



VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD

LAS SIETE HERRAMIENTAS DE CALIDAD APLICADAS A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Gabriela Cervantes Zubirías
Mario Alberto Morales Rodríguez
Coordinadores



Las siete herramientas de calidad aplicadas a la ingeniería industrial

Las siete herramientas de calidad aplicadas a la ingeniería industrial / Gabriela Cervantes Zubirías, Mario Alberto Morales Rodríguez, coordinadores.—Cd. Victoria, Tamaulipas : Universidad Autónoma de Tamaulipas ; Ciudad de México ; 2025.

98 págs. ; 17 x 23 cm.

1. Administración de formas generales de control

LC: T55.3 S5.4 2025

DEWEY: 350.8 KN

Universidad Autónoma de Tamaulipas
Matamoros SN, Zona Centro
Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000
D. R. © 2025

Consejo de Publicaciones UAT
Centro Universitario Victoria
Centro de Gestión del Conocimiento. Segundo Piso
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149
Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2905
cpublicaciones@uat.edu.mx • www.uat.edu.mx • https://libros.uat.edu.mx/

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT
ISBN UAT: 978-607-8888-86-3

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuera el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento del Consejo de Publicaciones UAT.

Libro digital

Este manual fue evaluado y aprobado por el Consejo de Publicaciones de la UAT para el uso del sello editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Su contenido fue sometido al análisis de un software antiplagio para garantizar su originalidad e integridad.



VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD

Las siete herramientas de calidad aplicadas a la ingeniería industrial

Gabriela Cervantes Zubirás
Mario Alberto Morales Rodríguez
Coordinadores





MVZ MC Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
PRESIDENTE

Dr. Fernando Leal Ríos
VICEPRESIDENTE

Dra. Dora María Lladó Lárraga
SECRETARIA TÉCNICA

Mtro. Eduardo García Fuentes
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González
VOCAL

CP Jesús Francisco Castillo Cedillo
VOCAL

MVZ Rogelio de Jesús Ramírez Flores
VOCAL

Comité Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. Lourdes Arizpe Slogher • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Amalio Blanco** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dra. Rosalba Casas Guerrero** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Francisco Díaz Bretones** • Universidad de Granada, España | **Dr. Rolando Díaz Lowing** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Manuel Fernández Ríos** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dr. Manuel Fernández Navarro** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dra. Juana Juárez Romero** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dr. Manuel Marín Sánchez** • Universidad de Sevilla, España | **Dr. Cervando Martínez** • University of Texas at San Antonio, E.U.A. | **Dr. Darío Páez** • Universidad del País Vasco, España | **Dra. María Cristina Puga Espinosa** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Luis Arturo Rivas Tovar** • Instituto Politécnico Nacional, México | **Dr. Aroldo Rodrigues** • University of California at Fresno, E.U.A. | **Dr. José Manuel Valenzuela Arce** • Colegio de la Frontera Norte, México | **Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle** • Universidad de Santiago de Compostela, España | **Dr. Alessandro Soares da Silva** • Universidad de São Paulo, Brasil | **Dr. Akexandre Dorna** • Universidad de CAEN, Francia | **Dr. Ismael Vidales Delgado** • Universidad Regiomontana, México | **Dr. José Francisco Zúñiga García** • Universidad de Granada, España | **Dr. Bernardo Jiménez** • Universidad de Guadalajara, México | **Dr. Juan Enrique Marciano Medina** • Universidad de Puerto Rico-Humacao | **Dra. Ursula Oswald** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Arq. Carlos Mario Yori** • Universidad Nacional de Colombia | **Arq. Walter Debenedetti** • Universidad de Patrimonio, Colonia, Uruguay | **Dr. Andrés Piqueras** • Universitat Jaume I, Valencia, España | **Dra. Yolanda Troyano Rodríguez** • Universidad de Sevilla, España | **Dra. María Lucero Guzmán Jiménez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dra. Patricia González Aldea** • Universidad Carlos III de Madrid, España | **Dr. Marcelo Urra** • Revista Latinoamericana de Psicología Social | **Dr. Rubén Ardila** • Universidad Nacional de Colombia | **Dr. Jorge Gissi** • Pontificia Universidad Católica de Chile | **Dr. Julio F. Villegas †** • Universidad Diego Portales, Chile | **Ángel Bonifaz Ezeta †** • Universidad Nacional Autónoma de México

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

9

Mario Alberto Morales Rodríguez

Gabriela Cervantes Zubirías

CAPÍTULO 1.

11

LAS SIETE HERRAMIENTAS DE CALIDAD APLICADAS A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Gabriela Cervantes Zubirías

Mario Alberto Morales Rodríguez

Marco Antonio Díaz Martínez

Lisset Anel Alva Rocha

CAPÍTULO 2.

41

METODOLOGÍAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Mario Alberto Morales Rodríguez

Gabriela Cervantes Zubirías

Martha Elia García Reboloso

Carlos Edén Garza Mendiola

Priscilla Viridiana Hernández Rodríguez

CAPÍTULO 3.

75

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Jesús Carpio Domínguez

Mario Alberto Morales Rodríguez

Gabriela Cervantes Zubirías

José Alberto Morales Rodríguez

INTRODUCCIÓN

Mario Alberto Morales Rodríguez
Gabriela Cervantes Zubirías

En un entorno que se vuelve más intrincado y cambiante, la ingeniería es fundamental para la creatividad, la creación de tecnologías innovadoras y la implementación de grandes proyectos.

La ingeniería es la profesión en la que los conocimientos, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para el desarrollo de diversas soluciones para problemas de la vida cotidiana.

La toma de decisiones en organizaciones públicas y privadas constituye un reto, sobre todo en lo que respecta a las actividades de planeación, ejecución y cierre; entre ellas, el alcance, tiempo, costos riesgos, adquisiciones, calidad, recursos humanos, comunicación, procesos productivos y seguridad ocupacional.

Los ingenieros e ingenieras solucionan problemáticas considerando elementos económicos, sociales, éticos y ambientales; sus decisiones están fundamentadas en análisis detallados y enfoques sistemáticos.

Cabe resaltar que una cultura de mejora continua incluye la adopción diaria de un sentido de responsabilidad y búsqueda de la perfección. Deleitar al cliente y superar sus expectativas son un requisito del mundo empresarial actual. Las diferentes metodologías ayudan a lograr este objetivo.

Este libro examina las metodologías, enfoques contemporáneos y herramientas que permiten una mayor agilidad en la toma de decisiones.

Gabriela Cervantes Zubirías, Mario Alberto Morales Rodríguez, Marco Antonio Díaz Martínez y Lisset Anel Alva Rocha se enfocan en fortalecer el conocimiento y aplicación de las siete herramientas de la calidad. Estas buscan la forma más eficiente de utilizar los recursos financieros y humanos de la empresa. Además, se centran en optimizar los procesos productivos y garantizar la satisfacción del cliente por medio del control de calidad y el análisis de procesos.

A continuación, Mario Alberto Morales Rodríguez, Gabriela Cervantes Zubirías, Martha Elia García Reboloso, Carlos Edén Garza Mendiola y Priscilla Viridiana Hernández Rodríguez analizaron las diversas metodologías de resolución de problemas, con el fin de mejorar su competitividad, rentabilidad, capacidad para innovar, adaptabilidad, cuestiones operativas, gestión de la empresa.

Finalmente, Jesús Carpio Domínguez, Mario Alberto Morales Rodríguez, Gabriela Cervantes Zubirías y José Alberto Morales Rodríguez abordan desde diversas perspectivas la definición del mantenimiento productivo total (TPM) y técnicas para implementarlo en las empresas de manera secuencial para impulsar su éxito. También se definirán los indicadores empresariales para mantener un índice alto de productividad con base en la filosofía industrial 4.0.

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, al personal directivo: Dra. María Cristina Hernández Jiménez, Dr. Ignacio Hernández Rodríguez, Dr. Héctor Fabián Torres Rodríguez por la oportunidad de publicar este libro y mantener los esfuerzos para fortalecer la investigación. Este respaldo institucional ha sido la base para el resultado exitoso de los capítulos presentados.

A los investigadores que han compartido sus valiosas experiencias y teorías sobre las metodologías de la ingeniería, se les agradece su generosidad intelectual y su disposición para aportar su inspiración y ayudar en la construcción de este libro.

Al equipo editorial, le agradecemos por su innovación y creatividad, elementos que han transformado este conocimiento técnico en una obra accesible para los lectores y estudiantes.

CAPÍTULO 1.

Las siete herramientas de calidad aplicadas a la ingeniería industrial

Gabriela Cervantes Zubirías
Mario Alberto Morales Rodríguez
Marco Antonio Díaz Martínez
Lisset Anel Alva Rocha

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este tema es abordar el conocimiento y la aplicación de las siete herramientas de calidad, considerando la perspectiva de la ingeniería industrial que busca eficientar los recursos de la empresa: financieros, mano de obra y habilidades del talento humano. La función principal es optimizar y mejorar tanto los procesos productivos como los que no añaden valor.

El programa educativo de Ingeniero Industrial de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, es el profesionista competente para planear, diseñar, implantar y mejorar todo tipo de sistema productivo que implique a los empleados y a la combinación de elementos materiales, tecnológicos, financieros, de investigación y de energía. De esta manera, se incluyen todas las áreas de la organización con una perspectiva global hacia los objetivos y con una visión de desarrollo social y sustentable, que contribuye al progreso integral de la sociedad.

En el desarrollo profesional científico y su elaboración en los procesos industriales y de la administración, lo habilitan para mejorar el aprovechamiento de los recursos, la calidad y la salud financiera de la organización. Esto, con la finalidad de incrementar la competitividad, la satisfacción del cliente, y el crecimiento personal de los integrantes (UAMRA, Programas Académicos Oferta Educativa Ingeniero Industrial, 2022).

Este tema nace de la necesidad de reforzar los conocimientos y competencias de los estudiantes para insertarse de manera efectiva en el ámbito laboral. Durante el 2020-3 y 2021 se definieron estrategias de retroalimentación para la mejora del programa educativo. De acuerdo con el marco de referencia del CACEI (2018), es importante el uso de las herramientas de la calidad y el análisis financiero para la gestión de proyectos.

Además, se desarrollaron los atributos de egreso y los objetivos educacionales, que, con este capítulo, fortalecerán las metodologías aplicadas en su área de profesión, así como las técnicas y herramientas adecuadas para lograr una aplicación efectiva de los conocimientos. Los escenarios y perfiles de ingeniería requieren nuevas destrezas y competencias para un contexto fructífero (ANFEI, 2010).

Se eligió realizar esta guía metodológica, de acuerdo con los resultados de un cuestionario para determinar habilidades y roles de los proyectos de 14 ítems, aplicado en el 2021-3 a 288 estudiantes (37 % mujeres y 63 % hombres). El 46 % estudian ingeniería industrial, el 37 % son de segundo semestre, el 36 % de cuarto, el 11 % de sexto y el 16 % de octavo. A 80 estudiantes les gusta realizar proyectos creativos e innovadores, a 53 les agrada planearlos, a 62 hacer lluvia de ideas y a 28 supervisar, liderar y comunicar en la organización.

Sinek (2022) afirma que todas las organizaciones buscan estrategias para comunicarse efectivamente y comprender lo que el cliente necesita. Desarrollar proyectos rentables es fundamental; esto requiere de conocimiento y práctica en el desarrollo de metodologías adecuadas para dar seguimiento de una manera eficaz. Ahora bien, 113 estudiantes (39 %) dan seguimiento a los proyectos, pero no disfrutan realizarlos, ya que desconocen las metodologías aplicables. Solo 17 de ellos analizan la relación que tienen los datos (5.9 %). Por ejemplo, las herramientas de calidad (Burgasí et al., 2021) coadyuvan a tomar decisiones, reducir la problemática y examinar los factores que influyen en el proceso productivo y en la calidad. Por ello, aplicarlas en la educación es primordial.

La industria maquiladora y de exportación (IMMEX) tiene una fuerte presencia en México. A la fecha, hay 6 500 empresas que representan un total de 3 millones de puestos de trabajo. Existen 21 asociaciones índice en México que en conjunto forman el Consejo Nacional de la Industria de Exportación. Este sector representa el 56 % de las ventas totales de exportación del país. Esto demuestra cuán importante es el valor agregado para las empresas y países que lo conforman, especialmente para los empleados que disfrutan de salarios y beneficios en México (Luna, 2021). Por este motivo, se busca que los estudiantes de ingeniería industrial conozcan las herramientas para tomar decisiones y ejecutar proyectos.

