especializada en un rubro en particular va a poder enfocar toda la atención en mejorar ese proceso, producto o familia de productos que se encuentren asociadas a ese producto principal, esta ha sido la apuesta de las grandes corporaciones tecnológicas y que representan una clara referencia en cuanto a innovación se refiere.

3.3.2. Adaptabilidad

La velocidad de los cambios actualmente es muy alta por lo que una empresa que facilita la innovación es una empresa ágil, que se adapta a los cambios y que acompaña al personal a vencer las resistencias que los cambios traen consigo.

En estos ambientes los niveles de riesgos tienden a ser elevados, pero las decisiones están acompañadas de una gran cantidad de datos que disminuyen la incertidumbre y generan la confianza que se necesita para poder aplicar esta condición.

3.3.3. Cohesión Organizacional

Una empresa que apueste por un proceso de innovación debe garantizar que el ambiente de trabajo favorezca los resultados, pues va a requerir la participación activa de todos los colaboradores que hacen vida en la organización.

La cohesión es favorecida en ambientes con buena comunicación, baja rotación laboral, multiespecialización del personal para la participación de todos en las diferentes etapas del proceso productivo y un alto nivel de especialización que se combina con la baja rotación del personal, debido a que mientras más tiempo permanezcan las personas claves dentro de la empresa, aumenta su nivel de conocimiento sobre el proceso y el producto y finalmente esto se traduce en un mayor aporte en el proceso de innovación.

3.3.4. Cultura Empresarial

Nuevamente aparece la cultura como un elemento clave dentro de la gestión empresarial y en esta oportunidad, dentro de la gestión de la innovación. Entendiendo la cultura más allá de un enunciado sino como la suma de los comportamientos de los individuos, la cultura organizacional debe mostrar, en todo momento y en todos los niveles de la organización, su orientación hacia la innovación.

Esta orientación se muestra en los incentivos a las nuevas ideas y creatividad, el cambio de la política de castigo en los errores a una conducta de aprendizaje ante las fallas. Si se detecta que existen deficiencias en alguna parte de este proceso se procede a realizar los ajustes para incentivar los compartimentos que creen la cultura orientada a la innovación.

3.3.5. Sentido Ético

Al momento de innovar se debe ser muy responsable con los resultados que se encuentren, comprendiendo que la empresa forma parte de un sistema en el que interactúan empleados, directivos, consumidores, proveedores y en líneas generales, toda la sociedad donde llega directa o indirectamente los productos o servicios que

se suministran. Por esta razón siempre se debe tener en cuenta el impacto de las acciones que se generan sobre estos actores y sobre el ecosistema que les rodea.

3.3.6. Participación de la Alta Dirección

Como se ha mencionado en las metodologías que se han explicado en los capítulos precedentes, el éxito en la implementación de un proceso de innovación está determinado por una participación activa de todas las líneas de la organización desde la junta directiva hasta los trabajadores base de la misma.

Se hace énfasis especial en la participación de la alta dirección, porque las tomas de decisiones en un proceso de innovación requiere asumir un riesgo elevado ante las incertidumbres que se presentan al inicio de este proceso, por lo que los encargados de la toma de decisión deben estar involucrados en cada uno de los pasos que se tengan que dar para que la decisión sea ajustada a los requerimientos reales del proyecto.

Además de estas consideraciones como claves de éxito en el proceso de innovación, también vale comprender que no todas las empresas tienen la capacidad de implementar un proceso de innovación dentro de sus instalaciones, bien sea por límites físicos, de personal o financieros. En este caso aparecen las alianzas estratégicas y cooperación entre empresas.

Un estudio realizado por la sucursal alemana de la consultora McKinsey indicaba que los costos asociados al hecho de llegar tarde al mercado eran superiores a la inversión que representaba un proceso que acelerar el desarrollo de la empresa [22]. Por esta razón, en el caso de pequeñas empresas es importante considerar la cooperación y las

alianzas como una estrategia para impulsar el proceso de innovación. En este sentido se está hablando de un proceso de globalización de la investigación, desarrollo e innovación.

Sobre todo en el área de tecnología se procede a generar cooperación en I + D + I en relación a investigación básica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico, pasando a niveles donde pueden ocurrir intercambio de patentes, de licencias, asistencias técnicas en los procesos de innovación o incluso el acceso a zonas de pruebas como áreas de laboratorio o adquisición conjunta de reactivos o equipos necesarios para la innovación, entre otros elementos. En estos casos es donde la experiencia e infraestructura de grandes empresas puede colaborar en la creación de valor de empresas con estructuras más pequeñas.

El objetivo de la cooperación o alianzas entre empresas en el campo de la innovación está motivado fundamentalmente por la necesidad de acelerar los procesos de I + D + I, repartirse los costos entre las empresas involucradas, compartir los recursos e insumos necesarios e incluso compartir los riesgos ante el nuevo producto o proceso [22]. Una muestra de esto, son las alianzas que se han creado en Europa para la circulación de los vehículos que funcionan con hidrógeno como combustible fundamental, para poder establecer las pruebas que requiere este sistema tan costoso en la actualidad, pero con tantos beneficios estimados, se ha determinado un circuito donde se crea una estación de recarga de combustible donde todos los fabricantes de este tipo de vehículos ponen en circulación y determinarán la viabilidad de estos productos.

Otra alternativa de ayuda a la innovación pasa a formar alianzas con universidades públicas y privadas para el desarrollo de líneas de investigación aplicadas en cada una de las carreras que se dictan con el

objetivo de poder crear las condiciones para el desarrollo de la primera parte del proceso de innovación.

También existen las políticas de apoyo institucional que debería aportar cada país, quienes desde la administración pública pueden entregar un aporte o asignar recursos a procesos que respondan a las políticas públicas de la gestión gubernamental. Sin embargo, este tipo de asignaciones están sujetas a las orientaciones de las instituciones e incluyen un mayor nivel de incertidumbre considerando que los plazos no son los mismos que los de la empresa, sino que se guían por los tiempos y plazos que cada una de las instituciones o entes gubernamentales tengan dentro de su proceso, quedando a espera de este para la difusión de los resultados.

3.4. Gestión de Proyectos I + D + I

Para gestionar un proyecto hay que aplicar una serie de conocimientos, herramientas, técnicas y modelos que permitan alcanzar los objetivos que han sido planteados al inicio del mismo con la menor desviación con respecto a lo que se había planificado.

En un proyecto I + D + I se plantean una serie de actividades para fomentar la innovación en la empresa. Estas actividades van desde la creación de conocimiento a partir de la investigación y fomento de la creatividad en el trabajo como proceso sistemático, pasando por el desarrollo de las ideas hasta que se transformen en soluciones reales y finalmente, la transferencia de esas soluciones a la sociedad, para que se conviertan en incentivos de nuevas soluciones que permitan satisfacer necesidades futuras [18].

Es importante destacar que un proyecto I + D + I normalmente entra

en la clasificación de proyecto de inversión por lo que no existe una forma particular de tratarlo, sino que se gestiona y se evalúa igual que los proyectos de inversión con la particularidad del producto que entrega al final del mismo [19].

Vistas estas definiciones, la dirección de un proyecto I + D + I requiere considerar todos los pasos, desde la creación del conocimiento hasta que este conocimiento es desarrollado y aplicado directamente. Esto, considerando que en este libro se está desarrollando la gestión de proyectos en la empresa y, por lo tanto, los de mayor interés son aquellos que provienen de investigación aplicada.

Para poder gestionar este tipo de proyectos de forma eficiente es necesario tener en cuenta los objetivos que han sido planteados, el alcance del proyecto y el tiempo de duración que presenta, el recurso humano que se tiene a disposición, pues todas las actividades van a ser desarrolladas y/o analizadas por personas y los recursos materiales y financieros que han sido asignados para su implementación.

Cuando se trata de I + D + I es importante tener muy presente el equilibrio entre alcance, tiempo y costos, esto es debido a que los temas de investigación y generación de conocimiento generalmente producen una reacción en cadena de ideas, situaciones y eventos que, si no son manejados con eficacia pueden desviar la atención sobre los objetivos que han sido planteados inicialmente, generando adicionalmente incremento en los costos y aumento del tiempo de respuesta. Es por esta razón que en este caso es imprescindible mantener el equilibrio entre los tres aspectos que forman los lados del triángulo de proyecto, ya que ello encierra la calidad del producto final. Este triángulo se muestra en la ***Figura 15.***

Figura 15. Triángulo de Proyecto
Fuente: [17].

Es importante tener en cuenta que durante la gestión de proyectos I + D + I se pueden presentar situaciones complejas a lo largo del desarrollo, debido a la alta incertidumbre que se encuentra asociada a estos proyectos, con una alta probabilidad de ajustes en medio del desarrollo, por esta razón el personal a cargo debe contar con herramientas para afrontar estos desafíos y además tener suficiente flexibilidad para determinar cuándo se debe realizar un ajuste. Los ajustes en este tipo de proyectos generalmente ocurren en el alcance, ya que las dimensiones de tiempo y costos, generalmente son las que menor flexibilidad presentan en estos casos.

Es posible que estos cambios de alcance vengan acompañados de cambios en los procesos internos de la empresa que deben ser ajustados para poder acoplarlos a los nuevos eventos que se van presentando, además, si incluye la implementación de nueva tecnología, se debe tener presente que se debe acompañar el proyecto por una serie de formaciones especializadas a todo el personal involucrado en el desarrollo del mismo.

Para este tipo de proyectos, cuyos alcances suelen producir gran incertidumbre, se suele dividir el proyecto en pequeñas fases en las cuales se define de manera técnica lo que debe ser ejecutado en cada una de esas fases, con los entregables para cada una de ellas, el personal que se involucrará en cada etapa y los recursos que se requieren. Una vez finalizada cada fase se procede a realizar una revisión, acompañada de una lista de verificación que será el indicador que dará luz verde o detendrá el inicio de la fase subsiguiente, de esta manera se puede tener un mayor control de las diferentes etapas y los resultados que se van entregando.

De hecho los proyectos en I + D + I suelen clasificarse, de acuerdo al nivel de incertidumbre que generan, en [22]:

- **Proyectos con auténtica Incertidumbre:** son los que están relacionados con la investigación básica.
- **Proyectos con un grado de incertidumbre muy elevado:** están relacionados con innovaciones radicales en los productos de la empresa. Muchas veces se llevan a cabo fuera de la organización.
- **Proyectos con alto grado de incertidumbre:** Se trata de proyectos con un gran cambio en el producto o proceso aplicado pero que se desarrollan dentro de las instalaciones de la empresa.
- **Proyectos con incertidumbre moderada:** ofrecen nuevas versiones de algunos productos que ya existen.
- **Proyectos con poca incertidumbre:** son los que presentan algunos cambios sobre innovaciones ya patentadas, con una rápida implementación de procesos que, de una u otra manera, ya son conocidos por el personal.

- **Proyectos de muy poca incertidumbre:** son aquellos en los que se incorpora algunas innovaciones de manera tardía, o se va a realizar un ajuste o diferenciación del producto o del proceso ya existente para generar un nuevo modelo.

Esta clasificación puede servir de referencia para conocer el nivel de inversión que hay que aplicar en cada proyecto, por ejemplo, un proyecto de muy poca incertidumbre es un proyecto donde la inversión inicial tiende a ser baja, pues los ajustes a realizar son pocos, comparados con los proyectos donde haya que realizar innovaciones radicales en los productos, los cuales tienden a presentar líneas de tiempo más largas, mayores inversiones y retornos de inversión más tardíos.

IV

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

CAPÍTULO IV:
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

4.1. Introducción a la Gestión de Mantenimiento

La historia del mantenimiento se remonta a la necesidad del hombre en reparar aquellos elementos que le eran útiles para su aplicación en la vida diaria, en ese momento los métodos se basaban en el ensayo y error hasta que lograra encontrar una técnica que le permitiera obtener resultados iguales o lo más parecido posible al rendimiento que encontraba inicialmente. Esto fue extrapolado al área industrial, desde la época de la revolución industrial, cuando los procesos no se encontraban sistematizados y los tiempos de parada no eran medidos, sino que se inició un proceso de intercambio de piezas entre las máquinas, donde las piezas dañadas eran sustituidas por otras a disposición o por algunas que estuvieran en máquinas que se encontraban fuera de servicio. Para que esto funcionara, las maquinarias eran fabricadas con piezas intercambiables con el objetivo de garantizar la producción continua [23].

En ese momento, el enfoque de mantenimiento estaba dado por un mantenimiento correctivo, máquina que se dañaba era la máquina que se atendía para su reparación. Pasaron más de cien años de aplicación del mantenimiento correctivo hasta que se comenzó a ordenar al personal en cuadrillas de mantenimiento correctivo, cuya función seguía siendo la misma, pero desde la concepción de un grupo organizado para atender las fallas.

Fue durante la segunda guerra mundial que se comenzaron a implementar distintas técnicas de mantenimiento, debido fundamentalmente, a la necesidad de que las máquinas de guerra no fallaran y se mantuviera la continuidad de los equipos en el frente de batalla.

En ese momento se impulsó un nuevo modelo de mantenimiento, conocido como Mantenimiento Preventivo, el cual creaba acciones concretas que mejoraban el rendimiento de las máquinas y extendía su vida útil [23].

En esta época se comenzaron a presentar modelos que permitieran mejorar la calidad del producto que se estaba desarrollando, a controlar lo métodos de trabajo con el objetivo de considerar los tiempos de duración de las máquinas y a utilizar métodos estadísticos que permitieran programar el mantenimiento preventivo, incluyendo técnicas, modelos y sistemas que fueron incorporando mecanismos de parada en las máquinas.

Sin embargo, no fue sino hasta mediados del siglo XIX cuando, en medio de la segunda guerra mundial, se disparó el consumo del acero, con lo cual se necesitaba una empresa disponible las 24 horas del día, lo que ocasionó que se comenzaran a incorporar procesos de mecanización, sobre todo por la baja mano de obra en las empresas, debido a que los hombres estaban cumpliendo con sus deberes en la guerra y eran ellos quienes normalmente se encontraban haciendo las tareas en la industria [23].

Para el momento en el que finalizaba la guerra, ya existía una mayor diversidad de máquinas, con una industria que dependía cada vez más de ellas para su proceso productivo. Es en este momento cuando se formaliza el concepto de mantenimiento preventivo que se conoce hoy en día, como un proceso que se encarga de definir tiempos fijos de intervención de máquinas con el objetivo de garantizar su disponibilidad para el proceso productivo.

Esta forma de ejecutar el mantenimiento, generó un aumento de los costos de mantenimiento y, en consecuencia, del producto final, lo que hizo que se desarrollan una serie de mecanismos de control y de

planificación que hasta hoy en día se mantienen como herramienta fundamental para los procesos de mantenimiento.