Finalmente, se implementaron estrategias en la asignatura, buscando que los estudiantes tengan las bases y herramientas para posicionarse en un mercado competitivo.

LAS SIETE HERRAMIENTAS DE CALIDAD

El diagrama de causa-efecto fue desarrollado por el Dr. Kaoru Ishikawa en la década de 1960, fue un químico industrial japonés experto en calidad, y fue el pionero en la investigación científica para la solución de problemas en la industria. Lo anterior fue conceptualizado para la aplicación en ambientes laborales, y a través del tiempo ha evolucionado en diversos ámbitos. Según Munch (2005) el sistema de calidad se considera eficiente y eficaz para integrar grupos en una organización, siendo factible para las operaciones productivas.

Las siete herramientas presentadas en este capítulo son útiles en cualquier puesto de trabajo, independientemente del giro, son indispensables para el control de calidad. Estas son: cuadro de Pareto, diagrama de causa y efecto, estratificación, hoja de verificación, histograma, diagrama de dispersión y gráficos de control (Ishikawa, 1986).

Un sistema de producción tiene varios elementos que interactúan, desde máquinas, personas, materiales e incluso procedimientos a los que se les pueden aplicar diversas herramientas de calidad, como las tablas de producción, Pareto, diagramas de validación, diagramas de dispersión, diagrama de espina de pescado, causalidad (Arcila et al., 2007); puede tratarse de sistemas continuos, intermitentes, modulares o por proyectos. Es por eso, que el objetivo de esta guía es facilitar el uso de estas herramientas para fortalecer la calidad de los procesos (Olivera, 2006).

DEFINICIÓN DE DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

Se le conoce como el diagrama de Ishikawa (en honor a quien lo creó por primera vez) o de espina de pescado. Tiene como objetivo detectar todas las posibles causas de un determinado problema o defecto. El seguimiento por medio del diagrama de causa y efecto, constituye una de las técnicas básicas relacionadas con las 6M: maquinarias, mano de obra, materia prima o materiales y método de trabajo (Espinoza y Roa, 2021). Al respecto, el sistema de gestión de calidad de la ISO 9000:2015 en el quinto principio hace mención que la mejora continua es importante en cualquier empresa (ISO, 2022).

ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO

La elaboración del diagrama de causa-efecto requiere de un equipo multidisciplinar.

1. Identificar el problema más relevante.
2. Registrar las 6M (método, materiales, mano de obra, maquinaria, medio ambiente, medición) (Figura 1).
3. Anotar las procedencias principales sobre línea horizontal dentro de las categorías. El seguimiento es colegiado, por medio de la toma de decisiones (Tabla 1).
4. Disponer de una planeación de acciones para cada problemática identificada, y determinar las operaciones que se deben efectuar (Kume, 2002).

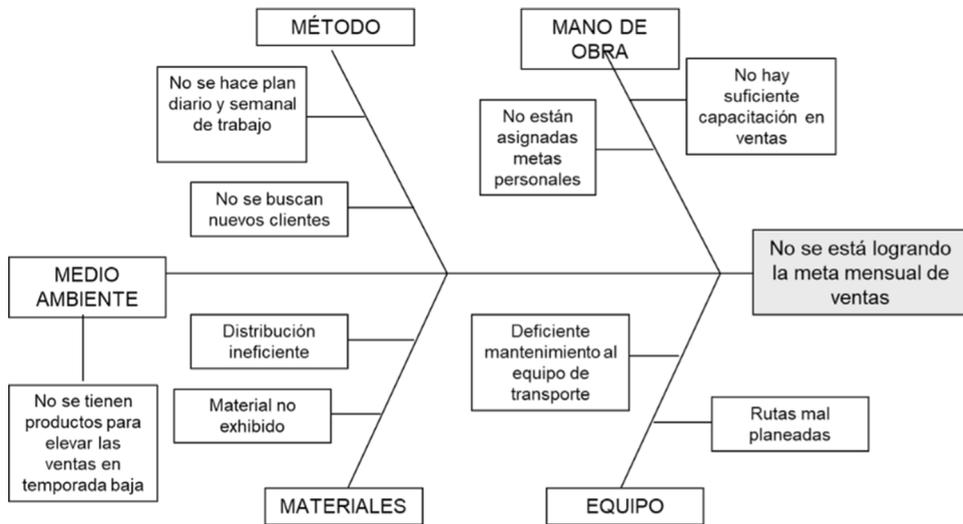


Figura 1. ejemplo de diagrama de Ishikawa.

Fuente: Kume (2002).

Tabla 1. Herramientas Digitales para realizar un diagrama de causa-efecto

Aplicación	Descripción
https://www.canva.com/es_419/ 	Herramienta para dibujar diagramas de Ishikawa directamente desde el navegador <i>web</i> y permite trabajar en línea al mismo tiempo con un grupo de trabajo.
https://app.creately.com/diagram/cg5sHOhDF31/edit https://creately.com/register/ 	Herramienta de diagramas de espina de pescado (diagrama de Ishikawa) en línea ayuda a realizar análisis de causa raíz. Colaboración en tiempo real con un equipo de trabajo.
https://www.lucidchart.com/pages/es 	<i>Lucid chart</i> es un espacio de trabajo gráfico que combina diagramas y ayuda a ahorrar tiempo y recursos.
https://www.gliffy.com/free-trialhttps://go.gliffy.com/go/html5/launch 	<i>Gliffy Online</i> se puede crear diagramas, gráficos, estructuras, y compartir y capturar ideas de todos los tamaños con esta herramienta de diagramación en línea.
https://templates.office.com/es-mx/Diagrama-de-causa-y-efecto-TM06082737	En esta página puedes descargar la plantilla de causa y efecto elaborada en <i>PowerPoint</i> .

Fuente: elaboración propia.

IMPORTANCIA DE TENER EL CONOCIMIENTO DEL DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO

Es una metodología simple, clara y efectiva para suscitar ideas para la colaboración de los grupos multidisciplinarios. Ayuda a identificar la posible causa raíz y su importancia reside en que se identifique la problemática, a la vez que se evita desperdiciar tiempo durante la toma de decisiones.

DIAGRAMA DE PARETO Y SU ELABORACIÓN

Es un instrumento que permite el orden de importancia de las causas de un resultado en específico; de una problemática dada. Es un gráfico de barras combinado con un tipo de curva ascendente que representa el porcentaje de los datos obtenidos. Su pionero fue Vilfredo Pareto y se le conoce como la distribución ABC, gráfico de Pareto o curva 80-20. Se utilizan para priorizar ciertas actividades que contribuyen al control de calidad. Su finalidad es mostrar la frecuencia relativa del proceso. Para construirlo es necesario:

- Elegir la problemática que se quiere solucionar y detectar sus causas más relevantes.

- Considerar las causas de mayor impacto sobre los defectos localizados en los procesos de fabricación.
- Calcular las frecuencias de mayor a menor y sus porcentajes acumulados.
- Graficar en barras verticales, puede iniciarse con el eje horizontal las causas más comunes de mayor a menor frecuencia. Después, graficar los porcentajes que cada una de las causas representa según su frecuencia acumulada.
- Analizar las posibles soluciones que se deben destacar (Baca, 2013).

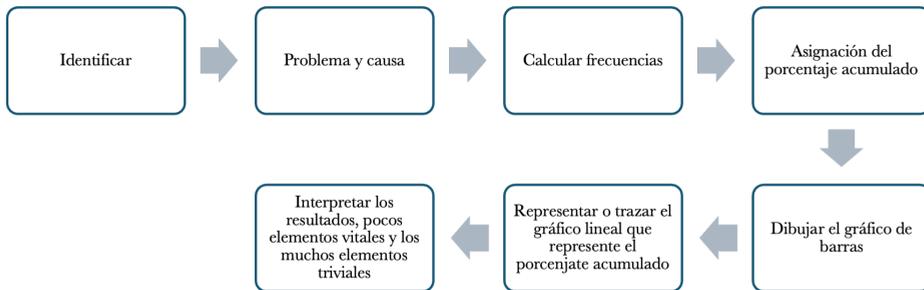


Figura 2. Elaboración del diagrama de Pareto

Fuente: Six Sigma Desmitificado.

Para realizarlo de una manera sencilla y práctica se aplicará en el siguiente ejemplo: “Causa de reclamo por defecto en el proceso de empaque”

1. Se analizan las causas presentadas durante un periodo de seis meses.
2. Establecer las causas o defectos presentados. Posteriormente, se suman las unidades, ordenadas de mayor a menor el número de unidades (Tabla 2).
3. Se calcula el porcentaje y el acumulado de cada causa o defecto presentado en el empaque.

Tabla 2. Causa de reclamo por defecto en el proceso de empaque

Empaque roto	Número de unidades	%	Porcentaje acumulado
Quemado	55	52.4 %	52.4 %
Incompleto	21	20 %	72.4 %
Color incorrecto	19	18.1 %	90.5 %
Total	105	9.5 %	100 %

Fuente: libro de Six Sigma Desmitificado.

- Se seleccionan los datos numéricos de unidades y el porcentaje acumulado que se van a representar en la gráfica de Pareto (Tabla 3).

Tabla 3. Selección de datos

Empaque roto	Número de unidades	Porcentaje acumulado
Quemado	55	52,4 %
Incompleto	21	72,4 %
Color Incorrecto	19	90,5 %
Total	10	100 %

Fuente: libro de Six Sigma Desmitificado.

Se representa la gráfica de Pareto.

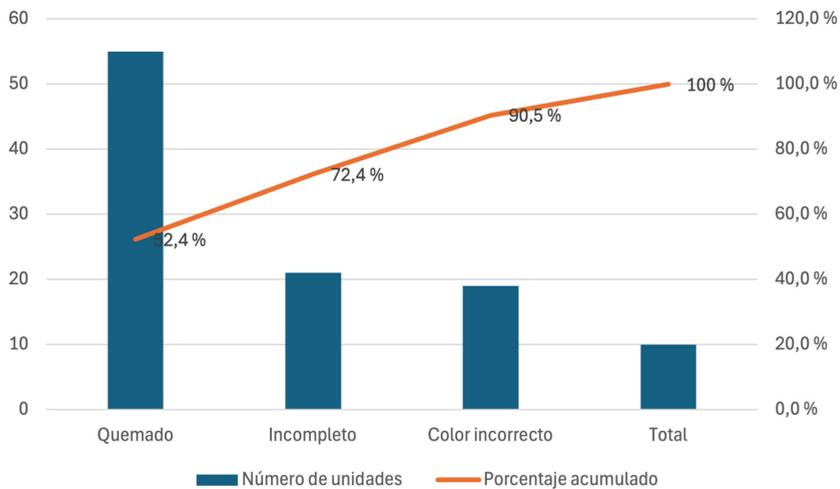


Figura 3. Gráfica de Pareto: resultado de análisis por defecto de empaque

Fuente: diseño propio (Sánchez, 2008).

La interpretación del diagrama de Pareto es útil en control de calidad, relaciones humanas y pedidos por error, percepción del cliente, entregas tardías, defectos encontrados en el proceso, retrabajos, etcétera.

Tabla 4. Herramientas digitales para realizar un diagrama de Pareto

Aplicación	Descripción
https://www.planillaexcel.com/diagrama-de-pareto PlanillaExcel	Herramienta para crear diversas plantillas en <i>Excel</i> como diagramas de Pareto directamente desde el navegador web.
https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/excel	Excel es una hoja de cálculo que se puede trabajar con gráficas, tablas, formulas y demás.
	
https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/word	Se puede utilizar para crear un gráfico sencillo desde cero en Word.
	

Fuente: elaboración propia.

IMPORTANCIA DE TENER EL CONOCIMIENTO DEL DIAGRAMA DE PARETO

En este contexto, estas herramientas solucionan problemas, transmiten resultados calculados, equilibran el incumplimiento de los requisitos del cliente y los costos por calidad insuficiente, mejoran la calidad del crecimiento, buscan las causas principales, establecen prioridad a la toma de decisiones para solucionar alguna problemática presentada, evalúan antes y después los resultados de los cambios efectuados a un proceso, y mejoran continuamente.

Esta investigación aplicó el diagrama de Pareto para presentar el concepto de que, en la mayoría de las situaciones, el 80 % de las consecuencias son el resultado del 20 % de las causas. Esto puede ser muy útil para tratar no conformidades, identificar puntos de mejora y definir qué planes de acción deben ser atacados primero en lo que se refiere a la prioridad (Neira y Santelices, 2022).

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

Es una herramienta estadística básica que mide la relación de causa y efecto entre dos variables de calidad. Para determinar que existe una correlación se utiliza un diagrama de dispersión, que da la pausa para tener el interés de conocer cómo se comportan dichas variables. Cada uno de los puntos representa la intersección de

un par de observaciones (X, Y) como se muestran en las Figuras 4-9 (Rivas-Ruiz et al., 2019).

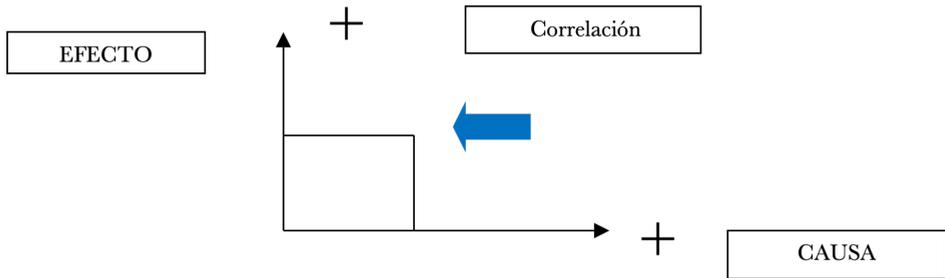


Figura 4. La relación entre las dos variables se representa mediante una gráfica de dos coordenadas (X, Y)

Fuente: Baca (2013).

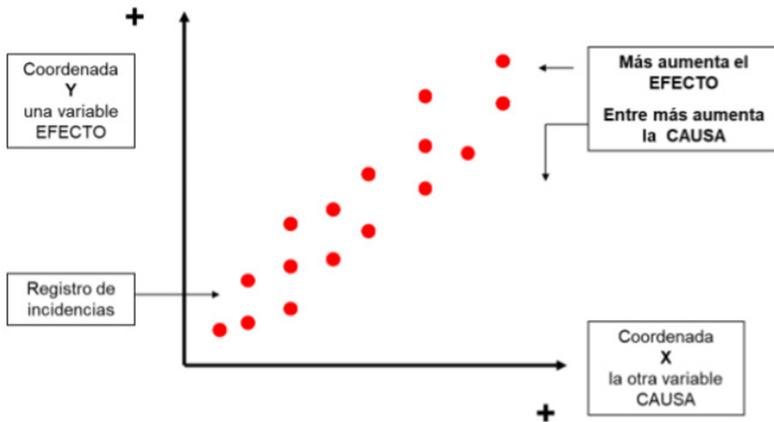


Figura 5. Diagrama de dispersión con correlación positiva

Fuente: distintas formas de diagrama de dispersión correlación positiva.

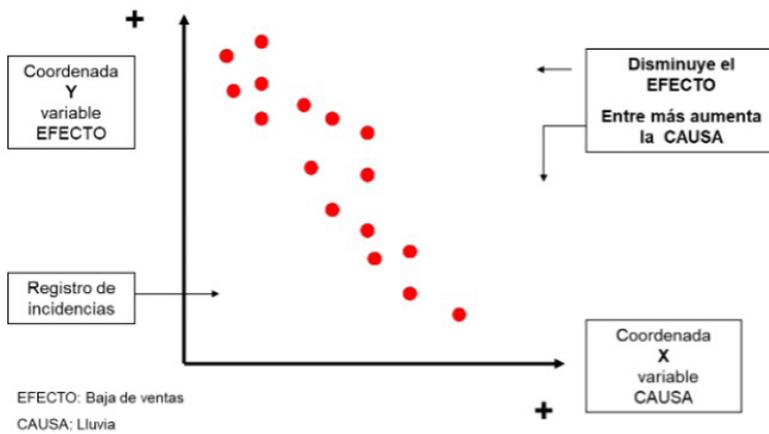


Figura 6. Formas del diagrama de dispersión correlación negativa
 Fuente: distintas formas de diagrama de dispersión de correlación negativa.

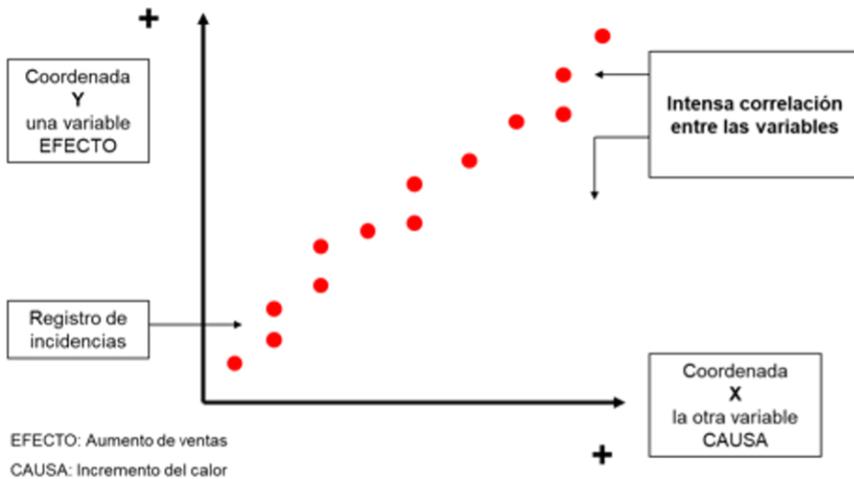


Figura 7. Formas del diagrama de dispersión correlación fuerte
 Fuente: diseño propio. Distintas formas de diagrama de dispersión de correlación fuerte.

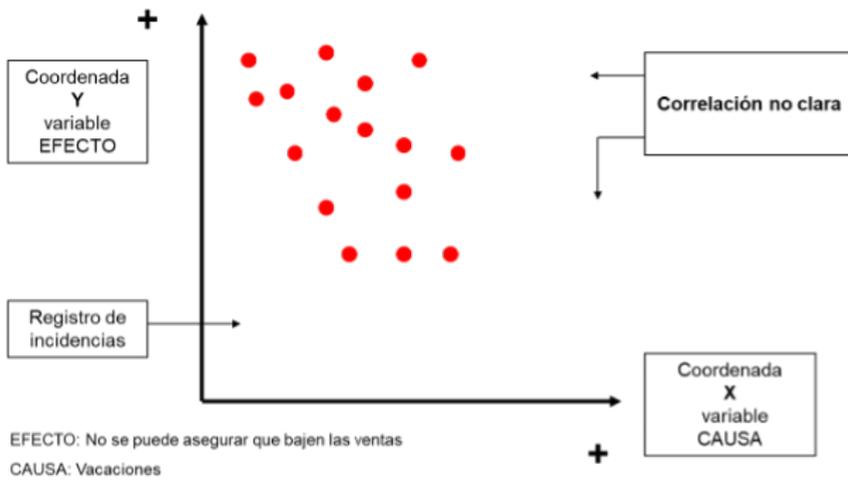


Figura 8. Formas del diagrama de dispersión correlación débil

Fuente: diseño propio. Distintas formas de diagrama de dispersión de correlación débil.

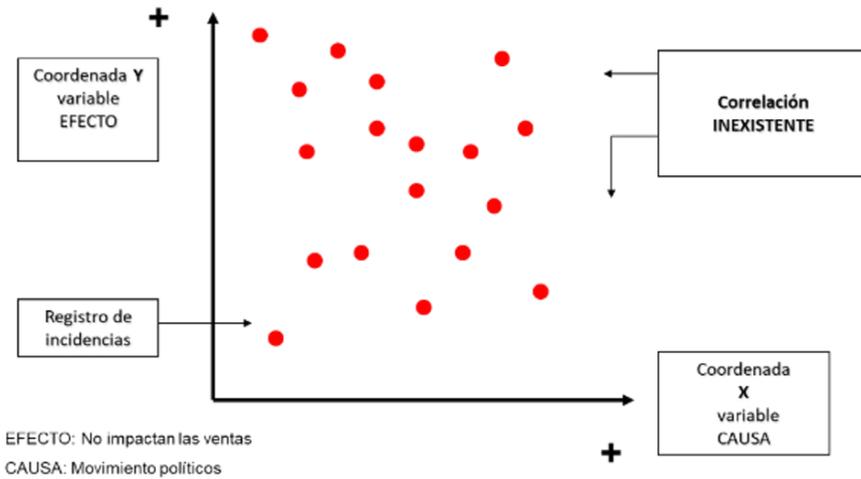


Figura 9. Formas del diagrama de dispersión correlación nula

Fuente: diseño propio. Distintas formas de diagrama de dispersión de correlación nula.

¿CÓMO SE ELABORA UN DIAGRAMA DE DISPERSIÓN?

El diagrama de dispersión cuenta con un proceso de cuatro pasos como se muestran en la Figura 10.

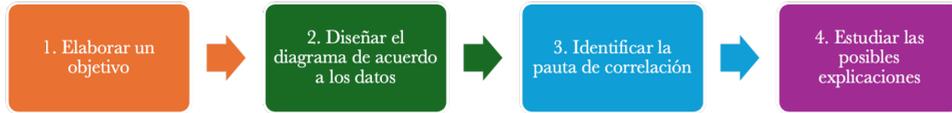


Figura 10. Pasos para construir un diagrama de dispersión

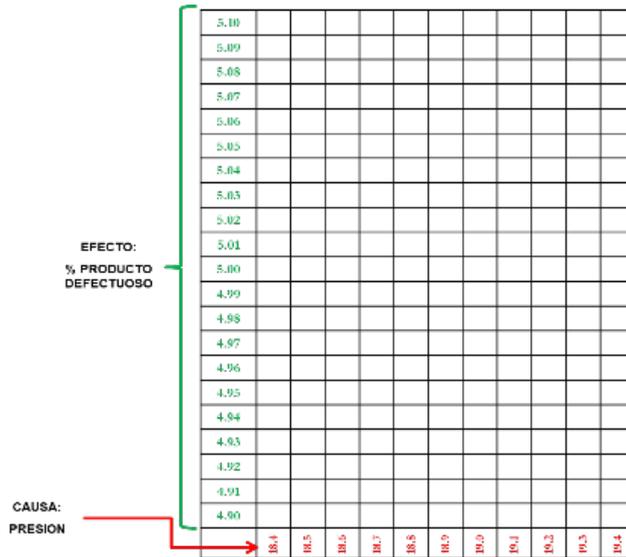
Fuente: Baca (2013).

Tabla 5. Ejemplo de un diagrama de dispersión

Fecha	% de producto defectuoso	Variable causal presión
1	4.91	18.6
2	4.95	18.8
3	4.90	18.4
4	5.02	19.2
5	4.98	19.0
6	5.10	19.4
7	4.99	19.2
8	4.91	18.5
9	5.07	19.2
10	5.03	19.3
11	4.93	18.9
12	5.06	19.3
13	5.07	19.3
14	4.96	19.0

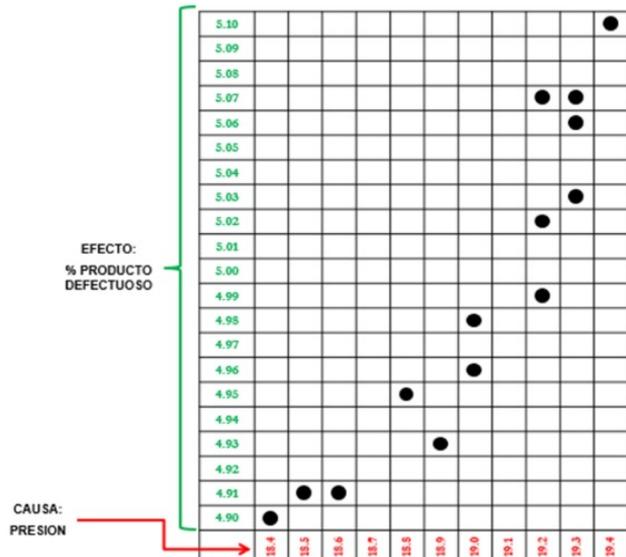
Fuente: datos de empresa automotriz.

Tabla 6. Análisis de los datos de un diagrama de dispersión causa-efecto



Fuente: diseño propio con datos de empresa automotriz.

Tabla 7. Análisis de los datos de un diagrama de dispersión causa-efecto



Fuente: datos de empresa automotriz.