Posteriormente, se adicionan nuevas técnicas de mantenimiento, como TPM, en las cuales se incluye la participación del personal de producción en las jornadas de mantenimiento preventivo, realizando análisis causa – efecto ante los daños que se presentaban en las máquinas y creando una cultura de mantenimiento preventivo condicional.

Finalmente, ya en épocas más recientes, es posible considerar como principal valor agregado la inclusión de técnicas de calidad que invitan a la ejecución de programas de mantenimiento orientados a optimizar el funcionamiento de las máquinas y equipos, con enfoques en minimizar los riesgos y extendiendo el compromiso a todos los departamentos de la empresa para garantizar un uso apropiado de los recursos de la empresa.

Toda esta historia se engloba en las cuatro generaciones de mantenimiento, las cuales muestran la evolución desde la revolución industrial hasta nuestros días, estas generaciones se resumen en la ***Figura 16.***

Figura 16. Evolución del Mantenimiento

Fuente: [24].

Esta comprensión del pasado permite ampliar la visión de las actuaciones con las que los directivos de una organización deben planificar, dirigir y finalmente, gestionar las políticas de mantenimiento por las cuales se van a guiar dentro de su empresa. Siendo esta última, la que planifica, organiza, ejecuta y controla las labores de mantenimiento dentro de la compañía, en lo que se conoce como el ciclo de gestión de mantenimiento que se presenta en la *Figura 17*.

Figura 17. Ciclo de la Gestión de Mantenimiento.
Fuente: [24]

4.1.1. La Planificación del Mantenimiento

Se refiere a las actividades que van a permitir la ejecución de un proceso de mantenimiento derivado de las necesidades detectadas en las máquinas y equipos industriales. Estas acciones pasan por garantizar la disponibilidad de recursos para la ejecución de las tareas definidas en función del nivel de criticidad del mantenimiento.

El equipo de planificación de mantenimiento genera los planes de

mantenimiento como tal y además carga las requisiciones de partes y repuestos necesarios, coordina el recurso humano que intervendrá en las labores de mantenimiento, realiza enlace con los entes externos, en caso de que deba intervenir alguna contratista y reserva los recursos físicos y financieros necesarios para el proceso,

Para que esta actividad se ejecute de una manera óptima se propone una secuencia de ocho pasos para la ejecución de la planificación [24], a continuación se presentan los detalles.

- **Paso 1 - Detectar la Oportunidad:** Este es el punto de partida de todo proceso de planificación y es que una de las herramientas claves para la ejecución de las jornadas de mantenimiento es contar con la capacidad para determinar cuándo es necesario intervenir un equipo, según todos los elementos claves que influyen en esa decisión, o cuáles equipos se pueden intervenir aprovechando una parada realizada por el departamento de producción.
- **Paso 2 – Establecer Objetivos:** Nuevamente, todo proceso de gestión inicia con la definición de objetivos de una forma clara y con un alcance bien establecido. Estos objetivos deben estar definidos para el corto, mediano y largo plazo. De hecho, cada intervención debe realizarse bajo un marco de trabajo definido.
- **Paso 3 – Desarrollar las Premisas de Mantenimiento:** Es importante que se conozcan y se divulguen cuáles serán las premisas bajo las cuales se desarrollará el programa de mantenimiento, debido a que estas son las que van a definir el alcance de las actividades en cada intervención y serán una referencia de las condiciones que van a guiar la toma de decisiones en los momentos de ejecución.

- **Paso 4 – Identificar Alternativas:** Se trata de exponer un mecanismo de resolución de conflictos, respuesta a incertidumbres y fallos, en caso de que las soluciones no hayan sido consideradas y las acciones a tomar parecen no tener un desarrollo evidente dentro de las actividades planificadas. En caso de que si hayan sido consideradas dentro del plan macro de mantenimiento, se trata de proponer las diferentes opciones de intervención de equipos para determinar la que mejor resultado ofrece de acuerdo a la situación presentada.
- **Paso 5 – Comparación de alternativas:** Una vez definidas las posibles alternativas, se comparan tomando como referencia los objetivos y premisas desarrollados con la idea que mantener la ejecución dentro de la visión y política de mantenimiento de la compañía.
- **Paso 6 – Selección de la Acción a Tomar:** En esta etapa se toma la decisión definitiva sobre la intervención que se pretende realizar para definir si se cuenta con todos los recursos para su ejecución, se debe ser realizada por una contratista, el alcance en función a los recursos o incluso, se puede dar una combinación de estos elementos, donde se intervenga una parte internamente y otra a través de un proveedor externo.
- **Paso 7 – Formulación de Planes Derivados:** Esto tiene relación con las desviaciones que se puedan presentar a lo largo de la jornada de mantenimiento. Si bien es cierto que la planificación y la experiencia reducen la incertidumbre, es probable que aparezcan situaciones en las que sea necesario realizar planes alternativos.
- **Paso 8 – Elaboración de Presupuestos:** Finalmente, todas

las acciones planificadas deben tener un costo asociado que permita medir la rentabilidad y los beneficios del proceso al compararlos con las jornadas de producción que se ganan o con las pérdidas durante los tiempos de parada.

4.1.2. Organización del Mantenimiento

La organización desde el punto de vista dinámico, corresponde al proceso que combina los recursos humanos, financieros y materiales de una forma armonizada para garantizar que se cumpla el objetivo final del mantenimiento.

Por otro lado, desde el punto de vista estático, corresponde con la estructura jerárquica que definirá la organización interna, el orden de la comunicación que se establece, la definición de las responsabilidades, los niveles de relación entre las personas y todos los elementos necesarios para definir la estructura que se encargará de cumplir los objetivos de mantenimiento y su interacción con el entorno que les rodea.

Es importante que esta organización tenga, de acuerdo a los niveles que desarrolle, una serie de objetivos que cumplir, en función al tipo de actividad que le corresponda realizar, en otras palabras, la jerarquización de las funciones viene acompañada de la jerarquización de las responsabilidades y objetivos que se tiene que alcanzar. La *Figura 18* muestra un diagrama de objetivos de acuerdo a la jerarquía de la organización.

Figura 18. Ciclo de la Gestión de Mantenimiento.

Fuente: [25]

4.1.3. Ejecución del Mantenimiento

Esta etapa corresponde a la realización de los trabajos que hayan sido planificados y respetando el orden establecido. La ejecución puede ser realizada internamente, es decir, con personal propio de la empresa o a través de la contratación de empresas especialistas en labores de mantenimiento. También puede ocurrir que se ejecuten labores de mantenimiento combinando ambas condiciones.

La decisión sobre si el mantenimiento será interno o externo, dependerá básicamente de la condición de cada empresa, por ejemplo, si la jornada de mantenimiento que se planifica dentro de la organización tiene el suficiente dinamismo como para mantener el recurso activo

dentro de la empresa, se puede ejecutar un mantenimiento interno. Al contrario, si las labores de mantenimiento se encuentran separadas de tiempo, quizás el costo de mantener a una persona sin actividad dentro de la empresa sea superior al de contratar a un agente externo para atender cada evento que se pueda presentar.

En cualquiera de los casos, es importante considerar que se debe contar con un grupo de personas especializadas y a disposición para la ejecución de las labores de mantenimiento en el momento en el que se precisen.

4.1.4. Control del Mantenimiento

El objetivo de esta etapa es el de verificar que las actividades planificadas dentro de las jornadas de mantenimiento se hayan realizado de acuerdo a las condiciones establecidas inicialmente y, de esta manera, poder medir un desempeño de la gestión de mantenimiento y diseñar un conjunto de acciones que permita disminuir las desviaciones, en caso de que se hayan presentado, para próximas intervenciones.

El control en el área de mantenimiento debe iniciar desde el mismo momento en el que se realiza la planificación del mismo, con la generación de una orden de trabajo donde se indiquen las actividades que se van a realizar, los gastos expresados en horas hombres y materiales o repuestos necesarios para el trabajo a ejecutar y el alcance del mantenimiento programado.

Un buen control permite la ejecución de las actividades que realmente sean necesarias al equipo que se va a intervenir, evitando realizar actividades adicionales que no sean necesarias o dejando por fuera procesos que se conviertan en fallas incipientes. Adicionalmente permite crear una visión integral de las condiciones de los equipos, ayudando a mantener una alta fiabilidad sobre el sistema. También se lo-

gra tener una supervisión del cumplimiento de objetivos a partir de las actividades que se declararon en el documento inicial, garantiza que distribuyen de forma eficiente los recursos de la organización, creando espacios para la toma de decisiones sobre los siguientes pasos a seguir de acuerdo a la revisión que se realiza, promueve un liderazgo participativo y la integración de los equipos de trabajo, sobre todo, en dos áreas como estratégicas como operaciones y mantenimiento.

Para que un proceso de control sea ejecutado con éxito es necesario tener bien definidas las acciones que se deben realizar y los indicadores de mantenimiento a partir de los cuales se va a medir el desempeño, de esta manera es posible contar con mediciones objetivas que promuevan el éxito del proceso del trabajo.

4.2. Documentación de Mantenimiento

El objetivo de documentar un proceso es que se genere un resultado útil en el que se indique el cumplimiento de los requisitos antes o después de realizar un trabajo donde intervienen más de un área. La idea es que todo documento que se genere permita a la persona que lo va recibir o a leer identificar claramente los aspectos claves de la gestión, para ello, los documentos deben estar plenamente identificados y ofrecer información útil para las áreas que lo van a manipular [26].

La documentación en mantenimiento pasa a ser desde documentos utilizados para la formación inicial del personal que se está incorporando por primera vez al área de trabajo y que le puede servir para comprender el proceso de mantenimiento como se ejecuta dentro de la empresa en particular; a su vez, puede estar relacionada con comunicaciones internas necesarias para activar procesos que se deban ejecutar o para transmitir información en relación a aspectos de interés, como por ejemplo órdenes de retiro de material del almacén, permisos

de trabajo, entre otros; y finalmente, puede estar relacionada con una comunicación externa, donde interactúa con el cliente, que puede tratarse del cliente externo o algún cliente interno, como por ejemplo las órdenes de intervención de equipos, las cuales son entregadas a operaciones para que aprueben la ejecución del mantenimiento.

Esta documentación puede pasar a convertirse en la prueba más importante de ejecución de un trabajo de aceptación por parte de cliente (en caso de que el cliente tenga que firmar un acuse de recibo), también pueden ser utilizadas como evidencias en caso de auditorías a la gestión de mantenimiento, mostrando de manera resumida, las actividades que se desarrollan, los equipos que se intervienen, datos básicos de identificación de equipo y personal de mantenimiento encargado, alcances y responsabilidades dentro de cada proceso, permite validar el cumplimiento de las requisitos, establecer un control al momento de terminada la actividad y finalmente, tener un proceso documentado apoya la estandarización en la ejecución de las actividades, lo que finalmente se traduce en la disminución de los errores y, en consecuencia, el aumento de la efectividad del proceso de mantenimiento.

Entre los documentos que se generan en la gestión de mantenimiento, considerando que estos pueden variar de acuerdo a los requerimientos de la empresa y al sistema de gestión que se está aplicando, se tienen los siguientes [27]:

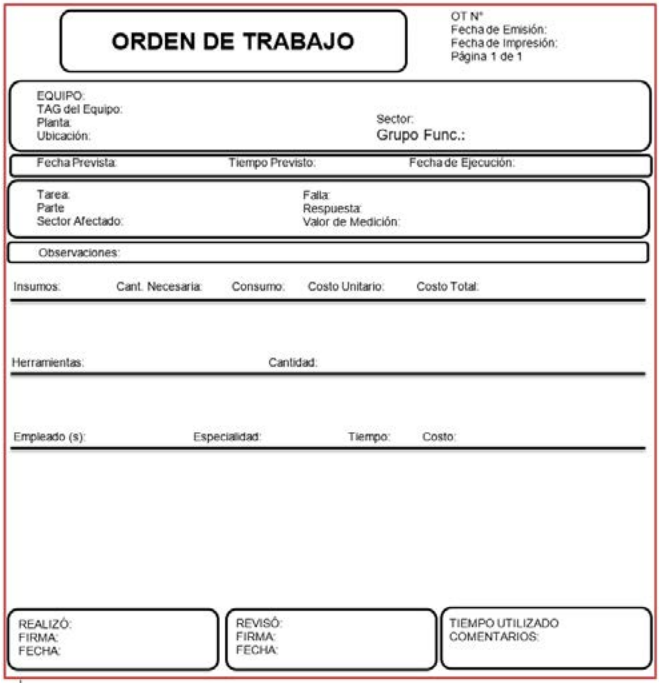
- **Orden de Trabajo:** se refiere a un documento escrito donde se coloca la descripción en detalle de las actividades que se va a realizar durante la intervención de un equipo, para ello, este formulario debe identificar el equipo que se va a intervenir y un listado de las actividades que se van a realizar. En la ***Figura 19*** se presenta un ejemplo de una orden de trabajo.
- **Informe de Mantenimiento:** este documento se colocan de

forma detallada las actividades que fueron realizadas en el equipo objeto de la intervención de mantenimiento. Al igual que la orden de trabajo, debe identificar el equipo que fue intervenido y debe adicionar los procesos, repuestos, insumos y materiales que se utilizaron para esa jornada de mantenimiento, además debe poseer un espacio para que el usuario que custodia la máquina o equipo al que se le va a realizar el mantenimiento firme conforme la recepción del mismo.

- **Solicitud de Mantenimiento:** En este caso se refiere a solicitudes que se generan desde los diferentes departamentos para la intervención de equipos donde no existe una avería aparente. En este caso el usuario o custodio del equipo entrega esta solicitud a la sección de mantenimiento para que programe la ejecución del trabajo. La *Figura 20* muestra un ejemplo de este documento.
- **Ficha de Mantenimiento:** Este documento contiene un registro de la lista de actividades que se deben realizar en los equipos en el momento en el que se presente una falla. Se trata de una lista de verificación que se utiliza como referencia para garantizar que se están cubriendo todos los aspectos claves que están definidos para ese equipo en particular.
- **Historial de Averías:** Permite realizar un seguimiento a las averías que se han producido en un mismo equipo y que, en caso de que se presenten de forma repetitiva, indicar que se debe diseñar un plan de intervención que permita detectar la causa raíz del problema y así definir las acciones para mejorar definitivamente las condiciones del equipo.
- **Registro de inspecciones:** Estos documentos permiten llevar un control de las mediciones en elementos claves como

estructuras, base de motores, niveles de vibración, entre otros valores que, en caso de detectarse alguna desviación con respecto a los valores de referencia, indican que hay que programar una intervención del equipo.

- **Manual de Operación:** también se encuentra en esta lista, los manuales de operación de la planta y de cada equipo crítico que se encuentre instalado en la misma.
- **Fichas Técnicas de los Equipos Instalados:** para garantizar que se cuenta con las recomendaciones de los fabricantes de cada uno de los equipos, fundamentalmente en el caso de equipos críticos.


ORDEN DE TRABAJO

OT N°
Fecha de Emisión:
Fecha de Impresión:
Página 1 de 1

EQUIPO:
TAG del Equipo:
Planta:
Ubicación:
Sector:
Grupo Func.:

Fecha Prevista: Tiempo Previsto: Fecha de Ejecución:

Tarea:
Parte
Sector Afectado:
Falla:
Respuesta:
Valor de Medición:

Observaciones:

Insumos: Cant. Necesaria: Consumo: Costo Unitario: Costo Total:

Herramientas: Cantidad:

Empleado (s): Especialidad: Tiempo: Costo:

REALIZÓ:
FIRMA:
FECHA:

REVISÓ:
FIRMA:
FECHA:

TIEMPO UTILIZADO
COMENTARIOS:

Figura 19. Ejemplo de una Orden de Trabajo de Mantenimiento.

Fuente: [27].

SOLICITUD DE MANTENIMIENTO

Nombre del Solicitante:

Departamento:

Fecha de la Solicitud:

Descripción del Equipo	N° de Serie	Observaciones

Solicitante:

Responsable:

Figura 20. Ejemplo de una Solicitud de Mantenimiento.
Fuente: [27]

4.3. Incidencia de Mantenimiento

La gestión de mantenimiento debe apuntar a una gestión sin incidencias, sin embargo esta meta es un ideal dentro de un proceso en el que participan tantas personas dentro de una organización y que incluye a todas las máquinas, equipos o estructuras que son de competencia para esta área.

Cada vez que se realiza una inspección a un equipo se pueden detectar valores que se encuentran fuera del rango de operación, lo mismo ocurre cuando el operador está realizando sus maniobras cotidianas

en la planta. Es posible que estas incidencias no sean motivo para ocasionar una parada de planta que detenga la operación por condiciones que comprometen la seguridad e integridad de las instalaciones y de las personas que se encuentran en ella, sin embargo, es importante que se genere un registro de estas incidencias para que sean los especialistas los que determinen cuál de estos eventos deben ser atendidos y en qué momento se debe comenzar la intervención para determinar su causa raíz y ejecutar las correcciones necesarias para su eliminación.

En este sentido, el personal de mantenimiento se presenta ante un reto que corresponde con el análisis de incidencias, debido fundamentalmente a que es posible que hayan incidencias que se encuentren duplicadas dentro de los reportes, ya que algunas de ellas han sido detectadas a través de métodos de medición diferentes, por diferentes personas y/o porque, aunque hayan sido detectadas en dos zonas distintas, corresponden con el mismo inconveniente. Por esta razón, una primera acción debe contemplar la clasificación de las incidencias para eliminar aquellas que se encuentran repetidas.

Una vez que la lista de incidencias se encuentra depurada, se debe realizar un análisis que determine el nivel de alarma ante cada uno de estos inconvenientes, priorizando la atención en aquellas que representen un mayor nivel de riesgo.

Para comenzar a atender la incidencia se recomienda que el personal se dirija hasta el sitio para realizar una primera inspección visual de los equipos donde fueron detectadas las incidencias, con esta inspección podrá tener una idea mucho más clara del problema que fue reportado y pueda determinar, en caso de ser posible con la información que recoja en sitio, la causa raíz del inconveniente.

En caso de que se pueda realizar algún ajuste directamente en el equipo que haga que la incidencia desaparezca se debe cerrarla a través del procedimiento administrativo correspondiente o, en caso de que requiera una intervención más profunda, se procede a generar una orden de mantenimiento donde se indiquen las actividades a realizar, el plazo de ejecución previsto y , en este caso, se establezca un nivel de prioridad del trabajo de mantenimiento para evitar que lo que se reportó como una incidencia, se convierta en una falla que comprometa la integridad del equipo y/o la continuidad operativa de la planta [28].

Los más importante a destacar en este apartado es que se debe trabajar con una filosofía en la que cualquier valor fuera de rango debe ser reportado como una incidencia en el equipo y adicionalmente no se debe omitir ninguna incidencia dentro de la gestión de mantenimiento debido a que este tipo de inconvenientes que comienzan con pequeñas variaciones en el proceso productivo pueden ser el desencadenante de fallas que pueden ocasionar daños a equipos y complicaciones en las tareas de corrección. Es por esta razón que un análisis de incidencias debe formar parte de las tareas establecidas en la Gestión del Mantenimiento Industrial.

4.4. Mantenimiento Preventivo

Todas las clasificaciones que se han realizado al proceso de mantenimiento incluyen el mantenimiento preventivo como elemento fundamental para garantizar la integridad de los equipos dentro de una empresa.

Este tipo de mantenimiento se realiza normalmente a intervalos fijos, independientemente de la condición en la que se encuentre el equipo o dispositivo que va a ser intervenido [29]. El objetivo de realizar estas

intervenciones es el de mantener el estado óptimo de los equipos o dispositivos que forman parte del proceso productivo.

La clave de este tipo de mantenimiento es mantener un conjunto de revisiones sistemáticas cuya atención se centra en la prevención de las fallas mediante revisiones periódicas, mantenimientos menores y predicción de eventos a partir de inspecciones y mediciones de parámetros durante el proceso de intervención.

Las características fundamentales de este tipo de mantenimiento son [24]:

- Responde a un proceso sistemático, en el cual el personal de mantenimiento, a partir de elementos de programación como contadores (de horas, de recorridos, entre otros), calendarios u otro elemento que permita determinar la periodicidad de la intervención que se tiene que ejecutar.
- Obedece a un mantenimiento de rutina, es decir, las tareas que se ejecutan en este tipo de mantenimiento están asociadas a limpieza de equipos, ajustes de piezas, lubricación o intervenciones menores que pueden ser realizadas por el operador de la planta directamente.
- De cierta forma se enlaza con el mantenimiento predictivo, debido a que durante estas intervenciones se pueden medir vibraciones, se observan desgastes, se escuchan los niveles de ruido, etc., que son elementos que permiten predecir eventos y de cierta forma planificar jornadas de intervención más profundas

Basado en estos elementos, en la mayoría de las organizaciones se desarrolla el sistema de mantenimiento preventivo, con actividad-

des programadas para la intervención preventiva, las condiciones operativas en las que se debe encontrar la planta y los niveles de control necesario que garanticen una supervisión de las operaciones que se ejecutan.

Para poder establecer los tiempos de duración o la frecuencia del mantenimiento preventivo sobre los equipos es necesario contar inicialmente con los catálogos del equipo, manual de los fabricantes, planos del equipo (en caso de que no existan los planos se debe realizar un proceso de levantamiento de los mismos) y la experticia del personal de mantenimiento, lubricación, supervisores y demás miembros del equipo, que puedan aportar con las respuestas a preguntas claves que se realizan en el momento de la planificación del mantenimiento.

Algunas de las preguntas que se deben responder durante estas primeras intervenciones son [30]:

- ¿Qué se debe mantener?
- ¿Qué hay que hacer para que se mantenga en funcionamiento?
- ¿Cuándo hay que hacer ese mantenimiento?
- ¿Cada cuánto tiempo hay que hacer el mantenimiento?
- ¿Cómo se realizan las tareas del mantenimiento?
- ¿Cuál es el personal que se encargará de la ejecución de ese mantenimiento?
- ¿Cuánto tiempo se utilizará en los trabajos de mantenimiento?

Las respuestas a estas interrogantes, y las que surjan durante las reuniones de planificación, serán las que definirán la mejor manera de implementar los procesos de mantenimiento preventivo.

Es importante señalar que el mantenimiento preventivo no es un mantenimiento estático, es decir, las tareas y los ciclos de mantenimiento pueden ir variando en función a las condiciones de la máquina (tiempo de uso, niveles de operación, revisión de actividades, etc.), por esta razón es importante garantizar un continuo monitoreo de las condiciones de los equipos para garantizar que se adapten las soluciones a la condición real del dispositivo.

También es importante resaltar que no se puede realizar mantenimiento a todos los equipos que forman parte de la planta, esta es una tarea que resulta imposible de implementar y/o requeriría una gran cantidad de personas trabajando continuamente en la ejecución de este mantenimiento. Es por ello que para garantizar una cobertura estratégica de equipos, se priorizan de acuerdo al nivel de criticidad que tienen en el proceso productivo y se crea una ruta de recorridos periódicos para la revisión de los mismos [30].

La ejecución del mantenimiento preventivo requiere un amplio compromiso por parte de los miembros del equipo, sobre todo cuando la planta se encuentra en pleno desarrollo de un pedido y se une esta tarea con una parada preventiva para completar los niveles de lubricación, en caso de no dar la importancia a la gestión del mantenimiento preventivo se puede llegar a recomendar mantener la planta en operación para aprovechar el ritmo de producción y adelantar la entrega de ese pedido, sin embargo, acciones como estas, se pueden traducir en altos costos de mantenimiento correctivo por no atender los requerimientos básicos de las máquinas.

Finalmente, un buen mantenimiento preventivo genera en el equipo de trabajo y en las maquinarias las siguientes ventajas [30]:

- La conservación de los equipos con los que se trabaja, aumentando la fiabilidad de los mismos.
- Las personas que trabajan directamente con esas máquinas, se sienten más comprometidas, más seguras y finalmente más motivadas con el trabajo que están realizando.
- Disminuyen los desperdicios de materia prima por daños o producción defectuosa asociada a fallas con las máquinas.
- Disminuyen los tiempos de parada imprevista motivadas a desperfectos de las máquinas.
- Se tiene más confianza con los compromisos de entrega que se establecen con los clientes.
- El personal de venta tendrá mayor confianza en cuanto a los tiempos y precios que puede ofrecer en sus propuestas.
- Ayuda con la administración eficiente de los inventarios.
- Disminución de los costos por reparaciones y aumento de los beneficios gracias a los tiempos de continuidad operativa de las máquinas.

4.5. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento que se realiza una vez que ha ocurrido un fallo en las máquinas. Este mantenimiento se puede clasificar en dos [31]:

- **Correctivo inmediato:** que es el tipo de mantenimiento que se debe realizar inmediatamente ocurre la falla para poner nuevamente en operación la máquina, que puede estar ocasionando una parada de planta en caso de que no tenga respaldo, o debido al alto nivel de riesgo que representa la falla presentada para la integridad de los equipos y de las personas

que lo operan. En este caso el daño del equipo es catalogado como una situación de emergencia dentro de la planta.

- **Correctivo Diferido:** que es un tipo de mantenimiento que, aunque se genera una vez que ha ocurrido una falla, el nivel de riesgo permite que se mantenga la operación mientras se programa la ejecución del mantenimiento. Esto ocurre fundamentalmente en equipos que cuentan con respaldo para la operación o en casos donde el riesgo de sacar de ciclo la planta para la ejecución del mantenimiento es mucho mayor que el de mantener el equipo operando con la falla mientras se coordinan todos los recursos para la ejecución del trabajo. En este caso se dice que la avería está controlada ya que pudo haber sido detectada durante jornadas de inspección y permite la espera del tiempo para la acción.

En las plantas existen equipos que tienen poco desgaste o deterioro de sus partes internas y que el desgaste que se pueda generar no proporciona un riesgo de pérdida económica o un riesgo para la seguridad de los operadores. Este tipo de equipos son los que salen de la lista de chequeo del mantenimiento preventivo y se consideran para reparación por fallas o mantenimiento correctivo.

Es importante tener presente que, cuando la capacidad de operación, deje un equipo para mantenimiento correctivo, se defina un equipo que trabaje como respaldo en la operación del que se va a reparar. Mientras esto ocurre se procede a actuar con el protocolo que la organización haya definido para sus programas de mantenimiento correctivo.

A continuación se presenta un ejemplo de Plan de Acción de Mantenimiento Correctivo:

- Es detectada la falla e inmediatamente se reporta al equipo de mantenimiento.
- Se emite una orden de trabajo, la cual establece el nivel de prioridad que tiene la avería reportada.
- Se atiende de forma inmediata la orden de trabajo, con desplazamiento hasta el área donde ha ocurrido la falla.
- Si el mantenimiento puede ser diferido se levanta un reporte donde se indique la condición del equipo una vez realizada la primera inspección y las recomendaciones para que se incluya en la programación de mantenimiento.
- Si el mantenimiento requiere ser efectuado de inmediato se procede a coordinar todos los recursos necesarios para la intervención.
- Una vez efectuada la corrección se procede a completar la orden de trabajo y se registra para poder establecer los enlaces contables de la operación que se acaba de ejecutar.

Uno de los indicadores que mide la eficiencia de la empresa está determinado por el número de paradas para mantenimiento correctivo, el esfuerzo de las personas en mantenimiento correctivo, que es una variable que está relacionada con el parámetro anterior y los costos asociados al mantenimiento correctivo, tanto aquellos costos originales del mantenimiento, como los que son imputados por las consecuencias de la parada que puedo haber ocasionado la falla en el equipo, en este caso hay que incluir los costos de la no calidad y de la pérdida de imagen por parte de la organización de mantenimiento.

Además hay que considerar la pérdida de materia prima producto de la falla, horas extras de mantenimiento y/o costos asociados a los servicios externos de mantenimiento, en caso de que se aplique esta política dentro de la organización.

4.6. Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento está relacionado con la realización de pruebas o ensayos no destructivos a las partes de la máquina que se hayan determinado que podrían sufrir desgaste y a partir de los resultados suministrados por los equipos utilizados para estas pruebas, se pueda evaluar la condición de operación de la máquina, lo que puede dar una medida del nivel de desgaste y finalmente, detectar de forma incipiente el desarrollo de fallas futuras.

La mayoría de las pruebas de esta naturaleza que se realizan en los equipos, se hacen con el equipo en marcha, es decir, no es necesario parar el proceso para conocer el estado de los mismos, sino que se utilizan procedimientos en los cuales se pueden medir las variables esenciales que permitirán conocer el estado actual de la máquina o las fallas incipientes que se presenten [32].

Los ensayos no destructivos que pueden ser realizados en este tipo de mantenimiento para generar las advertencias de las posibles fallas en los equipos son: análisis de aceite, análisis de vibraciones, termografía y análisis de ultrasonido [32].