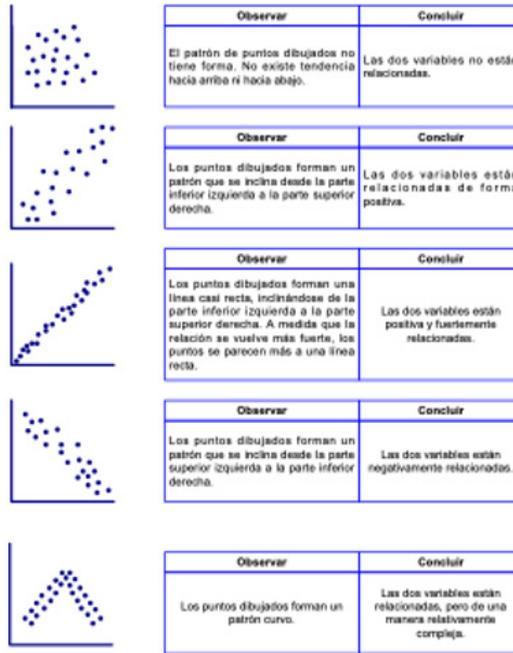


Figura 11. Diversas formas del diagrama de dispersión

Fuente: Baca (2013).

Tabla 8. Herramientas digitales para realizar un diagrama de dispersión

Aplicación	Descripción
https://www.planillaexcel.com/diagrama-de-pareto PlanillaExcel	Herramienta para crear diversas plantillas en <i>Excel</i> como diagramas de Pareto directamente desde el navegador <i>web</i> .
https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/excel 	Plantilla de cálculo para <i>Microsoft</i> , cuenta con diversas herramientas de gráficas, tablas.
https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/word 	<i>Word</i> se puede utilizar para crear un gráfico sencillo desde cero.

Fuente: elaboración propia.

LA IMPORTANCIA DE UN DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

Las pymes que deseen permanecer en el mercado deben ofrecer productos y servicios de calidad a sus clientes. Para monitorear el cumplimiento de los estándares de calidad, las empresas utilizan diversas herramientas para detectar incidentes. Uno de los más utilizados es el diagrama de dispersión, de puntos o de XY, cuyo objetivo es aplicarlo en los planes de Six Sigma. Todo negocio, empresario o profesionalista debe aplicar estrategias útiles para lograr procesos más eficientes y de calidad (Espinoza, 2021).

DEFINICIÓN DE HOJA DE REGISTRO / VERIFICACIÓN

Una hoja de verificación es una herramienta que recolecta y registra datos de manera clara para monitorear las actividades. Además, implica acciones y decisiones que involucran procesos, materiales, productos, lotes y capital humano.

ELABORACIÓN DE UNA HOJA DE VERIFICACIÓN

La hoja de verificación es una plantilla que contiene datos con información relevante sobre un proceso, por medio de información verídica y eficaz. La Norma ISO 9000:2015 7.5 (2022), en su inciso b, menciona que se debe incluir la información documentada necesaria para la eficacia del sistema de gestión de calidad establecido por la organización.

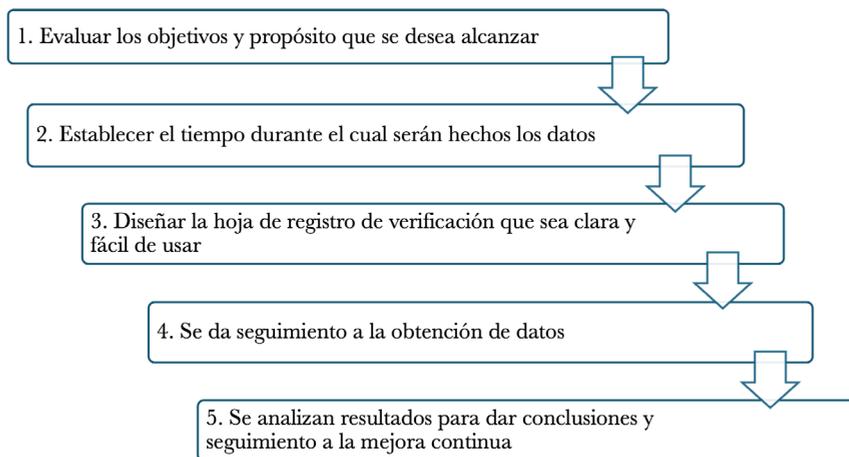


Figura 12. Proceso para elaborar una hoja de verificación

Fuente: proceso para elaborar una hoja de verificación.

Tabla 9. Ejemplo de hoja de registro/ verificación en una línea de producción

FECHA: Marzo 16 de Enero 2021		Núm.. 24	
PRODUCTO: Llenado de Bolsa de Cacahuete.		Nombre de quien levanta los datos: Gabriela Cervantes Zubirías	
No. PEDIDO: 28210		Turno: 1er	
PROCESO: Llenado.		Departamento: Producción Línea de Bosch	
ESPECIFICACIONES: A, B, C, D, E		Supervisor: Andrés Puente López	
No.	Resultado de Inspección.	Conteo	Total
1.	Defecto A	IIII IIII II	12
2.	Defecto B	IIIII I	6
3.	Defecto C	IIIII	5
4.	Defecto D	IIII IIII	10
5.	Defecto E	IIIII	5
6.	Otros:	IIIII	5
		Total rechazado:	43
		Total aprobado:	177
		% Rechazado:	19.5

Fuente: elaboración propia (Chillagana y Rodríguez, 2021)

Tabla 10. Herramientas digitales para elaborar una hoja de verificación

Aplicación	Descripción
<p>https://www.planillaexcel.com/diagrama-de-pareto</p> <p>PlanillaExcel</p>	Herramienta para crear diversas plantillas en <i>Excel</i> como diagramas de Pareto directamente desde el navegador <i>web</i> .
<p>https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/excel</p> 	Plantilla de cálculo para <i>Microsoft</i> para <i>Windows</i> , cuenta con diversas herramientas de gráficas, tablas.
<p>https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/word</p> 	<i>Word</i> se puede utilizar para crear un gráfico sencillo desde cero.

Aplicación	Descripción
https://www.libreoffice.org/discover/libreoffice/ 	Este incluye un procesador de texto, una hoja de cálculo y presentaciones y más. Está basado en web para editar en la nube.
https://www.google.com/sheets/about/	

Fuente: elaboración propia.

LA IMPORTANCIA DE LA LISTA DE REGISTRO / VERIFICACIÓN

Es importante asegurar la rastreabilidad de los datos mediante el llenado correcto y con información útil. Incluso, se puede implementar un instructivo para completar el registro. Para el seguimiento de los registros del proceso se recomienda establecer los controles requeridos para identificar el almacenamiento, la recuperación, vida útil y la disposición final. Las organizaciones exitosas implementan prácticas reactivas que aseguren operaciones más ordenadas de los procesos operativos (Diaz et al., 2021).

GRÁFICA DE CONTROL

Los gráficos de control se usan para:

- Controlar los procesos en curso identificando y corrigiendo los problemas a medida que ocurren
- Predecir el rango de resultados de un proceso
- Analizar patrones de cambio en el proceso debido a causas específicas.
- Monitorear mediante gráficas de control estadístico o SPC por sus siglas en inglés.
- Es una representación gráfica de alguna característica de un proceso, la cual nos muestra graficados los valores, estadísticamente reunidos, así como uno o dos límites de control.

Mendoza (2021) proporciona una guía en el planteamiento del problema del proceso mediante el gráfico de control del atributo P como herramienta de medición y recopilación de datos en campos de impresión *offset*, con apoyo del diagrama de Ishikawa y el de Pareto. En este ejemplo, se aprecian los costos de remanufactura de acuerdo con los indicadores de control.

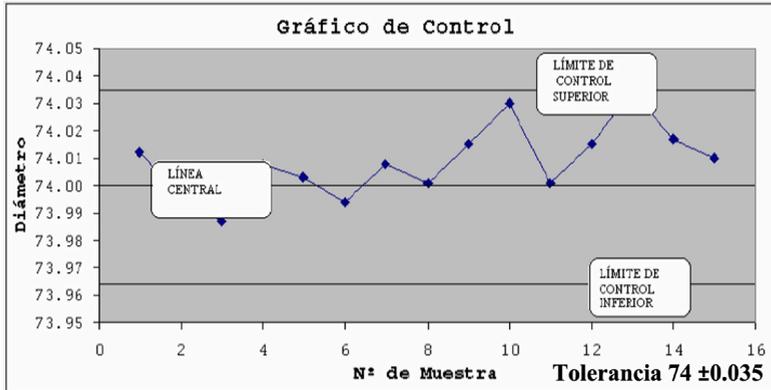


Figura 13. Ejemplo de una gráfica de control

Fuente: Baca (2013).

El proceso anterior está fuera de control, por lo que se procede a identificar cuál es la causa principal y trabajar en ello (SPC Consulting Group, s.f.) (Figura 13).

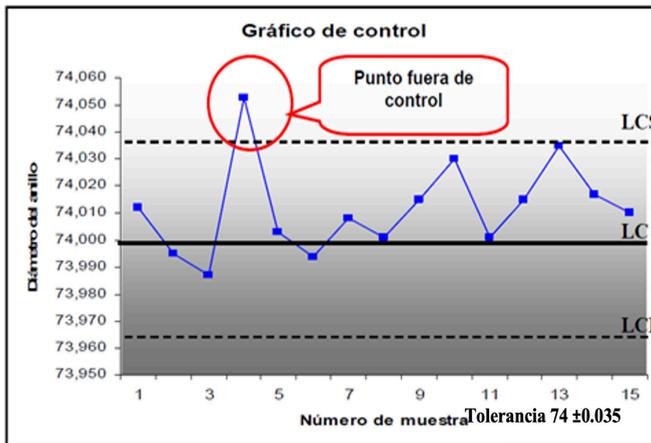


Figura 14. Ejemplo de una gráfica de control

Fuente: Baca (2013).

REALIZACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL

1. Es una herramienta estadística que mide el comportamiento de una variable de calidad en el tiempo.
2. Algunos autores indican que, si los límites de control se establecen tres veces más que la desviación estándar del proceso de la media, entonces el proceso opera fuera de este rango, por lo que es probable que haya

ocurrido algo extraño, por lo que, si la causa se encuentra a tiempo y se toman las medidas correctivas adecuadas, se pueden evitar los defectos de calidad.

3. Para saber en qué condiciones está operando un proceso, se deben muestrear y estimar periódicamente su media y su desviación estándar (Krithikah y Abdul-Rahman 2022).

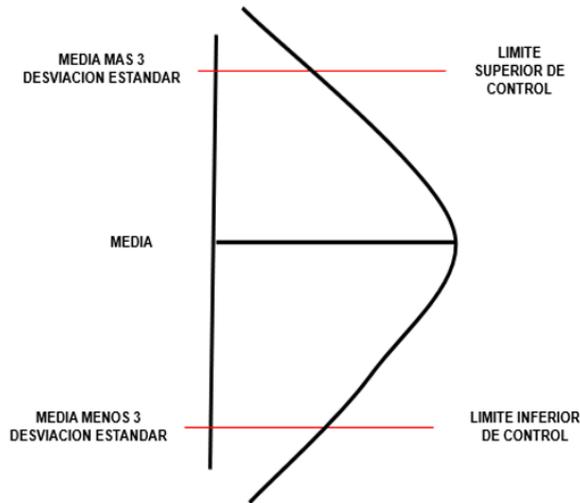


Figura 15. Esquema general de una gráfica de control

Fuente: Baca (2013).

Cabe destacar que hay cuatro usos de las gráficas de control (Hernández, 2017).

1. Sirven para monitorear un proceso y permiten averiguar si se encuentra en un estado de control estadístico o fuera de él.
2. La gráfica ayuda a detectar rápidamente las causas atribuibles de la situación, permitiendo tomar una medida correctiva antes de que se fabriquen productos malos. Sirve para estimar los parámetros (media, variación) del proceso. Si se conocen, será posible predecir el resultado y su variabilidad.
3. Las gráficas de control sirven para mejorar un proceso. Una vez que se encuentra en un estado de control estadístico, se toman las medidas tendientes a reducir su variabilidad. Al lograrlo, aumenta la calidad total del producto final, con lo cual se reduce el desperdicio y la reelaboración, acrecentando al mismo tiempo las utilidades.
4. Se busca detectar y prevenir a tiempo los problemas, mejorando el proceso.

Tabla 11. Herramientas Digitales para elaborar una gráfica de control

Aplicación	Descripción
<p>Reliable Six Sigma & SPC Excel Add-in https://www.qimacros.com/spc-software-for-excel/cpt/</p>  <p>https://www.spcforexcel.com</p> 	<p>Crea gráficos de control para SPC y es compatible con Office 365.</p> <p>El <i>software SPC Excel</i> ayuda a identificar las áreas problemáticas y gestionar los procesos y mejorarlos.</p>
<p>https://www.capterra.co/software/124790/spc-pc-iv-explorer</p> 	<p>Incluyen interfaz de medidor de serie con plantillas de entrada de datos personalizados para el control estadístico del proceso.</p>
<p>Minitab</p> 	<p>Herramienta estadística para realizar análisis de datos.</p>

Fuente: elaboración propia.

DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO

El diagrama de proceso de flujo se utiliza en el control de calidad para mostrar la secuencia de acción. Es útil para registrar operaciones y documentar la fase de producción. Hay tres clases: 1) de tipo humano que representan las acciones de la persona, 2) de tipo material que muestran las acciones con el producto u objeto material, 3) de tipo equipo que visualiza el uso de herramientas y equipos.

El conjunto de símbolos utilizados en los diagramas de proceso de flujo fue desarrollado por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME).

La ingeniería de proyectos se considera un eslabón que posibilita la fase de diseño, técnica única para la práctica de la física industrial. En otras palabras, es una actividad interdisciplinaria. Con el objetivo de optimizar la ejecución de proyectos industriales y la tecnología debe desarrollarse en el menor tiempo posible, al menor costo, con alta calidad y en las mejores condiciones, con un enfoque funcional (Manene, 2011).

ELABORACIÓN Y EJEMPLOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO

Su correcta construcción depende del tipo de diagrama; su elaboración debe tener en cuenta un principio y un final, de arriba hacia abajo, con flechas que indiquen la dirección. No deben quedar líneas sin conectar y debe ser entendible, sin textos extensos (Figura 16).

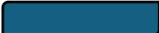
Símbolos	Descripción
	Línea de flujo
	Inicio / fin
	Etapas del proceso o inspección
	Decisiones
	Entrada /salidas
	Documento
	Preparación

Figura 16. Esquema general de una gráfica de control

Fuente: Herrera, A. (2020).

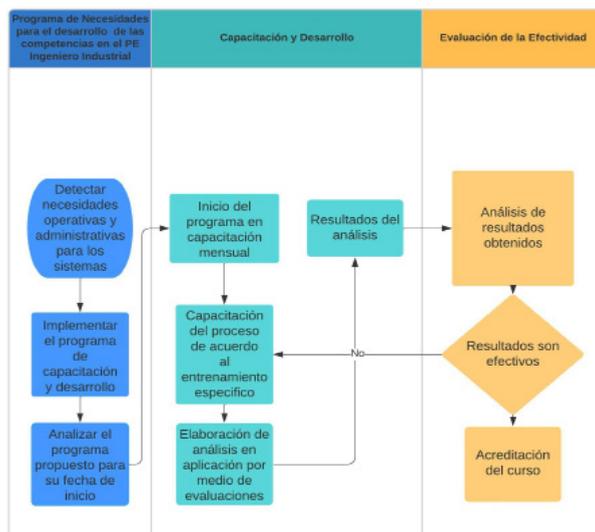


Figura 17. Ejemplo del diagrama de flujo de programa de necesidades para desarrollo de competencias en ingeniería industrial

Fuente: elaboración propia.

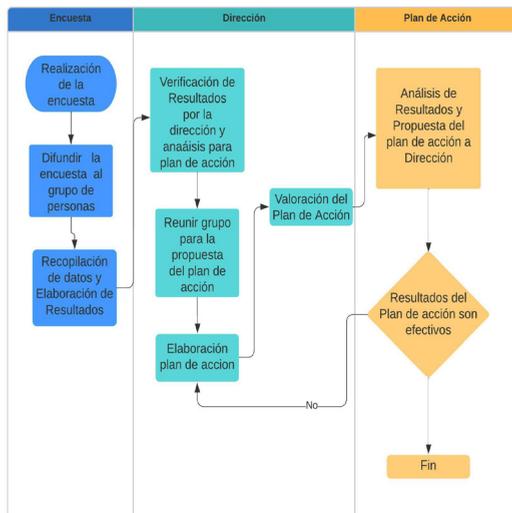


Figura 18. Ejemplo del diagrama de flujo de programa de aplicación de encuesta para análisis de datos para toma de decisiones
Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Herramientas digitales para realizar un diagrama de flujo

Aplicación	Descripción
https://creately.com/register/ 	Esta página <i>web</i> ofrece una diversidad de plantillas con el diseño original y coloridos que puede ser editada, hará que el proceso sea mucho más rápido tiene muchos tipos de diagramas, diferentes temas y estilos
Edraw https://www.edrawmax.com/ 	Esta página <i>web</i> tiene símbolos, formas y elementos distintos es una herramienta fácil de usar
https://www.zenflowchart.com/flowchart/ 	Esta página <i>web</i> es gratis y resalta porque por su facilidad de uso todo lo que se necesita para el diagrama lo tiene puedes estar checando diseños o cambiándole los colores o darle el estilo que tú quieras y tiene una ventaja se puede guardar como <i>png</i> o como un documento en vivo.
https://www.smartdraw.com/ 	Es un recurso de diagramas de flujo que incluye diversas formas y elementos.
https://www.lucidchart.com/pages/es 	

Aplicación	Descripción
Diagrams.net 	Esta página <i>web</i> que permite realizar un diagrama de flujo con diferentes propósitos y está dividido en nivel básico y avanzado.
https://www.canva.com/es_419/ 	Esta herramienta permite realizar análisis por medio de plantillas prediseñadas y con herramientas interactivas. Solo se le requiere crear una cuenta y así editar las plantillas.

Fuente: Rehan (2021).

IMPORTANCIA E IMPACTO

El diagrama de flujo permite representar visualmente los datos por medio de símbolos. Se puede implementar en organizaciones pequeñas o grandes; negocios y *marketing*. Por ejemplo, Sosa (2021) realizó mejoras de ingeniería a través de un proceso sistemático en donde se analizaron los procedimientos relacionados con la industria 4.0, por medio de diagramas de flujo aplicados a la ingeniería. Además, se pueden realizar análisis para determinar sinergias entre procesos e identificar las relaciones que existen en la técnica, con resultados satisfactorios respecto de los análisis tradicionales.

HISTOGRAMA

Es un gráfico que muestra el número de veces que se repite cada resultado durante una medición continua. Al aplicar un histograma como análisis inicial de todas las adquisiciones de datos que correspondan a variables continuas, dependiendo de cómo se use, hay varias ventajas. Las empresas y comunidades las utilizan para los siguientes propósitos:

- Su estructura ayuda a comprender la tendencia central, la varianza y la frecuencia relativa de varios valores.
- Cuando existe una gran cantidad de datos puede ver su distribución fácil y clara.
- Esta es una forma efectiva de transmitir información sobre un proceso de una manera precisa y fácil de entender.
- Tomar decisiones en base a la representación de los datos.
- Muestra información de interés general. Por eso el control de calidad lo difunde.
- Análisis de desempeño de procesos.

- Evidencia cambios antes y después de la intervención (preintervención y postintervención). Puede ver que el proceso de distribución normal es óptimo porque los datos están centralizados y todo está dentro de los límites de la especificación.

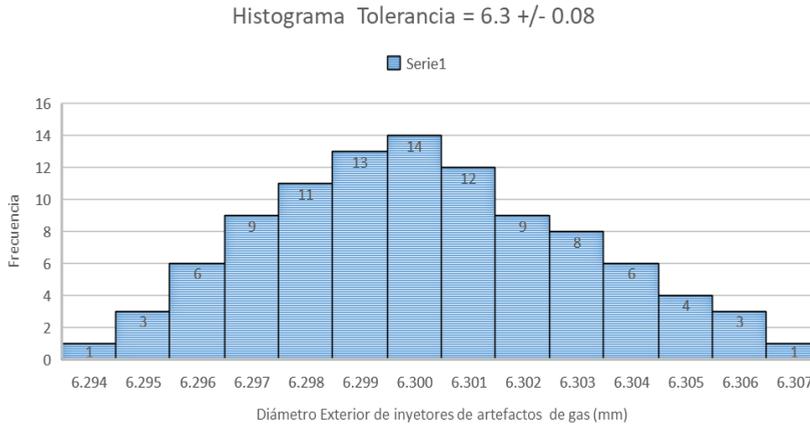


Figura 19. Ejemplo de histograma

Fuente: elaboración propia (Gómez, 2022)

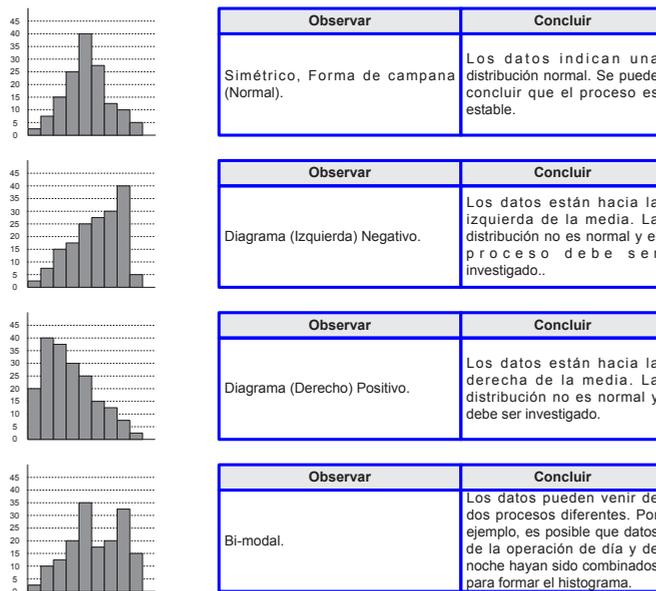


Figura 20. Ejemplo de histograma

Fuente: Gómez (2022).

ELABORACIÓN DE UN HISTOGRAMA

Se marcan los intervalos de clase en el eje X y las frecuencias en el eje Y.

1. Las escalas para ambos ejes deben ser las mismas.
2. Los intervalos de clase deben ser exclusivos.
3. Dibuja rectángulos con bases como intervalos de clase y las frecuencias correspondientes como alturas.
4. Se construye un rectángulo en cada intervalo de clase, ya que los límites de clase están marcados en el eje horizontal y las frecuencias se indican en el eje vertical.
5. El propósito de la altura del rectángulo es la frecuencia de clase que equivale a que los intervalos sean iguales.
6. El área de cada rectángulo individual es proporcional a la frecuencia de clase correspondiente si los intervalos son desiguales.

Aunque los histogramas parecen similares a los gráficos, existe una ligera diferencia entre ellos. El histograma no incluye espacios entre las dos barras sucesivas. El gráfico se utiliza en determinadas condiciones:

- Los datos deben ser numéricos.
- Se usa un histograma para verificar la forma de la distribución de datos.
- Se utiliza para comprobar si el proceso cambia de un período a otro.
- Se usa para determinar si la salida es diferente cuando involucra dos o más procesos.
- Se utiliza para analizar si el proceso dado cumple con los requisitos del cliente.

El histograma se puede clasificar según la distribución de frecuencia de los datos. Hay diferentes tipos: normal, sesgada, bimodal, multimodal. El histograma también puede representar diversas formas de distribuciones: uniforme, simétrico, bimodal, de probabilidad (Greelane, 2019).

HERRAMIENTAS DIGITALES PARA ELABORAR UN HISTOGRAMA

Algunas herramientas que permiten elaborar un histograma son: *Excel*, *Word* y *Minitab*.

IMPORTANCIA E IMPACTO

A continuación, se muestran algunas aplicaciones prácticas: establecer metas u objetivos, mostrar la capacidad del proceso, estratificar los datos, confirmar y comparar los resultados.

Una distribución de frecuencia o histograma es una representación gráfica de un conjunto de datos. El rango se divide en intervalos de clase, o contenedores, y se almacenan los recuentos de los valores individuales que se encuentran en cada uno. Gráficamente consiste en una serie de rectángulos cuyos anchos están determinados por los límites de cada intervalo de clase y cuyas respectivas alturas dependen del número de valores en cada bin. Los histogramas pueden revelar ciertas características de un conjunto de datos, como la ubicación, la dispersión, la simetría, y son una forma útil de identificar patrones multimodales (Hernández, 2010).