4.6.1. Análisis de Vibraciones

Ta cual como ocurre con un electrocardiograma para un ser humano, todas las máquinas cuando están en funcionamiento tienen un patrón de vibraciones considerado normal, sin embargo cuando algún

elemento interno comienza a presentar alguna avería, ese patrón de vibraciones comienza a ser alterado debido a un cambio en las condiciones dinámicas de la máquina. Esta información es la que se busca obtener con un análisis de vibraciones, el cual puede suministrar indicadores de cuál puede ser el lugar donde se está generando la falla, considerando cierta tolerancia, la cual es suministrada por el propio fabricante del equipo [32].

Algunas de las causas del aumento de vibraciones en las máquinas son [32]:

- Propio Diseño del Equipo: se presentan desviaciones cuando existe un desbalance en el ensamblaje o que las fuerzas inerciales del equipo quedaron desequilibradas.
- **Por la Tecnología Utilizada en el Proceso Productivo:** si se presentaron cambios en la estructura cristalina del material utilizado o si existe escoria o poros entre los materiales.
- **En la Producción de las Piezas:** que hayan existido modificaciones en los planos de producción o que haya ocurrido algún error durante el ensamblaje de las piezas.
- **Por Explotación del Equipo:** debido a los desgastes propios del funcionamiento de la máquina, desgaste en los rodamientos, que existan problemas de alineación o grietas en el rotor.

Cualquiera de estas situaciones puede causar desbalanceo, desalineación de los equipos, problemas de rodamiento, desviación en los ejes, problemas en las transmisiones a través de correas, problemas de engranaje, desajuste mecánico y hasta problemas eléctricos [32].

Para poder dar un diagnóstico posterior a un análisis de vibración hay que tener en cuenta los niveles de vibración normales de la máquina, tanto los niveles establecidos en normas, como los límites establecidos por los fabricantes, los niveles de vibración que por experiencia se conocen para ese tipo de equipos y finalmente se realiza una evaluación de la tendencia de acuerdo al historial del equipo.

4.6.2. Análisis de Termografía

Este tipo de ensayo no destructivo y no invasivo realiza una medición de la temperatura del equipo, en función a que si hay alternaciones de los valores normales significa que debe existir algún componente que no esté funcionando de manera correcta.

Para este tipo de mediciones se utiliza una cámara termo gráfica, que capta la energía que emiten los equipos en forma de ondas electromagnética en una imagen de radiación infrarroja a partir de la temperatura [32].

La forma en la que las cámaras termo gráficas presentan los resultados es a partir de una imagen que representa la energía infrarroja, esta energía es directamente proporcional al nivel de temperatura de la máquina, es decir, mientras mayor sea la energía infrarroja significa que mayor es la temperatura que presenta el equipo y un problema de alta temperatura normalmente tiene asociada una falla electromecánica. La Figura 21 muestra una gráfica que representa el termograma como ejemplo de los resultados que muestra este tipo de equipos, es posible observar fácilmente que existe una alteración en la distribución de la radicación, lo que se traduce en una alteración de la temperatura del equipo [32].

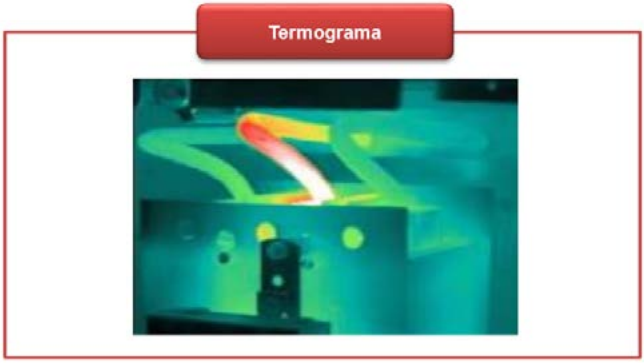


Figura 21. Ejemplo de la imagen que se Obtiene con una Cámara termo Gráfica.

Fuente: [32]

4.6.3. Análisis de Ultrasonido

Cuando una máquina se encuentra afectada por alguna causa mecánica produce un sonido cuyas ondas tienen una frecuencia superior a los 20KHz, sin embargo como el rango audible para un ser humano se encuentra entre los 20Hz y los 20KHz no es posible que una persona detecte esta condición sin el uso de los equipos correspondientes [33].

Para detectar estas ondas se utilizan los detectores ultrasónicos o más comúnmente denominados medidores de ultrasonido, los cuales transforman las señales que detectan en la máquina y de acuerdo a los niveles de ultrasonido captados se puede detectar fricción interna en máquinas rotativas, fugas en válvulas, fugas de fluidos, pérdidas de vacío, arco eléctrico, entre otras averías que se puedan estar presentando [33].

Los equipos detectores de ultrasonido cuentan con un sensor de ultrasonido capaz de transformar las ondas de sonido en ondas con frecuencias audibles para que el hombre pueda interpretar a través del sonido la condición de la máquina o a través de una pantalla donde también se reflejan los resultados [32].

4.6.4. Análisis de Aceite

En este caso, la detección de las condiciones de operación de las máquinas se realiza a partir de las características de su aceite lubricante. Cuando el aceite presenta niveles de contaminación elevados no está cumpliendo su función de proteger a la máquina del desgaste, controlar su temperatura y eliminar las impurezas, por esta razón la técnica de análisis de aceite cuantifica el nivel de contaminación del aceite o su nivel de desgaste a partir de pruebas especiales que se realizan en laboratorios para determinar dónde se encuentra en cambio de comportamiento de la máquina (contaminación) o la pérdida de capacidad de lubricación (desgaste) [32].

Cuando un aceite está contaminado se detectan en su composición partículas de combustible, agua, partes metálicas provenientes del desgaste, insolubles y/o materiales carbonosos, mientras que la degradación del aceite se detecta por cambios en su viscosidad, basicidad, constante dieléctrica, y/o detergencia [33].

A continuación se proponen una serie de pasos que van a permitir realizar un mantenimiento predictivo que permita el diagnóstico a tiempo de las fallas incipientes en las máquinas [32]:

- **Análisis del Sistema:** Al igual que ocurre en el caso del mantenimiento preventivo, inicialmente se debe realizar un estudio de priorización de aquellos equipos que tienen mayor impacto en el proceso productivo, estos equipos son los que van a pasar a la lista de recorridos del mantenimiento predictivo.
- **Selección de Parámetros:** En este caso se estudian las variables que se van a medir en cada uno de los equipos seleccionados de acuerdo a la que mayor información arroje o a las condiciones que se desean estudiar para cada equipo en particular. Una vez seleccionada las variables se van a esta-

blecer los límites de operación normal, fundamentados en las recomendaciones de las normas técnicas internacionales y del fabricante del equipo.

- **Recolección de Datos:** Esta es la aplicación instrumental del mantenimiento predictivo, porque aquí es cuando se toman las mediciones correspondientes directamente en la máquina con los equipos indicados de acuerdo a las variables que se vayan a medir.
- **Análisis de datos:** Una vez que se cuenta con todos los datos se procede a realizar la interpretación de los mismos para realizar el diagnóstico que corresponda, en caso de que se haya encontrado alguna desviación en el comportamiento de la máquina.
- **Alerta y toma de Decisiones:** Se deben generar los niveles de alerta para que se proceda a tomar las decisiones oportunas y se proceda a planificar la intervención de la máquina.
- **Orden de Trabajo:** Con la programación efectuada se genera la orden de trabajo donde se incluyen todas las tareas que se van a efectuar para el mantenimiento de la máquina.
- **Retroalimentación:** Este paso es fundamental debido a que las condiciones detectadas, una vez que se está interviniendo la máquina, son las que va a confirmar el diagnóstico emitido por el equipo predictivo, es por ello que, ante cualquier variación entre la condición encontrada y el diagnóstico efectuado se debe notificar oportunamente para realizar los ajustes necesarios, bien sea considerando los niveles de tolerancia del equipo de medición o reconsiderando el tipo de información que estaba suministrando el equipo.

V

LOGÍSTICA

CAPÍTULO V:
LOGÍSTICA

5.1. Cadena de Suministro

El concepto de cadena de suministros es un concepto relativamente nuevo, debido a que fue para la década de los años noventa cuando se reconoció a nivel corporativo la importancia de las funciones que proveedores y usuarios y el nivel de influencia que estas tienen sobre el éxito de la empresa.

Para esa fecha se estableció el Modelo Operacional de Referencia de la Cadena de Suministros (SCOR, por sus siglas en inglés) el cual tenía funciones repetitivas de fuente, manufactura, entrega y devolución, además integraba la función de planificación, presenta diferentes niveles límites, tantos como fueran necesario para representar la cadena de suministros y donde el flujo de información, financiero y de bienes físico fluye de forma paralela mientras se encuentra el producto final [34].

Más adelante se suman al concepto de cadena de suministros dos elementos claves: el flujo de la innovación, necesario para incorporar y trasladar al mercado nuevas oportunidades de productos y procesos, y el flujo relacional, que incluye las interacciones con los departamentos de ingeniería, calidad y con las funciones administrativas que se relacionan con el proceso [34].

En definitiva, las cadenas de suministro están conformadas por los compradores, los vendedores, las empresas de transporte, agentes aduaneros, los consolidadores de carga en los contenedores, las navieras, las almacenadoras, las aduanas, las agencias gubernamentales, líneas aéreas, transporte terrestre y todo elemento que interactúe

de forma física o a través del manejo e intercambio de información que participe en la dinámica de suministro de un producto [34].

Una representación básica de las funciones que conforman una cadena de suministro se representa en la *Figura 22*.

Figura 22. Estructura Básica de una Cadena de Suministros.
Fuente: [35].

La *Figura 22* muestra el esquema básico de la cadena de suministros donde se puede observar el flujo de productos si se tratara de un solo proveedor y un único cliente final, sin embargo, este flujo se torna complejo cuando se agregan elementos a la dinámica y cuando un mismo proveedor abastece distintos fabricantes, distribuidores o minoristas, una situación con mayor complejidad que se denomina red de suministros y que se puede observar en la *Figura 23.*

En la estructura mostrada en *Figura 23* se presenta con la letra *P* seguida de los números 1, 2 y 3 a los proveedores 1, 2 y 3, con la letra *F* a los fabricantes, con la letra *D* a los distribuidores, con la *M* a los minoristas y con la *C* a los clientes finales.

En este caso, el flujo del producto siempre va en dirección al cliente final e incluye la gestión del producto desde que es materia prima

hasta que se convierte en el producto final que se coloca a disposición del cliente.

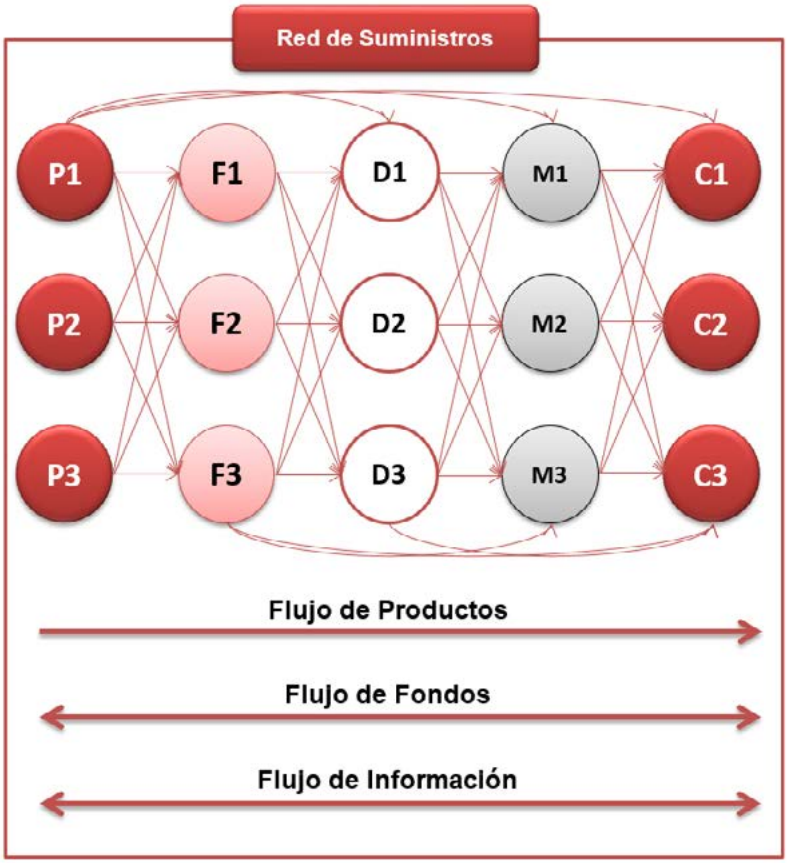


Figura 23. Estructura de una Red de Suministros.
Fuente: [35].

El flujo de la información sobre los productos, innovaciones, reportes de entrega, entre otros elementos informativos que corresponden al despacho del material, también se mueve en la dirección del cliente, sin embargo existe una serie de informaciones de retroalimentación

que se dirigen en dirección al proveedor, como lo son las actualizaciones en los pronósticos de la demanda, los cambios en el mercado, las necesidades de los clientes, nuevas órdenes de compras, entre otros elementos que mantienen la interacción en la cadena de suministros.

Mientras que el flujo de fondos se refiere a la generación de valor, donde existe un flujo positivo que corresponde con el pago realizado por el cliente y una serie de flujos negativos que corresponden a los costos que se agregan dentro de la cadena de suministro. Esto muestra que, mientras más rápido se mueva la cadena de suministros, más rápido se refleja el valor de la gestión.

Además del esquema general presentado en la ***Figura 23*** es importante considerar los elementos particulares que aumentan el nivel de complejidad de esta cadena, ya que al tratarse de suministro, deben considerarse todas las variables que se pueden presentar tanto a nivel de producto, como a nivel de proceso y de redes de suministro.

- A nivel de producto se pueden presentar dificultades por bienes sobredimensionados, con alta densidad, altos costos por unidad, frágiles, con un elevado nivel de peligrosidad, entre otros elementos que pueden particularizar la complejidad de la cadena de suministro.
- A nivel de proceso se presenta la diferenciación entre lo que es materia prima y producto manufacturado o si el producto tiene un ciclo de vida muy corto, lo que aumenta el riesgo de daño en alguna de las etapas de la cadena de suministro.
- A nivel de las redes de interacción depende de número de suplidores que se utilicen en el esquema de suministro, la ubicación de estos suplidores, el número de transportistas que

se emplean, la rotación de estos transportistas, la cantidad de intermediaros que aparezcan en el proceso, el número de intermediarios, los puertos de entrada y la variabilidad de las normativas aplicables en cada puerto de entrada, entre otras consideraciones.

Es importante tener en cuenta estos elementos al hablar de cadena de suministro porque estos son los que van a determinar las metodologías que se van a emplear en la gestión de la cadena de suministro.

La cadena de suministro presenta a lo largo de su desarrollo de actividades tres funciones claves que son:

- **Los Inventarios:** que se encuentran en todos los eslabones de la cadena de suministros, es decir, proveedor, fabricantes, distribuidor, minoristas y cliente final. En esta etapa es donde se revisan los niveles de reposición, rotación de materiales y la gestión de stock o determinación del momento en el que se debe pedir los materiales considerando todos los elementos que se hacen presente en su proceso de entrega.
- **Los Almacenes:** los cuales también impactan a todos los niveles de la cadena de suministros y se refieren al lugar físico donde se guardan o se mantienen todos los inventarios mientras se ejecuta el proceso de reposición.
- **El Transporte:** que también es un elemento clave en cada una de las instancias que se desarrollan a lo largo de todo el ciclo motivado a que para la asignación del transporte se deben definir en todas las etapas, el estudio de la carga, su preparación para los traslados, las condiciones de los puertos y equipos necesarios para su manipulación.

Además, estas funciones claves generan una serie de funciones combinadas que aparecen a lo largo de las diferentes etapas del proceso:

- **La Gestión de Compras**: en la cual interactúan fundamentalmente proveedores y fabricantes, aunque se hagan presentes las diferentes etapas de la cadena de suministro ya que la gestión de abastecimiento define de forma clara lo que se va a compras, las cantidades, el tipo de embalaje, tipos de transporte y demás características necesarias para la adquisición de los materiales y equipos indicados de acuerdo a la gestión de inventarios.
- **Logística de Comercio Internacional**: cuya influencia se hace presente en todas las etapas del proceso ya que considera las condiciones logísticas para el traslado de mercancías entre distintos países, con las reglas de entrada y salida que correspondan según las leyes de cada país y considerando las reglamentaciones internacionales para estos traslados.
- **Distribución Física del Producto:** la cual es efectuada por fabricantes, distribuidores, minoristas e interviene el cliente final, en esta etapa es donde se determina la necesidad de contar con los intermediarios que puedan ejecutar cada una de las etapas del proceso logístico, con todos los inconvenientes que puede traer consigo la inclusión de muchos distribuidores, pero que son necesarios para establecer un camino que recorra el material desde el proveedor hasta el cliente final.
- **Control de la Cadena de Suministros:** aparecen los operadores logísticos y se ven incluidas todas las etapas de la cadena de suministro para las cuales se desarrollan los respectivos

indicadores de gestión con el objetivo de poder medir el desempeño en cada una de las etapas del proceso.

- **Coordinación de la Cadena de Suministros:** en la que se promueve la colaboración entre todas las etapas que forman la cadena, con los beneficios y riesgos asociados a la incorporación de los diferentes canales de distribución en cada una de las etapas del proceso.

Todo el modelo que se ha presentado denota el proceso general de lo que es la cadena de suministros de materiales, sin embargo para hacer un estudio del proceso de una manera más detallada y relacionada con la gestión de la producción Industrial se van a definir algunos conceptos claves dentro de la organización para proceder a establecer algunas herramientas de gestión fundamentales para la cadena de suministro vista desde la empresa.

5.2. Aprovisionamiento

El proceso de aprovisionamiento dentro de una empresa comprende la ejecución de todas las actividades necesarias para garantizar la disponibilidad de manera oportuna de los materiales, repuestos, equipos e insumos que la empresa necesita para su funcionamiento.

Cuando se indica que corresponde a todas las actividades necesarias se refiere a que en el proceso de aprovisionamiento se encuentra desde el pronóstico de necesidades, la planificación en el tiempo de las actividades, la revisión del mercado y estimación de precios, la compra propiamente dicha, la recepción , verificación y pago de los materiales.

En muchas ocasiones tiende a confundirse el término aprovisionamiento con el de compras, es por esta razón que es importante desta-

car que el proceso de aprovisionamiento implica una serie de tareas que garanticen la disponibilidad oportuna de los materiales mientras que el proceso de compras se refiere al proceso puntual de adquisición del material, que aunque tiene sus propios pasos y requiere una serie de conocimientos de la cadena de suministros solo es una parte del proceso de aprovisionamiento que incluye tareas adicionales.

Entre las funciones de preliminares del área de aprovisionamiento se encuentran las que se relacionan con la planificación de la demanda para la cual hay que considerar una serie de tareas [36]:

- Conocer las necesidades y materiales que se utilizan en la instalación industrial donde se desempeña la función de aprovisionamiento, entendiendo la naturaleza de cada material y el esquema utilizado para su reposición en inventario.
- Conocer el procedimiento y las condiciones necesarias y excluyentes para poder efectuar el proceso de reposición de materiales, bien sea, condiciones del entorno, de los proveedores, niveles de aprobación, entre otras.
- Elaboración de pronósticos que puedan predecir las necesidades de los clientes para un periodo de tiempo determinado, estos pronósticos son alimentados por datos provenientes de los consumos y salidas de materiales en años previos.
- Planificar y gestionar las compras, a partir de los pronósticos se pueden realizar planes de compras anuales consolidando familias de productos para garantizar minimizar los costos que se hacen presente en estos procesos.
- Mantener los niveles de inventarios evitando dejar los inventarios en ***stock out*** (cero stock) pero manteniendo niveles de

stock de seguridad ajustados a los procesos administrativos de la empresa, evitando excedencias en los inventarios.

- Gestionar los ***stocks*** manteniendo parámetros de reposición adecuados según el nivel de criticidad del material en la empresa, caracterizando cada material de acuerdo a su criticidad, manteniendo máximos y mínimos de acuerdo a las cantidades que realmente se utilizan.
- Mantener la confiabilidad del inventario con procesos de verificación en físico, preservación de los materiales, para que al momento de ser utilizados se encuentren en buenas condiciones de uso, con cero desviaciones entre lo que se reporta en el inventario y las existencias en físico.
- Mantener un alto nivel de servicio con el cliente.
- Depurar los inventarios, considerando los materiales, equipos y/o repuestos que se encuentran en obsolescencia, ejecutando el procedimiento financiero que se indica para ese caso.
- Realizar la investigación de mercado que permita estimar los precios de contratación para garantizar que posea la disponibilidad presupuestaria del material, las condiciones de suministro, presentación del material en el mercado, revisando las nuevas tecnologías, cambios de números de parte, entre otras.
- Preseleccionar a los posibles proveedores, determinando que cumplan con el nivel financiero del proceso para minimizar riesgos de incumplimiento, que cumplan con la actividad técnica de los materiales que se van adquirir, que tenga la capacidad de suministro de las cantidades solicitadas y que se encuentre habilitado legalmente para participar en el proceso de compras.

- Solicitar las ofertas a los proveedores seleccionados, considerando los niveles de confidencialidad que se manejen dentro del proceso y la presentación de las ofertas de acuerdo a las condiciones del mismo, con todos los detalles necesarios en su propuesta: hojas técnicas, certificados de calidad, compromisos de entrega, fianzas, entre otros elementos que se consideren en el proceso.
- Analizar las ofertas y compararlas utilizando una matriz de comparación donde se indiquen todos los requisitos que fueron solicitados para validar la oferta, haciendo énfasis e aquellos que sean considerados como requisitos de obligatorio cumplimiento.
- Negociar con los proveedores, una vez que se tiene una revisión previa del proceso, si es necesario se procede a negociar las condiciones con los proveedores, puede ser negociar los tiempos de entrega, términos de pago, incluso mejorar los precios, condiciones en la presentación del material, plazos de vencimiento de las ofertas y cualquier otra condición que se pueda considerar en el proceso.
- A partir de los resultados del análisis se selecciona al proveedor que presenta la mejor evaluación técnico – económica para el suministro del material.
- Elaborar el pedido de materiales, someter a los niveles de aprobación correspondiente y hacer llegar al proveedor a través de los medios que hayan dispuesto para tal fin.
- Realizar seguimiento a la entrega de los materiales con los que resultó favorecido el proveedor y reclamos en caso de retrasos en los despachos.

- Efectuar los controles técnicos necesarios para garantizar que la entrega de los materiales se realice en las condiciones con las que fueron ofrecidos, que cumplan con las especificaciones técnicas, presentación y modelo de empaque solicitado y que además, venga acompañado de todos los documentos que se requieren según el tipo de material, es decir, certificados de calidad, certificados de garantía, manuales de usuario, ficha técnica del material, entre otros.
- Elaborar los informes de rechazo y devolución de material e informar a todas las personas involucradas en el proceso de aprovisionamiento, tanto a los que realizan la tarea de planificar, pronosticar, codificar, comprar y almacenar, para que se tomen las medidas correctivas del caso.
- Recibir las facturas y hacerlas llegar al analista financiero correspondiente.
- Velar porque el material pase al inventario cumpliendo la clasificación que se haya definido en el mismo, método ABC, método FIFO, o cualquier otro modelo que se utilice en la gestión del inventario.
- Realizar el seguimiento a los pagos y/o cumplimiento de los compromisos adquiridos durante la gestión de aprovisionamiento.

Como se puede observar, el proceso de aprovisionamiento es un proceso bastante completo que requiere la incorporación de un músculo importante de la empresa, basado en los principios de organización de tareas, previsión de necesidades y control de cumplimiento de objetivos.

A lo largo de todo este sistema, se generan unos costos que pasan a formar parte de los costos asociados a la cadena de suministro, enfocados directamente en el área de aprovisionamiento de materiales y que no están definidos únicamente por el costo del producto, sino que intervienen variables del proceso de aprovisionamiento [37]:

- **Costo del Pedido:** el cual incluye la solicitud de oferta al proveedor, la recepción y control de entrada de material, el pago y actividades desarrolladas para que se pudiera ejecutar el aprovisionamiento.
- **Costo de Adquisición:** que incluye el precio del producto.
- **Costos de Almacenamiento:** en el cual se hace presente la eficiencia de los procesos de gestión de inventarios y almacenes dentro de la empresa.
- **Costo de Mantenimiento del Stock:** por esta razón es que resulta de gran importancia solicitar los materiales en las cantidades justas para evitar incrementar los precios del proceso de abastecimiento.
- **Ahorro Financiero:** que está determinado por las condiciones de pago, si se entrega anticipo, pago de contado o con crédito a 15, 30, 60 o 90 días.

5.3. Gestión de Stock

El stock o inventario se refiere a los materiales que se encuentran reservados, tienen un costo económico para la empresa pero que en un momento determinado no se están utilizando [37].

El objetivo de mantener un stock en las empresas es mantener un flujo continuo de materiales, es decir, comprendiendo los tiempos que se

toman los procesos de adquisición de materiales desde el momento en el que se genera la solicitud hasta el momento en el que el material se encuentra efectivamente en el almacén, se trata de tener aquellos materiales y repuestos que son necesarios para darle continuidad a las labores de mantenimiento y operaciones de la industria.

Existen teorías que hablan del denominado stock cero, que ayudaría a las empresas a minimizar los costos de almacenamiento y que un almacén llenos de materiales es una muestra de poca productividad, donde se utilizan argumentos claros y válidos teóricamente pero que tienden a alejarse de la realidad de la industria, sobre todo porque finalmente esos inventarios los debe tener alguien (fabricante, distribuidor, minorista) y los costos de esos inventarios van a terminar cargados en alguna parte de la cadena de suministros.

En líneas generales a nivel conceptual existen diferentes tipos de stocks dentro de las empresas, entre estos se tienen [37]:

- **Los Stocks de Ciclo:** Se utilizan para abastecer un proceso productivo en el que dos subprocesos, uno que produce y otro que consume, interactúan a un ritmo diferente, por lo que es necesario crear un stock que permita que cuando el material se vaya a consumir tenga disponibilidad en el inventario, aun cuando su proceso de producción para la reposición no haya concluido. Pasa mucho con materiales con largos tiempos de fabricación.
- **Los Stocks Estacionales:** Corresponde con materiales cuya demanda se concentra en un período de tiempo específico, pero que equilibran el proceso de producción y distribución en los momentos de baja demanda.

- **Los Stocks de Seguridad:** Es el nivel mínimo de stock con el que cuentan las empresas para evitar llegar a los niveles de stock out (cero stock o ruptura de stock) en estos casos el inventario de seguridad debe considerar los tiempos de consumo y de reposición del material.
- **Los Stocks de Tránsito:** que son los que enlazan las diferentes etapas del sistema productivo.

La gestión de stocks trata de planificar, organizar y controlar el flujo de los inventarios que se mantienen en la empresa para poder alcanzar un equilibrio entre los costos que significan mantener un inventario dentro de la organización y el nivel de servicio y satisfacción del cliente. Sin embargo, este equilibrio está determinado por las fluctuaciones del mercado que impactan a cada uno de los elementos que forman parte de la cadena de suministros.

Hay factores que influyen directamente en la gestión del stock de la industria, entre estos factores se encuentran:

- **La Demanda:** De la característica de la demanda va a depender el método utilizado para la reposición del inventario, considerando que la demanda puede variar de forma cíclica o de manera discontinua.
- **Los Costos:** Uno de los elementos clave que influye en la determinación del stock son los costes asociados al material, en los que incluye el costo de adquisición del material, el costo de mantenerlo en el inventario que se encuentra imputado a la empresa por mantener el material en el almacén y finalmente, influye el costo de no poder satisfacer la demanda del usuario solicitante, denominado costo por pedido insatisfecho el cual afecta directamente el nivel de servicio del cliente y genera que

cualquier paralización de producción motivado a la ausencia de un material, sea imputado al departamento logístico.

- **El Sistema de Información:** La calidad del sistema de información con el que se cuente va a determinar la planificación de la reposición de los materiales. Existen sistemas de información cuyos periodos de revisión y actualización son muy cortos, estos sistemas permiten una reposición de materiales más flexible. Pero hay otros sistemas con un periodo de actualización más elevado, en estos casos, es necesario tomar previsiones en cuanto a los parámetros de reposición considerando el lapso de tiempo en el que no se conoce realmente los niveles de existencia del material.
- **Los Plazos:** corresponde con los tiempos de reposición de materiales que van a influir en los niveles de inventario que se deban manejar, y en los tiempos de entrega de los materiales a solicitar, lo cual es un factor clave a determinar para poder planificar el reabastecimiento.
- **El Método de Aprovisionamiento:** En función al método que se utilice para sistematizar el proceso y si se utiliza o no un programa de verificación y alerta o se procede a una revisión antes de realizar la solicitud de reposición.