REFERENCIAS

- ILibrary. (2022, 15 de abril). *Meta Resultante 2 Factores Clave*. <https://library.co/article/resultante-factores-clave-an%C3%A1lisis-factores-destrezas-unidades-unitarias.qoooke7q>
- Academia EDU. (2022, 25 de abril). *Norma Internacional ISO*. https://www.academia.edu/30833782/NORMA_INTERNACIONAL_Traducci%C3%B3n_oficial_Oficial_translat%C3%ADon_Traduction_officielle
- Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI). (2010). *Ingeniería México 2030*. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. https://www.anfei.mx/site/wp-content/uploads/2019/04/Libro_Ing_Mex_2030.pdf
- Baca, G. (2013). *Introducción a la Ingeniería*. Editorial Patria.
- Betancourt, D. F. (2016, 12 de julio). *El diagrama de Pareto: Qué es y cómo se construye*. Ingenio Empresa. <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto/>
- _____. (2016, 04 de agosto). *Cómo hacer un gráfico de control: Ejemplo resuelto en calidad*. Ingenio Empresa. <https://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control/>
- Bonet, C. M. (2004). Ley de pareto aplicada a la fiabilidad. *12 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, 1*(2004), 1-9.
- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., y Rocha, M. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *Revista digital Tambara, 2*(14), 1213-1230.
- Cárdenas, F. (2021, 01 de julio). *5 porqués (5 whys): qué es, metodología y ejemplos*. HubSpot. <https://blog.hubspot.es/sales/5-porques>
- Chillagana Valverde, E. y Rodríguez Chunez, M. J. (2021). *Control estadístico de calidad en la producción de algodón hidrófilo en la empresa Carlos Alvarez Saa S. A.* (Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador). Repositorio Institucional UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/fd5ccb2a-c0b2-46da-8f9f-3fafe29249b7>
- Cruz, A. (2020, 17 de julio). *10 pasos del análisis de modo y efecto de la falla FMEA*. Gemba Academy. <https://www.gembaacademy.com/es/blog/2020/07/17/10-pasos-del-analisis-de-modo-y-efecto-de-la-falla-fimea>
- Embutidos Rodriguez. (2021, 18 de agosto). *Metodología de las 5S: La importancia en la mejora continua*. <https://embutidosrodriguez.es/metodologia-5s/#:~:text=El%20principio%20de%20las%205S,importante%20ahorro%20en%20el%20coste>.
- Espinoza, L., Rodríguez, F. y Huaco, A. (2021). *Implementación de las herramientas de la calidad en el proceso de empaque de la Asociación de pequeños agricultores y ganaderos del Algarrobal para disminuir el descarte de banano orgánico* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Red de Repositorios Latinoamericanos. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4756515?show=full>

- Gómez, A. (2022, 10 de febrero). *Histograma: herramienta para el control de procesos*. Asesor de Calidad. <http://asesordecalidad.blogspot.com/2017/04/histograma-herramienta-para-el-control.html#.YgTkXt9ByUl>
- Greelane. (2019, 20 de enero). *Haz un Histograma en 7 sencillos pasos*. <https://www.greelane.com/es/ciencia-tecnolog%C3%ada-matem%C3%aIticas/mates/how-to-make-a-histogram-3126230/>
- Hernández, G. (22 de mayo, 2017). El gráfico o diagrama de control. *Aprendiendo calidad y ADR*. <https://aprendiendocalidadyadr.com/grafico-o-diagrama-de-control/>
- Herrera, A. (2020). *Diagramas de flujo*. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2020/05/DIAGRAMAS-DE-FLUJO.pdf>
- Ishikawa, K. (1986). *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad Japonesa*. Norma.
- ISO 9000:2015. (06 de Mayo de 2022). *Norma Internacional ISO 9000*. Norma Internacional ISO 9000. <http://www.utsoe.edu.mx/sgca/documentos/REQUISITOS%20LEGALES/ISO/ISO%209000/51%20ISO%209000-2015.pdf>
- ISOTools. (2018, 21 de agosto). *¿Cuál es la importancia de los checklist en una empresa?* <https://www.isotools.org/2018/08/21/importancia-de-checklist-en-una-empresa/>
- Krithikah, D. y Abdul-Rahman, A. (2022). Robustification of shewhart control chart by median based estimators: a study on Malaysia stock data. *JQMA*, 18(1), 13-26. <https://www.ukm.my/jqma/wp-content/uploads/2022/03/Paper-2-Ayu.pdf>
- Kume, H. (2002). *Herramientas Estadísticas Básicas Para el Mejoramiento de la Calidad*. Norma .
- Lopez, C. (2018). *Aplicacion de metodologias de produccion en diversos campos industriales y su adaptacion al sector de la construccion de edificaciones* [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio UNIANDÉS <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/34896/u820755.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Luna, A. (2021, 01 de abril). *La industria en Reynosa es una industria fuerte*. México Industry. <https://mexicoindustry.com/noticia/la-industria-en-reynosa-es-una-industria-fuerte>
- Manene L. (28 de julio de 2011). Los diagramas de flujo: su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones. *Wordpress*. <https://luismiguelmanene.wordpress.com/2011/07/28/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-elaboracion-fases-reglas-y-ejemplos-de-aplicaciones/>
- Medina, G. (2021, 22 de mayo). *Metodología de las 8D para la resolución de problemas ¿La conoces?* Lean Construction México. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/metodolog%C3%ADA-de-las-8d-para-la-resoluci%C3%B3n-de-problemas-la-conoces>
- Mendoza, J. (2021). *Propuesta de mejora de procesos de impresión offset en industria gráfica basados en la Metodología Six Sigma* [Tesis de doctorado, Universidad de Guayaquil]. UG Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56632/1/JAIME%20MENDOZA%20JAEI%20BETHSABE.pdf>

- Munch, L. (2005). *Calidad y mejora continua. Principios para la competitividad y la productividad*. Trillas.
- Neira, B. y Santelices, M. (2022). Análisis de la Venta Perdida de Repuestos en una Sucursal de Post Venta en la Industria de Transporte. *Journal of Engineering Research*, 2(1), 2-10. DOI: 10.22533/at.ed.317212210017
- Pérez, J. F. (2019, 19 de diciembre). *Claves y consejos para implementar la Metodología 5S*. Lean Construction México. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/claves-y-consejos-para-implementar-la-metodolog%C3%ADa-5s>
- _____. (2020, 28 de septiembre). *AMFE (análisis modal de fallos y efectos): herramienta de planificación de producción*. Lean Construction México. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/amfe-an%C3%A1lisis-modal-de-fallos-y-efectos-herramienta-de-planificaci%C3%B3n-de-producci%C3%B3n>
- Pensa, G. (s. f.). *Diagrama de flujo de proceso (flujograma de proceso): qué es y cómo hacerlo en 5 pasos*. Atlas Consultora. <https://www.atlasconsultora.com/diagrama-de-flujo-de-proceso-que-es-y-como-hacerlo/>
- Piqueras, C. (2014, 29 de enero). *5s aplicado a tu vida. Lean Manufacturing*. Cesar Piqueras High Performance. <https://www.cesarpiqueras.com/5s-aplicado-tu-vida-lean-manufacturing/>
- Pons, J. F. (2017). *Metodología de las 5S*. Juan Felipe Pons Lean Management. <http://www.juanfelipepons.com/metodologia-de-las-5s/#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20de%20las%205S,y%20un%20mejor%20entorno%20laboral>
- Progressa Lean. (2015, 24 de febrero). *5 Porqués, Análisis de la causa raíz de los problemas*. <https://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/>
- Quiroa, M. (2020, 01 de octubre). *Ciclo de Deming*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/ciclo-de-deming.html>
- Rehan, A. (2021, 27 de marzo). *Los mejores diagramas de flujo para visualizar ideas y procesos*. Geekflare. <https://geekflare.com/es/create-flowchart/>
- Renault, V. (17 de Octubre de 2021). *Sección 14. Análisis FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas*. Caja de herramientas comunitarias. <https://ctb.ku.edu/es/tabla-de-contenidos/valoracion/valorar-las-necesidades-y-recursos-comunitarios/FODA-analisis/principal>
- Roy-García, I., Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M. y Palacios-Cruz, L. (2019). Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Revista alergia México*, 66(3), 354-360. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.651>
- Sanchez, J. (2008, 20 de abril). *Cómo construir un diagrama de Pareto en Excel*. http://gestioncalidad.com/wp-content/uploads/2016/09/Construir_el_Diagrama_de_Pareto_en_Excel.pdf

- Sandholm, L. (1995). *Control de la Calidad Total*. Trillas.
- Sinek, S. (2022, 15 de abril). *Comunicación Efectiva* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=-rxKc8Uoma8>
- Sosa, J. V. (2021). Diagrama de flujo funcional en el análisis de la industria 4.0 centrado en una celda de manufactura para un caso de estudio. *Investigación y Ciencia Aplicada a la ingeniería*, 4(28), 50-55.
- Steemit. (Junio de 2017). *Las 7 Herramientas de Calidad. (#3 Histograma)*. <https://steemit.com/spanish/@adiazrojas13/las-7-herramientas-de-calidad-3-histograma>
- UAMRA. (s.f.). *Programas Académicos Oferta Educativa Ingeniero Industrial*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. <https://uamra.uat.edu.mx/oferta-ingeniero-industrial-introduccion>: <https://uamra.uat.edu.mx/oferta-ingeniero-industrial-introduccion>
- UNADE. (2021, 24 de agosto). *¿Cómo hacer un Ciclo de Deming?* <https://unade.edu.mx/ciclo-de-deming/>

CAPÍTULO 2.

Metodologías de resolución de problemas

Mario Alberto Morales Rodríguez
Gabriela Cervantes Zubirías
Martha Elia García Reboloso
Carlos Edén Garza Mendiola
Priscilla Viridiana Hernández Rodríguez

Los defectos son considerados como desperdicios en los sistemas de manufactura que afectan negativamente los tiempos de entrega, costo y calidad de los productos. Esto lleva a enfrentar una situación crítica con los clientes y a no cumplir con la norma para la aceptabilidad de los productos o componentes electrónicos (Realyvásquez-Vargas et al., 2018).

En el marco internacional, desde Japón hasta América Latina, las empresas formadas en su plan estratégico y anual unen su objetivo de mejora de calidad y productividad continua para lograr un excelente nivel de competencia en este mundo tan globalizado.

Japón se ha convertido en un referente de casos de estudios, desde principios de los años ochenta hasta la aparición de nuevos modelos de gestión de proyectos, siempre hacia una cultura de calidad y compromiso en todos los niveles de gestión y operación con la completa satisfacción del cliente. Hablar de los productos japoneses es sinónimo de calidad, y además, es una de las economías más fuertes del mundo. La gestión organizacional es una de las funciones más importantes, actualmente se encuentra en las declaraciones de la visión y misión de una empresa, y tiene que ver con la rentabilidad y productividad.

El control de calidad total para el éxito industrial japonés es logrado a través de la formación continua de todos los trabajadores. Se requiere fomentar ciertas características en los administradores, gerentes y empleados: constancia, dedicación,

organización y precisión para lograr sus objetivos. Anteponer las técnicas japonesas ofrece una gran oportunidad para buenas prácticas en administración, con la intención de mejorar la calidad y productividad en las industrias latinoamericanas.

Actualmente, las empresas buscan ingresar al mercado y permanecer de manera indefinida. Sin embargo, para funcionar con eficacia necesitan un enfoque estratégico que contribuya a su crecimiento. El concepto 5S se enfoca en mejorar las operaciones, la calidad, el ambiente de trabajo y la seguridad en la que se asienta, sin comprometer los altos costos de implementación (Sánchez et al., 2015).

Cuando se monitorean las actividades y el entorno, las posibilidades de progreso son infinitas. Una cultura de mejora continua incluye la adopción diaria para hacer el trabajo más ameno, seguro y eficiente. Superar las expectativas del cliente es un requisito del mundo empresarial actual. Las diferentes metodologías de mejora continua ayudan a lograr este objetivo (Kurmi y Baghel, 2022).

Recientemente, los altos directivos de varias organizaciones, con el fin de reducir la pérdida de tiempo y costos, así como ampliar la eficiencia, prestaron atención a la calidad de los componentes y los procedimientos de su organización. Los sistemas de información tampoco son una excepción a estas reglas. Para mejorar la productividad, aumentar la satisfacción de los usuarios y acrecentar la agilidad de los componentes, es necesario considerar la calidad en las diferentes etapas del diseño de la base de datos, la ejecución del marco diseñado y las entradas de datos (Ershadi et al., 2018).

METODOLOGÍAS 5S

Las 5S conceden al equipo mejoras tangibles (mayor productividad, mejor calidad y seguridad) e intangibles (liderazgo, toma de la responsabilidad, iniciativa, talento y gestión de la fuerza general del grupo). Su función permite cambiar el estado actual a uno óptimo, con el fin de mudar hacia una cultura de excelencia, con una visión a largo plazo en donde todos intervienen en su diseño e implementación, especialmente los niveles de la dirección y las operaciones.