La gestión de Stocks busca definir el momento ideal en el que hay que solicitar los materiales para la reposición de los niveles de inventario de la empresa y la cantidad que debe ser solicitada para atender la necesidad del cliente sin incrementar desproporcionadamente los costos de inventario. Para ello se deben aplicar buenas prácticas que permitan el equilibrio entre las variables que se encuentran en la dinámica del proceso. Algunas de estas buenas prácticas son [38]:

- Contar con una política de stocks
- Elaborar los procedimientos y estandarizar cada una de las actividades.
- Formular los indicadores de gestión que permitan medir el desempeño del proceso.
- Mantener trazabilidad de los procesos y materiales, así como disminuir o eliminar la obsolescencia de materiales.
- Mantener un enfoque en la reducción del stock como política de mejora del área.

Alguno de los indicadores sobre los que se puede apoyar la gestión de stocks son [38]:

- Porcentaje de Stocks
- Porcentaje de Stock Out
- Rotación de materiales
- Cobertura del inventario
- Costo financiero del inventario
- Porcentaje de obsolescencia del inventario
- Porcentaje de Diferencia del Inventario
- Nivel de servicio

5.4. Gestión de la Cadena de Suministro

Considerando los diferentes niveles de complejidad que se presentan en una cadena de suministros, a nivel empresarial se debe contar con una serie de principios que permitan a la empresa una presencia adecuada en todo el sistema, para ellos se deben considerar los siguientes aspectos [39]:

- Se debe contar con una clasificación de clientes en función a la necesidad de servicio que cada uno de ellos presente.
- En función a la necesidad que ha sido clasificada y a la rentabilidad del negocio, se diseña una red logística que pueda atender y satisfacer esa necesidad.
- La cadena de suministro debe ser flexible, realizando los ajustes necesarios y gestionando los cambios en la medida que el mercado va cambiando.
- Se debe seleccionar de manera estratégica los proveedores que participarán en la cadena de suministro creando una relación estratégica con cada uno de ellos.
- Favorece a la cadena de suministro la implementación de herramientas tecnológicas diseñadas para favorecer el desarrollo de las actividades y mejorar el desempeño.
- Diseñar indicadores de gestión que permitan medir el desempeño del proceso en todas las etapas de la cadena de suministro.
- Crear ventajas competitivas sostenibles apoyando procesos de innovación dentro de los procesos que se llevan a cabo.
- Desarrollar alianzas que le permitan al cliente gozar de mejores condiciones de adquisición de materiales.
- Equilibrar las relaciones existentes entre oferta y demanda, materia prima y producto final, puntualidad y oportunidad.
- Considerar el proceso logístico, de aprovisionamiento, compra, planificación y manufactura.

Además de estos principios se deben considerar algunos elementos que resultan limitantes y que, por lo tanto, deben ser considerados

como claves para mejorar en la gestión de cadenas de suministro, entre ellos se encuentran los requerimientos de los clientes, los cuales no siempre se presentan con las características completas de los que desean abastecer, a veces es preciso acompañar al cliente para que pueda definir qué es lo que realmente quiere; las estructuras de la red de distribución que deben soportar el tipo de requerimiento que se genera, el costo de todas las etapas del proceso y la inexactitud en la previsión, lo que se acompaña con un proceso de acompañamiento y formación al cliente, para que comprenda que en la cadena de suministros la inmediatez no es una de sus cualidades.

Asimismo, como se mencionaron esas limitantes, también se encuentran una serie de acciones que se pueden mostrar como principales fortalezas dentro del proceso, tales como: la capacidad de reaccionar para atender emergencias, evitando grandes tiempos de inercia, la flexibilidad para la ejecución de las tareas, una orientación clara a la reducción de inventarios sin afectar el proceso productivo, optimizar los costos del proceso y realizar todas estas operaciones bajo un marco de transparencia en las conductas, en las acciones y en los procesos [40].

Una cadena de suministro gestionada de manera eficiente logra entregarle al cliente el producto que solicita con el menor costo posible, en el tiempo establecido, en el lugar que había sido indicado y con todos los requerimientos que había solicitado. No importa i se trata de una entrega de una materia prima que viaja de un país a otro o se trata de un rodamiento que debe ser despachado en el almacén de materiales para atender una falla en un motor. Cualquiera que sea la naturaleza del requerimiento, la cadena de suministro debe funcionar de manera integrada entre proveedores, fabricantes, distribuidores, minoristas y el cliente final.

Cuando se habla de integración se puede estar haciendo referencia a una integración funcional donde las actividades de compras, manejo de inventarios, almacenes, manufactura, transporte pasen a formar parte de un equipo que reporta resultados de manera consolidada. También se puede referir a una integración espacial con la ubicación estratégica de proveedores, distribuidores y clientes o a una integración estratégica que involucra la integración de los planes financieros de mercado y de ventas de la empresa [41].

Estos procesos de integración se dan para lograr aprovechar de forma adecuada las oportunidades que presenta el mercado en un proceso que involucra tantas etapas que se encuentran interactuando entre ellas y con agentes externos a la industria, por lo que la definición de integración en la visión, alianzas estratégicas y la acción coordinada en las diferentes etapas van a elevar el nivel competitivo de la empresa en el sector que finalmente atiende.

VI

SISTEMAS DE GESTIÓN NORMALIZADOS

CAPÍTULO VI:
SISTEMAS DE GESTIÓN NORMALIZADOS

Un sistema se refiere a un conjunto de elementos que cumplen funciones específicas dentro de un proceso, estos elementos se interrelacionan entre sí y tienen un objetivo común [42]. Su funcionamiento no se puede analizar por separado debido a que la ausencia de uno de los elementos o la incorporación de elementos nuevos altera todo el sistema.

Al hablar de los Sistemas de Gestión (SG) en una organización se está haciendo referencia a un conjunto de elementos que se interrelacionan entre sí para definir las políticas, directivas y procesos que permitan enfocar los recursos para cumplir con los objetivos y las metas establecidas en el proceso productivo [42].

Los Sistemas de Gestión comprenden un conjunto de procesos que interactúan y aportan a la ejecución de la razón de ser de la empresa, entre estos procesos se encuentran el proceso productivo como tal, que es el encargado de producir el bien o servicio para cliente final; los productos y servicios que serán entregados al cliente, interno o externo, y que son el resultado del proceso productivo; los recursos como infraestructura, capital, conocimiento, materia prima y el considerado más importante de todos que es el recurso humano; la estructura que define los roles que cumple cada persona dentro de la empresa con su respectiva organización y definición de autoridades; los documentos que se generan y que se mantienen como evidencia de que los procesos se están ejecutando de manera confiable y las directrices que corresponden con la política de la organización, la meta, las estrategias que serán aplicadas para el cumplimiento de esas metas y

el enfoque que tendrá la organización como tal [43]. En la ***Figura 24*** se muestran estos elementos y la forma como interactúan en el proceso productivo de las organizaciones.

Los Sistemas de Gestión hacen vida en varios procesos de la empresa, interactuando entre sí y conformando juntos lo que se conoce como Sistemas Integrados de Gestión.

Un Sistema Integrado de Gestión (SIG) se refiere a la unificación de las prácticas internas de gestión en los diferentes departamentos de las organizaciones para que todos los sistemas de gestión que se estén aplicando puedan relacionarse entre sí, lo que permite crear facilidades para realizar las mediciones necesarias en cada uno de ellos, disminuyendo la cantidad de actividades que se deben realizar gracias a la interrelación que se crea entre todos [43].

Estos sistemas comparten los mismos recursos y también apuntan hacia un objetivo general común, por lo que la integración de las prácticas genera una mayor compatibilidad entre las actividades y un mayor compromiso por parte de los responsables de la ejecución.

En este caso, entre otras alternativas para integrar los sistemas de gestión, se encuentra la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés) la cual ha elaborado un conjunto de normas técnicas de aplicación internacional con el objetivo de estandarizar algunos procedimientos y garantizar un nivel de calidad en procesos y productos en el mundo globalizado de hoy.

Es común en las empresas crear un Sistema Integrado de Gestión que agrupe a los departamentos que se encargan de dar cumplimiento a la norma de Calidad ISO 9001, la norma Ambiental ISO 14001 y la norma de Seguridad OHSAS 18001, actualmente sustituida por la ISO

45001 [43]. En este capítulo se dará especial atención a la aplicación de estas tres normativas dentro de las empresas.

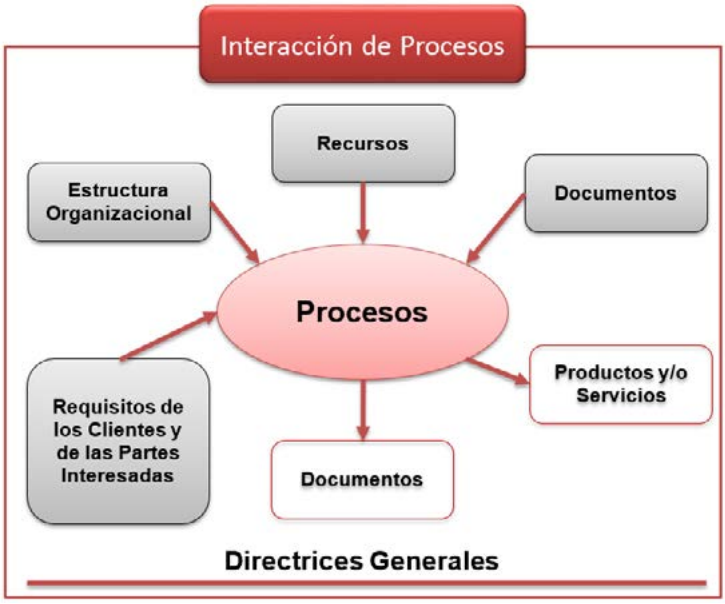


Figura 24: Interacción de Procesos en los Sistemas de Gestión.
Fuente: ***[43]*.**

Para la integración de estas normativas, ISO ha establecido una estructura de alto nivel que permite que las normas estén organizadas de forma semejante para una mejor estructura, aplicación e interacción entre los departamentos.

Las normas de los SG contemplan una estructura estándar o de alto nivel (también llamada Anexo SL) que permite que todas sean semejantes entre sí y que les proporciona flexibilidad para leer, para aplicar y para integrarse entre todas. Esta estructura está conformada por 10 capítulos que incluyen algunas consideraciones generales y definicio-

nes de cada proceso y actividades específicas de acuerdo al enfoque de cada Sistema de Gestión [42].

En líneas generales, se tienen tres capítulos que están asociados a temas generales como alcances, referencias normativas, definiciones y determinación de resultados de un SG y 7 capítulos que comprenden los requisitos necesarios para la implantación del sistema de gestión al área en particular. A continuación, se presentan el contenido de estos 7 capítulos.

- Contexto de la Organización: En este apartado se identifican las necesidades, las expectativas, las partes involucradas y su influencia en el cumplimiento de los objetivos. Esta sección comprende la ejecución de un análisis interno y externo que permita observar las variables que pueden influir en la implantación del SG.
- Liderazgo: Para el logro de los resultados esperados se contempla una participación activa y continua de la Directiva de la organización, definiendo muy bien los roles y las responsabilidades que están relacionados con el SG. En este apartado no solo se habla del liderazgo representado como guía el Sistema de Gestión, sino que se otorga liderazgo individual a cada uno de los actores que participan en la ejecución de la norma.
- Planificación: Tomando en cuenta el análisis del contexto de la organización se establecen las actividades en los procesos que deben ser atendidos para poder cumplir con los objetivos que han sido planteados dentro del sistema de gestión.
- Apoyo: Se refiere a toda la estructura requerida para la ejecución de los diferentes procesos. Contempla lo relacionado a

recursos, competencias técnicas y competencias blandas y a los documentos que evidencian la implantación y cumplimiento de los pasos del SG.

- Operación: Comprende todo lo relacionado a la planificación, ejecución y control de cada uno de los procesos necesarios para alcanzar los objetivos.
- Evaluación de Desempeño: Este apartado contempla las acciones necesarias para evaluar la eficacia de las actividades que han sido ejecutadas.
- Mejora: En esta sección se plantean las acciones necesarias para ejecutar las correcciones ante las posibles desviaciones que se presenten durante la implantación del SG.

Como se puede observar, esta estructura de alto nivel también se encuentra enmarcada dentro del Ciclo de Calidad PDCA, con un enfoque claro de acuerdo al objetivo que se plantea al crear un proceso bajo el sistema de gestión ISO. La ***Figura 25*** Muestra este ciclo con algunas actividades claves dentro de cada proceso.

6.1. Sistema de Gestión de Calidad

Gestionar la calidad de un producto y/o de un servicio comprende una serie de acciones que se realizan con el objetivo de que esos productos o servicios satisfagan las expectativas de los clientes a quienes está dirigidos, cumpliendo los requisitos que se habían ofrecido inicialmente y con un proceso en el que participan todos los departamentos de la empresa [44].

Una de las definiciones de calidad más aceptada a nivel mundial es la de entregar un producto que cumpla con los requisitos del cliente, certificando de esta manera la calidad del producto, y que,

a su vez, supere las expectativas del cliente, para certificar la calidad del servicio [44].

Para alcanzar esta meta se han desarrollado una serie de modelos o procedimientos de gestión que establecen los pasos a seguir para la obtención de los altos estándares de calidad que exige el mercado. Entre estos modelos se encuentran: la definición de procedimientos corporativos, la estandarización de procesos y productos, las auditorías como técnica de control, la certificación de calidad ISO, la teoría de los costos de la no calidad, técnicas de control de calidad como: la metrología, control estadístico de los procesos, entre otras [44]. Todas estas técnicas estaban dirigidas a planificar procesos corporativos orientados a obtener calidad en los productos finales.

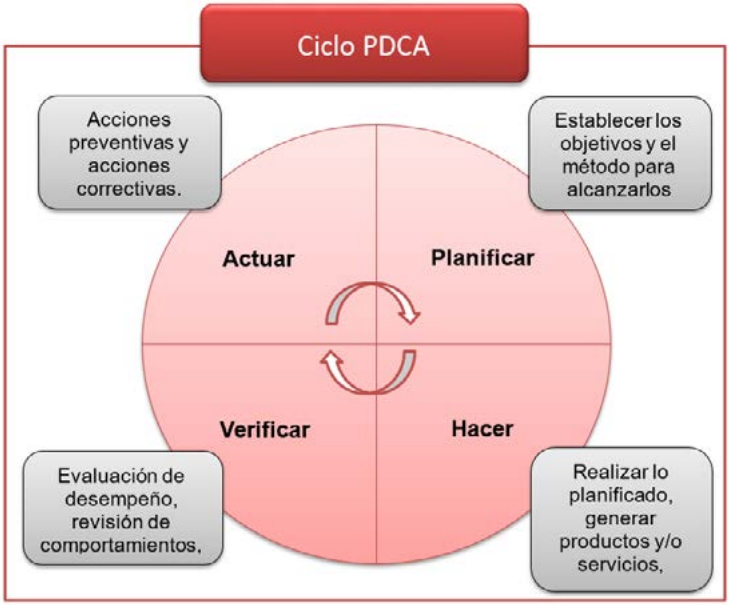


Figura 25. Ciclo PDCA con Estrategias Asociadas al Sistema de Gestión ISO.