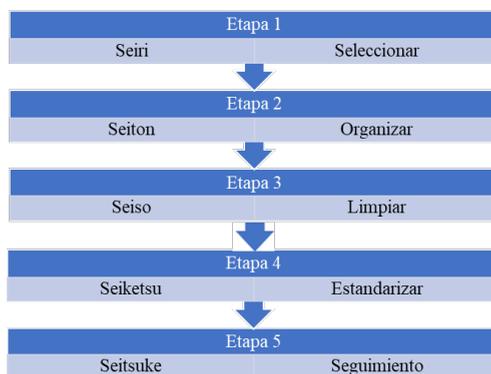
El enfoque de esta metodología nos permite crear mejoras continuas, las cuales contribuyen al desarrollo eficiente de la organización, y permiten lograr áreas de trabajo más efectivas, producir con mayor calidad y crear un ambiente más seguro para los empleados. Al implementar el enfoque 5S en el área de trabajo, se busca mejorar la salud, comodidad, seguridad, orden e imagen de los empleados (Piñero et al., 2018).

Este método fue desarrollado por Hiroyuki Hirano y es uno de los componentes básicos de cualquier sistema de mejora. Las buenas actividades de optimización son aquellas que comienzan con esta metodología, estandarizando el

orden y los hábitos de limpieza. Cada una de las cinco etapas sirve como base para la siguiente. Su implementación no requiere ninguna habilidad o experiencia, solo la disciplina y el autocontrol organizacional, el cual es la base para sistemas más complejos con mejor tecnología e inversión (Socconini, 2019).

Las herramientas Lean son un paso importante hacia la mejora de los procesos que otorgan calidad a la empresa. Sin embargo, también son fundamentales la cultura y las costumbres. Por ello, el desarrollo de la buena disciplina e higiene establecen una base más consistente y valiosa para construir y aplicar las herramientas.

Tabla 1. Etapas de las 5S



Fuente: elaboración propia.

Seiri (seleccionar): revisar todas las herramientas, materiales, equipo y maquinaria en el área de trabajo para determinar qué es lo que debe estar presente y qué artículos deben ser removidos.

Seiton (organizar): determinar cuál orden de las cosas es el más lógico, tanto en las actividades como en su frecuencia.

Seiso (limpiar): no habla solo de eliminar la suciedad en el área de trabajo, de las herramientas o la maquinaria, sino también sobre su mantenimiento. De esta manera, hay menos tiempo muerto y no hay pérdidas.

Seiketsu (estandarizar): este paso evita que todo vuelva al estado anterior. Lo que previamente se realizó se debe convertir en un hábito, estandarizando dichas actividades y convirtiéndolas en rutina, ya sea mediante instrucciones o ejecución constante.

Seitsuke (seguimiento): las empresas deben seguir manteniendo estos procedimientos y actualizarlos cuando sea necesario, con la finalidad de que sigan

funcionando y que toda la organización participe. Esto es, que las 5s formen parte de la cultura organizacional de la empresa.

Esta herramienta opera para que la labor sea más eficiente, efectiva y segura. Además, se enfoca en poner todo donde debe estar y tener el espacio de trabajo limpio, sin desperdiciar tiempo o generar accidentes. Su introducción a la empresa ha tenido buenos resultados, especialmente con ganancias significativas de productividad y tiempos de entrega más cortos.

De acuerdo con Socconini (2019), al implementarla se busca garantizar que la organización esté impecable en todo momento, ganando la confianza de los clientes y los visitantes. Así, la relación se fortalece, lo que aumenta las oportunidades de negocio. A continuación, se muestra en la Tabla 2, un ejemplo de auditoría de las 5S que se puede realizar en una empresa de sector industrial.

Tabla 2. Ejemplo de aplicación de la metodología de las 5S

Auditoría 5's							SI = 1 No = 0 NA = SI	Fecha de acción correctiva
		Fecha:	al					
		Area Auditada:						
		Estacion:						
		Auditor:						
		Puntos:						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Observaciones	
Clasificación (Organización)	1. Estaciones de trabajo libres de equipo, herramientas y material innecesarios.	<input type="checkbox"/>						
	2. Estaciones de trabajo y LMS (Plaqueon), libres de documentos innecesarios.	<input type="checkbox"/>						
	3. Pasillos están libres de objetos que obstruyen el paso.	<input type="checkbox"/>						
Orden (Disciplina)	Cada objeto en su lugar							
	4. Areas asignadas, para cada producto, rack, herramienta y material no conforme.	<input type="checkbox"/>						
	5. Areas delimitadas para cada producto, rack, herramienta y material no conforme.	<input type="checkbox"/>						
	6. Areas identificadas para cada producto, rack, herramienta y material no conforme.	<input type="checkbox"/>						
	7. Objetos o productos se encuentran en su lugar asignado.	<input type="checkbox"/>						
	8. Límites de altura (12"mín - 60" máx) y cantidad (no sobrepasar altura de rack o capacidad del centro o conexión) están bajo los límites permitidos.	<input type="checkbox"/>						
Limpieza	Limpieza e Higiene, siempre buscando áreas limpias							
	9. Estaciones de trabajo libres de polvo, basura, aceite y/o grasa.	<input type="checkbox"/>						
	10. Material y equipo de limpieza se localizan fácilmente en el área.	<input type="checkbox"/>						
Estandarización (Señalar Anomalías)	11. Pasillos y estaciones, están en condiciones aceptables a la vista. (Piso limpio, identificaciones y cintas limpias en buen estado)	<input type="checkbox"/>						
	Mantener y Monitorear las primeras tres S							
	12. Se conocen y están presentes las reglas documentadas para Clasificar, Ordenar y Limpiar.	<input type="checkbox"/>						
	13. Check-lists presentes para trabajos de limpieza y mantenimiento de equipos (TPM/CBM Cards)	<input type="checkbox"/>						
	14. JSA se encuentran en la estación de trabajo actualizado y firmado por el personal que realiza la operación.	<input type="checkbox"/>						
Mantenimiento (Disciplina)	15. Las herramientas y documentos de trabajo son localizados en 30 segundos?	<input type="checkbox"/>						
	Seguir las reglas							
	16. Todos los trabajadores entienden sus responsabilidades en la metodología 5S (Entrenamiento)	<input type="checkbox"/>						
	17. Check-lists semanales se encuentran presentes completos y en el LMS.	<input type="checkbox"/>						
	18. Los resultados de las auditorías 5S, en forma de presencia) y las acciones correctivas están presentes en el LMS y son evidentes?	<input type="checkbox"/>						
	19. Instrucciones y ayudas están disponibles en las estaciones y están actualizados (SIW, JBS)	<input type="checkbox"/>						
20. Todos los artículos personales son almacenados adecuadamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Fuente: elaboración propia.

En este ejemplo, se busca optimizar la producción y reducir los tiempos de cambio. También es útil cuando se quiere implementar nuevos sistemas de gestión como ISO 9000, Control Estadístico de Procesos, Six Sigma o Lean Manufacturing, que dependen en gran medida de la calidad de las personas involucradas. Se puede aplicar en áreas como almacenes, áreas de producción, áreas de uso común, oficinas, talleres, vehículos, portafolios y en el hogar.

Cabe destacar los siguientes criterios para la mejora de la organización:

- Hacer un mejor uso de los recursos y el tiempo
- Hacer claras las irregularidades y problemáticas
- Disfrutar de un entorno de trabajo más seguro y agradable
- Mejorar la capacidad para producir más y mejores productos
- Conseguir un lugar de confianza para los clientes
- Reducir las pérdidas por mala calidad
- Mejorar el tiempo de respuesta
- Aumentar la productividad
- Acrecentar la calidad
- Enriquecer la seguridad laboral
- Mejorar el sentido de pertenencia de los empleados
- Buscar un ambiente laboral más armónico
- Estandarizar las operaciones, estaciones, métodos, etcétera
- Para hacer uso de elementos de control visual
- Establecer el sistema de gestión de la calidad ISO-9000

IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5S

El objetivo principal es eliminar los “desperdicios” y aumentar la productividad en las empresas industriales y de servicios. Todo esto se traduce en menores costos. Se requiere una implementación inicial, con las tres primeras etapas aceptadas y tarda de un mes a seis meses, por lo que el proceso tiene un comienzo, pero nunca termina (Socconini, 2019).

Tabla 3. Tiempos de implementación 5S

Etapa	Tiempo
Etapa 0. Planificación	Un mes
Etapa 1. Selección	Un mes
Etapa 2. Organización	Un mes
Etapa 3. Limpieza	Un mes

Etapa	Tiempo
Etapa 4. Estandarización	Un mes
Etapa 5. Seguimiento	Proceso nunca acaba

Fuente: elaboración propia.

Un sistema de gestión de calidad implica planificar, controlar y mejorar los elementos de la organización que coadyuvan con el comportamiento de la demanda del cliente y su satisfacción. Se inicia con la detección de un problema, para seguir con la corrección preventiva, determinación de la causa raíz, planteamiento de las acciones correctivas, implementación y evaluación. Si no se concluye cuál es la causa raíz verdadera, las acciones correctivas no serán efectivas. Los problemas volverán en un ciclo reiterativo (Martín y Rodríguez, 2019).

Los estándares internacionales recomiendan herramientas para la mejora continua, tales como políticas y objetivos de calidad, resultados de auditoría o acciones correctivas (Cortes, 2017).

Tabla 4. Pasos para implementar acción correctiva

1. Reunir a los líderes de todos los procesos
2. Analizar la causa raíz utilizando la herramienta adecuada
3. Dar un seguimiento oportuno de las acciones correctivas planificadas
4. Dar un tiempo suficiente para evaluar la eficacia de las medidas tomadas
5. Conservar un acta, incluyendo anexos

Fuente: elaboración propia.

Existen diferentes herramientas básicas para la determinación de acciones correctivas para causas raíz. Las herramientas más utilizadas son la lluvias de ideas, diagrama de causa-efecto y la metodología 5 *por qué*.

METODOLOGÍA DE LOS 5 POR QUÉ

El objetivo principal de este método es encontrar la causa de un defecto o problema usando repetidamente la pregunta detonadora ‘¿por qué?’. Cualquier pregunta formará la base y el fundamento de la siguiente pregunta. Con base en la experiencia y los estudios de campo, los profesionales de calidad llegan al número 5 por repetir el proceso de cuestionamiento. Por lo general, en el proceso de creación de un producto, las especificaciones, la producción y el control se oponen unas con otras; esto se puede resolver mediante control de procesos, para averiguar su verdadera causa (Ershadi et al., 2018).

En ocasiones, la fabricación de productos defectuosos forma parte del ambiente industrial. Sin embargo, los defectos pueden ser evitados, por medio de una nueva mentalidad corporativa, basada en la calidad, el trabajo en equipo y herramientas eficientes. Es decir, algo que no encaja, es una oportunidad para mejora. Este método, basado en realizar cinco preguntas para detectar un problema particular, es una excelente manera de lidiar con un Análisis de Causa Raíz (RCA) (Ovalles et al., 2017). Esta técnica se utiliza mayormente cuando surgen problemáticas internas, con clientes o proveedores. Por ejemplo, véase este esquema:

Situación:
 P1 - ¿Por qué _____ ?
 R1 - Porque _____
 A1- _____ Temporalmente correctiva
 P2 - ¿Por qué _____ ?
 R2 - Porque _____
 A2 - _____ Correctiva parcialmente
 P3 - ¿Por qué _____ ?
 R3 - Porque _____
 A3 - _____ Totalmente correctiva
 P4 - ¿Por qué _____ ?
 R4 - Porque _____
 A4 - _____ Parcialmente preventiva
 P5 - ¿Por qué _____ ?
 R5 - Porque _____
 A5 - _____ Totalmente preventiva

IMPORTANCIA DEL USO DE LOS 5 POR QUÉ

Uno de los peligros de la resolución de problemas en equipo es la tendencia a abandonar demasiado pronto. Cuando se encuentra la causa inmediata, por lo general, se termina la búsqueda de las causas subyacentes. La herramienta de los 5 *por qué* ayuda al equipo a profundizar. Una vez que se encuentra el problema, se desafía al equipo a considerar esa causa como un efecto y preguntar por qué ocurrió. La misión principal es determinar la causa raíz y diseñar una acción correctiva para que el obstáculo nunca vuelva a ocurrir. Sin embargo, si el error o defecto llega a un cliente, una tarea adicional es responder a la pregunta, ¿por qué nuestro sistema de detección no pudo proteger al cliente de este problema? (Zarghami y Benbow, 2017). La técnica de los 5 *por qué* requiere:

1. Definir la acción correctiva para el problema sucedido
2. Reconocer la raíz de la causa

3. Identificar cuando hacer el reporte de acción correctiva
4. Definir los niveles de la acción correctiva
5. Determinar el impacto de los requisitos de la implementación
6. Dar seguimiento constante
7. Guardar los resultados para utilizar como futura referencia

5 Why Analysis / Análisis de 5 ¿Por qué?
Root Cause Analysis / Análisis de Causa Raíz

8D No. _____ 2025 _____

Problem / Problema:
 Inconsistent change control

Cause of occurrence / Causa de la ocurrencia

Why it happened? / ¿Por Qué Ocurrió?
 No se sigue la implementación de cambios del producto
Why? / ¿Por Qué?
 No se anexa el Formato de MCO (Aviso /Orden de cambio de manufactura) en los productos de alta y media complejidad.
Why? / ¿Por Qué?
 Falta de información , un despliegue de formato Inter-Dep Routing poco robusto en 2016
Why? / ¿Por Qué?