Fuente: [45].

Adicionalmente se crearon una serie de herramientas diseñadas para el desarrollo de las actividades de producción, tales como: la creación de grupos de mejora continua, el diseño de herramientas básicas de calidad y herramientas avanzadas de calidad y finalmente, la denominada calidad total [44]. A continuación, se proporciona una breve descripción de cada una de estas herramientas.

6.1.1. Procedimientos

El primer paso orientado a buscar la calidad de los productos y servicios fue la caracterización de cata etapa del proceso de producción a partir de la definición de las tareas que se debía ejecutar en cada una de ellas, como la definición de las entradas y salidas del proceso, identificación del personal que realiza esas tareas, los recursos que necesita para la ejecución del trabajo, las herramientas para realizarlo, y finalmente, una medición de resultados y análisis del desempeño, estableciendo una idea del uso de indicadores para realizar esta medición.

6.1.2. Estandarización

El objetivo de la estandarización era la de proporcionar una metodología única de acción que permitiera que los procedimientos diseñados se cumplieran independientemente de quién se encuentre en la posición, logrando un trabajo más automático, con secuencias bien definidas, que permita optimizar la actividad que se está realizando y controlar la operación del proceso.

Para comenzar un proceso de estandarización lo primero que se ubica es una metodología o una norma que sirva de referencia para las actividades que se van a desarrollar, una vez implementada, es precio observar la eficiencia del método dentro del proceso productivo que se está ejecutando y realizar los ajustes necesarios, en sitio y en el pro-

cedimiento, para que se definan los nuevos estándares de acción. Estos estándares deben ser documentados para que queden reflejados formalmente dentro de los manuales de la empresa.

Una vez definido todo este proceso, se procede el entrenamiento de todo el personal, para garantizar que todos los involucrados tengan las competencias técnicas y las habilidades necesarias para que se cumplan los estándares definidos. Finalmente, el último paso es la aplicación de los conocimientos adquiridos y la verificación de cumplimiento de estas acciones.

6.1.3. Auditorías

El objetivo es evaluar el cumplimiento de las acciones que hayan sido definidas para lograr la calidad de un producto o servicio. En una auditoría se revisa el nivel de cumplimiento de los procedimientos y estándares definidos por la empresa. Ante los hallazgos de elementos que no se encuentran dentro de los parámetros se procede a identificar las oportunidades de mejora ya establecer un compromiso con un plan de acción para lograr acercar el desarrollo de la actividad a lo estandarizado.

6.1.4. Certificación ISO

Para la gestión de calidad la Organización Internacional de Normalización ha desarrollados norma ISO 9001 que contiene todos los requisitos que se deben seguir para lograr obtener un producto de calidad, estos requisitos pasan por la elaboración de procedimientos, estandarización de procesos, auditorías de verificación y finalmente un proceso de certificación que indica que cumple con los requisitos mínimos necesarios para la elaboración de un producto de calidad.

Para poder ejercer este tipo de control a nivel internacional, se han

designado una serie de organismos en diferentes países, que son los encargados de realizar las acreditaciones y las certificaciones de calidad de procesos ISO 9001.

El principal aporte de estas normativas, es que define los roles y responsabilidades de cada uno de los participantes, integrando a todos los miembros del equipo, desde la dirección de la empresa hasta el personal base, estableciendo diferentes niveles e capacitación para que la implementación de la normativa se pueda realizar con éxito, además, establece como factor fundamental el rol que juega la comunicación durante la implementación del sistema de gestión de calidad.

6.1.5. Costos de No Calidad

En este caso se ha desarrollado un modelo que busca establecer los costos que tienen para la empresa la producción de productos o servicios rechazados en el control de calidad de la organización o que son rechazados por el cliente final. Más allá de los beneficios que tiene la implementación de un sistema de gestión de calidad, este modelo busca establecer un criterio de conciencia hacia las consecuencias de continuar un proceso productivo con altos niveles de defectos.

6.1.6. Control de Calidad: Metrología

La metrología indica la importancia de establecer criterios y fórmulas de medición para los procesos, productos, servicios, niveles de satisfacción, expectativas de los clientes, recursos utilizados, tiempos y cualquier otra variable que pueda ser identificada dentro del proceso productivo. El objetivo de realizar esta medición es poder definir un estándar de operación en el proceso e identificar los defectos para poder tomar las medidas correctivas que correspondan.

6.1.7. Control de Calidad: Control Estadístico de Proceso

En este mismo orden de idea, y considerando que uno de los elementos más importante con el que cuenta la empresa son los datos, una vez definidos los estándares, el control estadístico de procesos busca determinar los niveles de desviaciones con relación al estándar determinado, para lograr buscar la perfección del producto o proceso a partir de la disminución de esas desviaciones.

Para la aplicación de esta técnica se utilizan métodos estadísticos que permiten el análisis de los datos y la posterior toma de decisiones a partir de las observaciones obtenidas al aplicar este tipo de modelo.

6.1.8. Grupos de Mejora Continua

Para la aplicación de este modelo se forman grupos de personas organizados dentro de la empresa con el objetivo de observar los procesos y productos para generar la retroalimentación necesaria en los casos donde ocurran desviaciones, además proporcionan la motivación necesaria para que los trabajadores se puedan mantener dentro del procedimiento definido para cada área, así como para incorporar al protocolo a aquellos trabajadores que no se han incorporados al sistema de gestión de calidad.

6.1.9. Herramientas Básicas de Calidad

También se denomina técnicas de resolución de problemas y se encuentran dirigidas a determinar el impacto de las fallas dentro del proceso productivo, permitiendo identificar la causa raíz de los problemas, los efectos que las fallas tienen sobre los procesos y productos, eliminar las causas detectadas y verificar el comportamiento del proceso una vez efectuado el análisis.

Entre estas técnicas se encuentran [44]:

- Análisis de causa y efecto
- Histogramas
- Diagramas de dispersión
- Análisis de Estratificación
- Hojas de Control

6.1.10. Herramientas Avanzadas de Calidad

Son herramientas de aplicación sencilla pero que requieren un mayor conocimiento, compromiso e integración de los miembros de la organización, la mayoría de ellas están dirigidas a desarrollar una mejor visión y participación de la dirección de la empresa.

A continuación, se mencionan algunas de las herramientas avanzadas de calidad [44]:

- Benchmarking
- Lean Manufacturing
- Seis Sigma
- Despliegue de la Función de Calidad
- Análisis de Modo y Efecto de Falla

6.1.11. Calidad Total

Desarrollada por Deming en Japón, cuando se encontraba impartiendo sus seminarios de calidad y productividad después de la segunda guerra mundial donde se desarrolla una filosofía con enfoque en las personas, como clave para alcanzar la calidad en los productos.

Para lograr esta calidad se definen cuatro eras con enfoque en las diferentes etapas del proceso productivo:

- **Inspección:** con el enfoque puesto en el producto que se está desarrollando.
- **Control de Calidad:** con el enfoque puesto en el proceso que se ejecuta para la elaboración del producto.
- **Aseguramiento de la calidad:** con enfoque en el funcionamiento del sistema que enmarca el proceso de elaboración del producto.
- **Gestión de la Calidad Total:** con enfoque en las personas que son los que, finalmente, van a realizar el trabajo.

Esta filosofía nace para atender el desafío que representa atender un mercado que es cada vez más competitivo, que permita tener flexibilidad para poder evolucionar rápido, con productos que cada vez tiene mayores características, lo que da un carácter de aumento de la complejidad en el proceso productivo y con un recurso humano mucho más preparado por el fácil acceso a la formación y al desarrollo de habilidades que le permitan participar con mayor amplitud en los procesos de la empresa.

6.2. Sistema de Gestión Medioambiental

Desde la invención de la máquina de vapor, la evolución del mundo se ha movido alrededor de la industrialización de cada una de las necesidades del ser humano, consumiendo en poco más de cien años gran parte de los recursos energéticos que habían tardado miles o millones de años en formarse.

Cada vez que se crea una industria nueva, se está creando una demanda de productos y servicios como agua, electricidad y materias primas, exigiendo espacios cada vez mayores para suplir esta necesidad y poniendo en riesgo la vida del ser humano.

Adicionalmente, cada empresa es una fuente de residuos, emisiones atmosféricas contaminantes, ruidos y vertidos de desechos hacia el medio ambiente, estas condiciones pueden alterar de forma significativa el equilibrio medioambiental, llevando a consecuencias que pueden ser catastróficas en los próximos cien años.

Sin embargo, una industria también es sinónimo de evolución, generación de empleos, desarrollo de la sociedad, creación de facilidades para la vida y beneficios económicos para todos los que participan en el proceso productivo directa e indirectamente, por esta razón, se ha desarrollado el concepto de desarrollo sostenible ya que no se trata de acusar a las industrias de ser las causantes de todos los males, cuando hay un consumidor que cada día exige más y más.

De allí, que el desarrollo sostenible busca la creación de un proceso de producción innovador que desarrolle técnicas que permitan minimizar el impacto en el medio ambiente y de esta manera producir hoy sin comprometer la vida y estabilidad de las generaciones futuras, estas acciones se pueden llevar a cabo a través de acciones normativas o de sistemas de gestión medioambiental [44].

6.2.1. Acciones Normativas

Inicialmente, el proceso de normalización industrial apareció en ámbitos como la preparación de alimentos, los sistemas de medición, elementos de seguridad que fueron determinando el tipo de vesti-

menta y hasta el control de armas, y en los procesos de comunicación, donde se establecen los protocolos de comunicación, el alfabeto, orden gramatical, entre otros.

La evolución del ser humano ha estado siempre acompañada de un proceso que le permita estandarizar cada una de las actividades que desarrolla. Esta normalización permitía simplificar las gestiones, los procesos productivos, mejorar los diseños, facilita la comercialización, crea estándares de calidad en el mercado, permite conocer más sobre los productos que se están consumiendo facilitando la comparación entre productos, agiliza el comercio y establece la instauración de políticas de calidad, de seguridad y medioambientales [44].

Es por ello que, tras las grandes ventajas de los procesos de normalización, se han creado instituciones con competencia internacional para el desarrollo de las pautas de producción que reflejen las ventajas que trae consigo este modelo, entre las instituciones creadas que han servido de referencia histórica para acompañar la calidad y gestión de los procesos se encuentran [44]:

- BSI: British standard Institute, creado en 1901
- IEC: Comisión Electrotécnica Internacional, creada en 1906
- ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, creado en 1918
- ISA: Federación Internacional de Normalización, conformada entre 1926 y 1939
- ISO: organización Internacional de Normalización, creada en 1947

Cada una de estas instituciones desarrollaba un enfoque particular,

algunas de ellas abarcaban una gran cantidad de procesos dentro de la empresa, siendo ISO el organismo encargado del desarrollo de las pautas medioambientales.

6.2.2. Norma ISO Para la Gestión Ambiental

ISO es el organismo encargado de establecer y actualizar los estándares medioambientales, estándares que puede aplicar cualquier empresa independientemente del tamaño y del tipo de negocio que desarrolle.

Esta normativa indica lo que se debe hacer para obtener una gestión medioambiental sostenible, dejando el cómo a criterio de la empresa, pero estableciendo un marco de trabajo muy completo que guía el desarrollo de una gestión medioambientalmente sostenible.

ISO ofrece una serie de normativas que se complementan para lograr minimizar el impacto en el medio ambiente de las empresas que lo implementen, promoviendo una cultura de responsabilidad dentro de la organización que permite desarrollar un consumo responsable, mejor manejo de los residuos y efluentes, aumenta la eficiencia del manejo administrativo, mejora la imagen e la corporación y genera ahorros económicos a la empresa.

Es importante destacar que, la cultura medioambiental va más allá de la percepción del cliente sobre las acciones que realice la empresa, es por eso que, una organización que trabaje bajo el marco de referencia de ISO y se certifique en el mismo, es una organización responsable con los resultados de su gestión.

La familia de normas ISO que establece las pautas para gestión del medio ambiente son:

- **ISO 14004:** que establece las direcciones generales, princi-

pios y sistemas de apoyo con los que debe contar la organización para desarrollar un sistema de gestión ambiental.

- **ISO 14001:** indica los requisitos que se deben cumplir, con las evidencias que se deben mostrar de cada uno de esos principios, para lograr obtener la certificación ambiental bajos los estándares de ISO.
- **ISO 14050:** indica el vocabulario de referencia para la nueva gestión ambiental, este punto es de suma importancia porque uno de los pilares de las normas ISO es la participación de toda la empresa y la comunicación dentro de la misma, por lo que definir el vocabulario del cambio es un paso imprescindible para alcanzar el objetivo.

6.3. Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo

El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) es el encargado de velar por el cumplimiento de la política de Seguridad y Salud de la organización, promoviendo el mejoramiento continuo en las actividades que se desarrollan en cada proceso para poder mejorar las condiciones de seguridad y con ello, brindar mayor seguridad y salud a los trabajadores. Su objetivo es que se tomen las acciones necesarias para disminuir o eliminar las fuentes de peligro y que de esta manera se mitiguen los riesgos asociados al desarrollo de las actividades relacionadas al trabajo.

6.3.1. La seguridad y la Salud en el Trabajo

El tema de la seguridad y salud en el trabajo es discutido desde la edad media cuando, Bernardino Ramazzini médico italiano conocido como el padre de la medicina del trabajo describió en el año 1670 la obra “De Morbis Artificium Diatriba” [45], en esta obra expone:

> "…es necesario reconocer que, a veces, de ciertas profesiones se les derivan a los que las practican males no pequeños, de modo que de donde esperaban obtener recursos para su propia vida y para el mantenimiento de su familia, no pocas veces contraen gravísimas enfermedades y, maldiciendo el oficio al que se habían entregado, acaban por abandonar la compañía de los vivos".

Desde esta época y hasta esta fecha muchos han sido los aportes y avances en los conceptos y prácticas de seguridad y salud en el trabajo, creando en la actualidad escenarios con mayor participación y mayor compromiso por parte de las personas involucradas en cada una de las tareas.

Actualmente, la seguridad y salud en el trabajo es un concepto que está relacionado con el cuidado de la integridad de los trabajadores durante su jornada laboral, proporcionando ambientes seguros y de bienestar para el desarrollo de sus actividades, cuidando de su salud y previniendo lesiones.

Cada actividad laboral tiene un peligro asociado al cual se exponen los trabajadores al momento de realizarla, a su vez, estos peligros tienen un nivel de riesgo de ocurrencia, este riesgo está relacionado con la probabilidad de que ocurra algún daño en el trabajador producto del desarrollo de sus actividades laborales. La medición del riesgo del en el trabajo depende de la gravedad del impacto que pueda causar al trabajador la manifestación del peligro y la probabilidad de que el evento efectivamente se desarrolle.

Una vez que se pueden definir esas dos variables relacionadas con el riesgo, se planifican una serie de acciones dirigidas a mitigar esos riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores, desarrollan-

do un proceso completo de planificación, control, acción de respuesta, ejecución y revisión que permitan gestionar de manera eficiente el desarrollo de las actividades laborales.

Los conceptos de seguridad y salud en el trabajo están diferenciados fundamentalmente en las consecuencias que puede sufrir el trabajador dada su exposición al peligro. Por un lado, la seguridad se encarga de atender los resultados y consecuencias a corto plazo de los riesgos a los cuales se somete el trabajador, una acción relacionada a la seguridad podría ser por ejemplo la habilitación de guarda para algunos equipos; mientras que la salud se encarga de gestionar los riesgos cuyas consecuencias se muestran a largo plazo, bien sea por el largo tiempo de exposición o por el largo tiempo de gestación dentro de los organismos de las personas; una acción asociada a la salud podría ejemplificarse con medidas preventivas ante la exposición prolongada a gases productos del proceso productivo [42].

Es posible que un riesgo esté asociado tanto a la seguridad como a la salud en el trabajo, por ejemplo el caso de exposición a pequeñas concentraciones de gases de forma habitual puede generar daños en la salud del trabajador en el futuro, por lo que las medidas para mitigar este riesgo corresponden al área de salud del trabajador; mientras que una exposición intensa a algunos gases en un tiempo muy pequeño puede generar consecuencias inmediatas a los trabajadores, por lo que las acciones para mitigar este riesgo se relacionan con el área de seguridad en el trabajo.

Cada una de estas áreas deben desarrollar su propia planificación, acciones, medidas de control, revisión y requerimientos de recursos para poder mitigar de manera eficiente los riesgos asociados las actividades que se ejecutan dentro de un proceso productivo. Es por esta

razón que llevar a cabo un sistema de gestión que otorgue un marco de acción para trabajar en este sentido les proporciona innumerables ventajas a las empresas y se ha convertido en una necesidad para mantener el posicionamiento y competitividad en el mercado global. De allí la importancia de ajustar los requisitos que sean necesarios ante los cambios en las normativas.

6.3.2. Definición de Riesgos Según el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

Los riesgos para el sistema de gestión están relacionados con el alcance del SGSSO y definidos sobre aquellos eventos que puedan ocasionar sucesos no deseados que a su vez impidan el cumplimiento de los resultados y en consecuencia de la mejora continua de las organizaciones. Aquí hay una clara diferencia con el riesgo definido en seguridad y salud ocupacional el cual está relacionado con la probabilidad de ocurrencia de sucesos que causen daños a la salud o que generen una exposición peligrosa a los trabajadores evaluándolos desde el punto de vista de la afectación que se puede generar a la persona, mientras que el sistema de gestión evalúa la afectación al cumplimiento del proceso, sin olvidar a la persona, pero midiendo desde el punto de vista de los objetivos planteados.

6.3.3. Norma OSHAS 18001:2007

Esta norma de Sistemas de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo promueve el desarrollo de políticas que permitan abordar los riesgos de seguridad y salud ocupacional que hayan sido detectados en las actividades desarrolladas dentro del proceso productivo, además establece las pautas necesarias para un manejo adecuado del sistema de gestión en seguridad y salud [42]. En otras palabras, pro-

mueve prácticas adecuadas para la seguridad y salud en el trabajo y que además estén equilibradas con los objetivos económicos de la organización.

6.3.4. Norma ISO 450001:2018

Es una norma publicada el 12 de marzo del año 2018 y que reemplaza a la OHSAS 18001:2007, para el cumplimiento de los requisitos asociados a esta nueva norma se ha dado un plazo de tres años para su implantación, plazo que venció en marzo del 2021.

Gracias a la estructura de alto nivel que se ha presentado en esta norma se logra la integración de una manera más sencilla del SGSST con los demás sistemas de gestión que funcionan dentro de las organizaciones.

Esta norma establece una serie de requisitos que al ser aplicados en las organizaciones abrirán paso a la creación de espacios saludables y seguros para los trabajadores; se aplican en cualquier empresa que desee implantar un sistema de gestión que les permita mejorar el desempeño en seguridad y salud ocupacional [42].

Al ser comparada con la Norma OHSAS 18001, además de las modificaciones de la estructura, que es quizás el cambio más notable al adaptar la estructura de la nueva normativa con las de alto nivel y dar un enfoque por procesos a la gestión de seguridad y salud en el trabajo, también aporta un enfoque que requiere mayor compromiso y participación de parte de los trabajadores, proponiendo la eliminación de barreras de participación y de parte de la directiva de la organización, cuya relación con el sistema de gestión se considera clave para el éxito del mismo [43].

Cabe destacar que la norma OHSAS 18001 nace como respuesta a la necesidad de crear un marco que permita evaluar y certificar a los Sis-

temas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en las empresas, mientras que la entrada en vigencia de la norma ISO 45001 es una respuesta integral para la integración de la Seguridad y Salud en el Trabajo en el SIG que presenta un mayor enfoque en el trabajador [46].

Además, se presenta un modelo preventivo con mayor dinamismo que busca involucrar a las oportunidades y los riesgos que se hacen presentes, más allá del enfoque en los peligros que tenía la norma OHSAS 18001. También se examina en un solo capítulo los factores internos y externos que influyen en el cumplimiento de las políticas de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido planteadas por la organización, dando mayor profundidad y dinamismo a este aspecto.

Esta norma, como todas las que hacen referencia a la implantación de un sistema de gestión, busca establecer la mejora continua de los procesos por lo que sigue los pasos del proceso PDCA (Planificar + Hacer + Verificar + Actuar) [42].

REFERENCIAS

REFERENCIAS

[1] L. Socconini, Lean Manufacturing Paso a Paso, Norma, Ed., Marge Books, 2008, p. 308.

[2] P. Nieto Vecino, «Lean Manufacturing: Revisión Histórica,» Valladolid, 2019.

[3] M. Valpuesta Lucena, «Ejemplo de Aplicación de Lean en una Fábrica de Automoción,» Sevilla, 2016.

[4] A. E. Arrepol Rivera, «Estudio de la Irrupción de la industria 4.0 en la Metodología Lean Manufacturing,» Concepción, 2020.

[5] Á. D. Escalante Montesinos y G. F. Valencia Neira, «Propuesta de Mejora de Procesos Utilizando Herramientas de Lean Manufacturing en la Confección de Calentadores de Brazo Para Elevar la Productividad en una Pyme Textil en Arequipa,» Arequipa, 2019.

[6] R. Cardona Rendón, «Diseño de una Propuesta Metodológica de la Filosofía Lean Manufacturing en la Cadena de Abastecimiento del Sector Textil - Confecciones de la Ciudad de Medellín,» Bogotá, 2020.

[7] C. Rivera, «Justificación Conceptual de un Modelo de Implementación de Lean Manufacturing,» Heurística, vol. 15, nº 15-2013, pp. 91-106, 2013.

[8] M. P. Sarria Yépez, G. A. Fonseca Villamarín y C. C. Bocanegra-Herrera, «Modelo Metodológico de Implementación de

Lean Manufacturing,» Revista EAN - Escuela de Administración y Negocio, nº 83, pp. pp 51-71, Julio - Diciembre 2017.

[9] V. Gisbert Soler, «Lean Manufacturing. Qué es y Qué no es, Errores en su Aplicación e Interpretación Más Usuales,» 3C Tecnología, vol. Volumen 4, nº 1, pp. 42 - 52, Marzo 2015.

[10] P. C. Ordóñez Algueta, «Propuesta de Herramientas Para la Aplicación de un Sistema de Lean Manufacturing Para una Empresa Textil,» Guatemala, 2015.

[11] J. Monsalvo Buelvas, «Diseño de una Propuesta de Mejora Para la Gestión y Conbtrol de los Riesgos de Seguridad en el Trabajo en una Caja de Compensación Familiar, Utilizando Herramientas Lean,» Barranquilla, 2018.

[12] J. Ángeles Estrada, «Sistema Kanban Como una ventaja Competitiva en la Micro Pequeña y Mediana Empresa,» 2006.

[13] M. G. Guevara Uvidia, «Aplicación de la Metodología Seis Sigma Como Herramienta de Mejora a los Principales Indicadores de Gestión en el Área de Manufactura de la Planta Ecuador Bottling Company en la Ciudad de Quito,» Quito, 2011.

[14] A. Bohigues Ortiz, «Desarrollo e Implementación de un Modelo Seis Sigma Para la Mejora de la Calidad y de la Productividad en Pymes Industriales,» España, 2015.

[15] F. N. Delgado M. y J. Díaz Ortiz, «Estado Actual de la Filosofía "Seis Sigma" Como Herramienta de Disminución de Defectos

en los Procesos de Producción de las Empresas de Bucaramanga,» Revista de la División de Ingenierías y Arquitectura ITECKNE, vol. Volumen 7, nº Número 2, p. 143, Diciembre 2010.

[16] F. González Aleu, Seis Sigma Para Gerentes y Directores, Libros en Red, 2003, p. 112.

[17] E. Gómez Martín, «Gestión de Proyectos Empresariales de I + D + I y su Financiación,» Leganés, 2013.

[18] H. Bazán Zurita , «Investigación, Desarrollo, Innovación y Emprendimiento,» Revista Perspectiva, vol. 17, nº 4, p. 142, 2016.

[19] R. González de Rojas, «Desarrollo e Implantación de Modelos de Evaluación de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación,» Valladolid, 2016.

[20] M. Peñaloza, «Tecnología e Innovación: Factores Claves Para la Competitividad,» Actualidad Contable FACES, vol. 10, nº 15, 29 06 2007.

[21] M. L. Sánchez Limón, M. Zerón Félix y P. Hernández García, Tecnología e Innovación Empresarial: Compendio de Eportaciones a las Ciencias Administrativas, Ciudad de México: Academia de Ciencias Administrativas (ACACIA) / Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), 2019.

[22] P. Escorsa Castells y J. Valls Pasola, Tecnología e Innovación en la Empresa, Primera Edición ed., Barcelona: Ediciones UPC, 2003, p. 330.

[23] E. Fernández Álvarez, «Gestión de Mantenimiento: lean Maintenance y TPM,» 2018.

[24] A. Rodríguez Machado, «Manual de Gestión de Mantenimiento,» Santa Clara, 2012.

[25] P. Viveros, R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera y A. Crespo, «Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento y sus Principales Herramientas de Apoyo,» Ingeniare - Revista Chimena de Ingeniería, vol. 21, nº 1, 13 Noviembre 2012.

26] D. A. Patiño Ramírez, «Documentación del Proceso de Mantenimiento Según la NTC ISO 9001:2015 en una Empresa de Srrvicios Tecnológicos,» Bogotá D. C. , 2019.

[27] H. Gavilanez, «Mantenimiento Preventivo Programado: Documentos del Mantenimiento,» Riobamba.

[28] Instituto Renovetec de Ingeniería de Mantenimiento, «IRIM,» Fecrero 2016. [En línea]. Available: http://www.renovetec.com/irim/256-EL-ANALISIS-DE-INCIDENCIAS. [Último acceso: 2021].

[29] A. Ortiz Useche, C. Rodríguez Monroy y H. Izquierdo, «Gestión de Mantenimiento en Pymes Industriales,» Revista Venezolana de Gerencia (RVG), vol. 18, nº 61, pp. 86-104, Enero - Marzo 2013.

[30] FEDEMETAL, Msnual de Mantenimiento, S. N. d. A. (SENA), Ed., Bogotá, 1991.

[31] L. Sexto, «Tipos de Mantnimiento: ¿Cuántos y Cuáles son?,» Electromagazine, pp. 40-45, Marzo 2018.

[32] A. M. Sánchez Gómez , «Técnicas de Mantenimiento Predictivo: Metodología de Aplicación en las Organizaciones,» Bogotá, 2017.

[33] W. Orlate C., M. Botero A. y B. Cañón A., «Técnicas de Mantenimiento PredictivoUtilizadas en la Industria,» Scientia et Technica, vol. Volumen XXI, nº 45, pp. 223-226, Agosto 2010.

[34] R. R. Young y P. Esqueda, «Vulnerabilidades de la cadena de Suministros: Consideraciones Para el Caso de América Latina,» Academia: revista Latinoamenricana de Administración, nº 34, pp. 33-78, Primer Semestre 2005.

[35] A. J. Carreño Solís, Cadena de Suministro y Logística, Lima: Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018.

[36] Asturias Corporación Universitaria, Nota Técnica, p. 12.

[37] R. Colomé Perales, Aprovisionamiento.

[38] R. Carro Paz y D. González Gómez, «Gestión de Stocks,» Apunte de Estudio, p. 35.

[39] H. Camacho Camacho, K. L. Gómez Espinoza y C. A. Monroy, «Importancia de la Cadena de Suministro en las Organizaciones,» de tenth LACCEI Latin American And Caribbean Conference (LACCEI' 2012), Panamá, 2012.

[40] B. Del Pozo Gavín, La Función de Aprovisionamiento y la Ges-

tión de Compras, Universitat Oberta de Catalunya.

[41] D. P. Ballesteros Riveros y P. P. Ballesteros Silva , «La Logística Competitiva y la administración de la Cadena de Suministros,» Scientia et Technica, vol. Volumen X, nº N° 24, pp. 201-206, Mayo 2004.

[42] F. Caycedo Muñoz, «Plan de Implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo Basado en la Norma NTC ISO 45001:2018 Para una Pyme Fabricante de Productos de Limpieza y Desinfección,» Bogotá, 2019.

[43] D. Guerrero Salamanca, «Plan de Implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo basado en NTC ISO 45001:2018 en la Empresa INGENIAG Diseño y Construcción Ltda,» Bogotá, 2020.

[44] C. H. Ligña Cumbral, «Guía Triádica de Sistemas Integrados de Gestión,» Quito, 2020.

[45] J. L. Latorre Ladino y F. A. Mariño Riveros, «Messat - Propuesta de una Metodología Para la Gestión del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo,» Bogotá, 2018.

[46] R. Montaño Hurtado, «Comparativo Estándar OSHAS 18001:2007 e ISO 45001:2018,» Cali, 2019.

ISBN: 978-9942-8966-4-3