Potential Root Cause **Why? / ¿Por Qué?**
 No se siguio con la metodología establecida en Produccion para el control de cambios de ingeniería

Corrective Action with Responsibility	Date
For Occurrence: Porque no se ligo el Formato del MOC (Aviso /Orden de cambio de manufactura) directamente al procedimiento de implementación de cambios al productos de alta complejidad.	28/09/2022

Cause of scape / Causa del escape

Why was not detected? / ¿Por Qué no lo detectamos?
 No se tenía el conocimiento que se tenía que usar el formato del MOC en los cambios de introducción de nuevos Productos de alta y media complejidad.
Why? / ¿Por Qué?
 El MCO (Aviso /Orden de cambio de manufactura) no estaba dentro de las definiciones ni dentro de los registros de procedimientos de implementación de cambios al producto.
Why? / ¿Por Qué?

Potential Root Cause **Why? / ¿Por Qué?**
 Seguimiento con la metodología establecida para cambios de media y alta

Corrective Action with Responsibility	Date
For Detection: Actualización del procedimiento de implementación de cambios al producto de media y alta complejidad	28/09/2022

Systematic Cause / Causa del sistema

What Processes/Systems/Procedures failed and allowed the problem to occur?
 ¿Qué Procesos/sistemas/procedimientos fallaron y permitieron que ocurriera el problema?

El procedimiento de implementación de cambios no mencionaba la aplicación

Why? / ¿Por Qué?
Why? / ¿Por Qué?
Why? / ¿Por Qué?
Why? / ¿Por Qué?

Potential Root Cause **Why? / ¿Por Qué?**

Corrective Action with Responsibility	Date
For Systematic: Entrenamiento al personal de Ingeniería	100%

Figura 1. Caso práctico
 Fuente: elaboración propia.

Existe múltiples herramientas para emplear este método.

Tabla 5. Herramientas digitales

Aplicación	Descripción
<p>https://online.visualparadigm.com/es/diagrams/features/5-whys-template/</p> 	Puede realizar análisis con herramientas de resolución de problemas como 5 <i>Whys</i> , 5W1H, árbol de realidad actual / futuro y más.
<p>https://lumiformapp.com/es/checklists-recursos/5-porques</p> 	En esta página <i>web</i> puede descargar plantillas, elaborar los 5 por qué, implementar una solución a la causa raíz del problema y realizar acciones.
<p>http://www.manteniendo.com/plantilla-excel-para-los-5-porques-v2/</p> 	Plantillas visuales 5 por qué para la colaboración en la causa raíz de los problemas y soluciones óptimas.
<p>https://safetyculture.com/es/listas-de-verificacion/5-porques/</p> 	Se utiliza para realizar el análisis de diversas problemáticas y encontrar la causa primordial.

Fuente: elaboración propia.

METODOLOGÍA 3T

Se llama método 3t porque se deriva de tres tipos de tiempo involucrados en la confección, el de producción (TP), el no productivo necesario (TNPN) y el no productivo innecesario (PNTI). Para mejorarlos o eliminarlos, se deben aplicar varios métodos, algunos de los cuales están definidos en la *Lean Manufacturing*, pero se hacen de manera ordenada, priorizando los más importantes en términos de ganancias de productividad y concentración de esfuerzos.

- Análisis previo de datos de producción anteriores.
- Toma de datos de producción en campo.
- Clasificación temporal: TP, TNPN, TNPI.
- Determinar el ABC de los motivos de inactividad.
- ¿Cuál es el método de fabricación utilizado?
- Crear e implementar acciones de mejora utilizando metodologías probadas
- Estandarizar el método una vez mejorado.

Al organizar el diseño de herramientas y equipos se debe asegurar de que todo esté disponible según sea necesario y en el lugar específico. Pueden usarse cintas y etiquetas para ubicaciones designadas (SEITON):

1. ¿Dónde poner? (TIE). La localización de algún objeto en la línea de producción.
2. ¿Que poner? (TIE HIN). Decidir qué objeto se debe colocar.
3. ¿Cuánto poner? (TIE RIYO). Cuanta cantidad del objeto o material se requiere.

Se puede verificar esta metodología mediante las auditorías.

Tabla 6. Lista de verificación de 3t

Nombre de empresa	Sí	No	Observaciones
Puntos de control en el lugar de trabajo			
¿Posiciones de pasillos y lugares de almacenamiento claramente marcados?			
¿Herramientas clasificadas y almacenadas por frecuencia de uso?			
¿Palets apilados correctamente			
¿Es fácil acceder al equipo de seguridad?			
¿El piso está en buenas condiciones?			

Fuente: elaboración propia

PDCA O CICLO DE DEMING

Muchos de los conceptos científicos anteriores se desarrollaron entre principios y mediados del siglo XX, pero actualmente el principal desafío que enfrenta el suministro de productos es la calidad. Debe entenderse que un concepto teórico-metodológico y práctico conocido como el ciclo de Deming (*plan-do-check-act* o PDCA) tiene una profunda base científica e histórica y, en particular, utiliza un método inductivo basado en la lógica racional. Se centra en gran medida en el estudio de indicadores tradicionales y comprensibles. El tamaño de la población es uno de estos indicadores tradicionalmente significativos. Actualmente la concentración de la población mundial es alta en los países subdesarrollados y en vías de desarrollo (Dudin et al., 2017).

El ciclo de Deming PDCA en la norma básica ISO 9001:2015 es fundamental, junto con el enfoque de procesos. En la sección del estándar que describe el enfoque y su conexión con PDCA, se indica que todos los procesos creados en el marco pueden construirse de acuerdo con el ciclo PDCA (Kunakov, 2022).

El ciclo anterior es una de las herramientas de calidad reconocida en empresas de todo el mundo. Ayuda en la planificación y en las organizaciones de fabricación y servicios, así como en procesos de formación y aprendizaje. Este es un modelo para la mejora continua de la calidad de cuatro pasos: planear, hacer, verificar y actuar. A continuación, se expone brevemente lo que significa cada una de sus partes (Jaramillo, 2019).

1. Considerar los objetivos en métricas, actividades y recursos del sistema necesarios para producir y entregar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización e identificar y abordar riesgos y oportunidades en la etapa de planeación.
2. El cumplimiento y seguimiento de lo planificado.
3. Verificación y seguimiento corresponde a medir los procesos, productos y servicios resultantes frente a políticas, objetivos, requisitos y actividades planificadas e informes de resultados.
4. Actuar: tomar medidas para mejorar el rendimiento, si es necesario (González y Arciniegas, 2016).

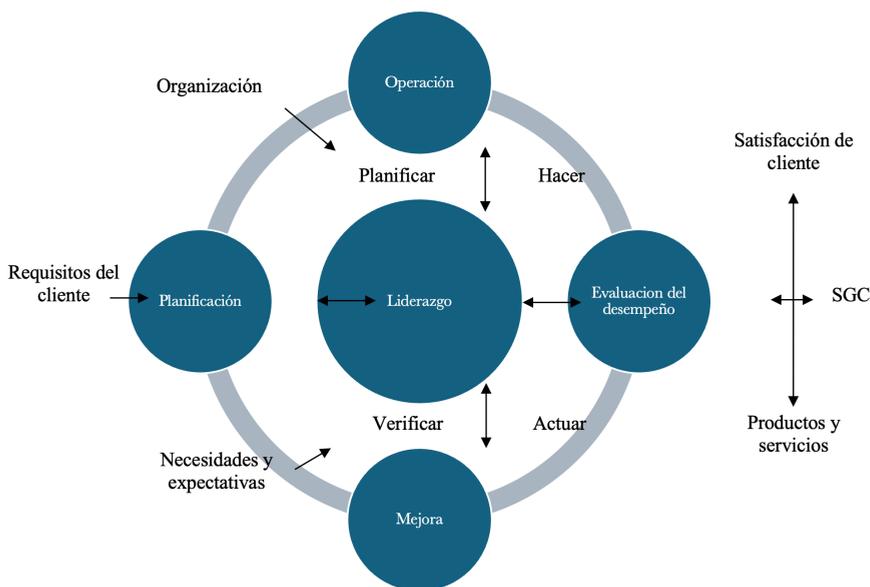


Figura 2. Sistema de gestión de calidad

Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, las decisiones para eliminar estos obstáculos a través de las fases del ciclo Deming pueden aumentar la productividad, reducir costos, aumentar la rentabilidad y mejorar la competitividad de la empresa. Esta herramienta corresponde a la gestión de la calidad. La idea del ciclo es que en cada fase posterior, las soluciones y acciones tomadas en la fase anterior generarán ciertos beneficios y reducirán las amenazas. Para el sector de la industria, este enfoque de la gestión de la calidad tiene una especial trascendencia social, y al mismo tiempo, puede ser utilizado como una solución integrada en desarrollos científicos y el logro de mejores prácticas.

El diseño empresarial es una representación simplificada de procedimientos bastante complicados de planificación, prospectiva y planificación de rutas. También es un conjunto de procedimientos analíticos y de previsión, los cuales se centran en la descripción del concepto del diseño empresarial en una perspectiva determinada (normalmente a medio plazo). En consecuencia, el diseño empresarial es el primer paso o la primera fase del ciclo Deming, que debe ser considerado bajo el siguiente esquema modificado (Dudin et al., 2017).

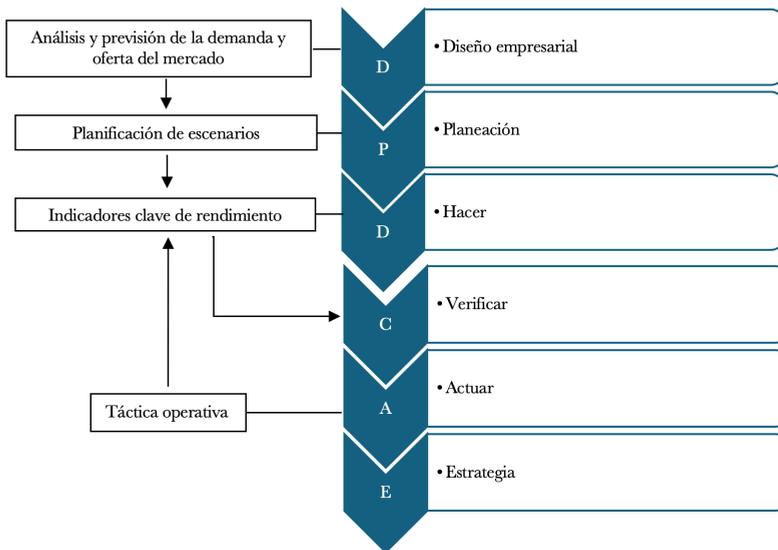


Figura 3. Diseño empresarial

Fuente: elaboración propia.

Se ha dado seguimiento a la aplicación del ciclo PDCA. Un ejemplo, es el manejo estandarizado de enfermería en una unidad de cuidados intensivos COVID-19.

Problemática:

1. Áreas contaminadas que no estaban claramente identificadas.
2. Las funciones y responsabilidades del personal de enfermería no estaban claras.
3. Existía colocación desordenada de artículos.
4. Cambios de turno ineficaces.
5. Largas tiempos de espera para los medicamentos.

Plan:

1. Áreas contaminadas. La contramedida fue dividir las áreas contaminadas, áreas semicontaminadas y áreas limpias. Se usaban gabinetes para guardar zapatos de diseño propio.
2. Las funciones y responsabilidades del personal de enfermería no estaban claras. Las contramedidas adoptadas fueron aclarar las funciones y responsabilidades de cada enfermera, establecer una estructura de personal y realizar la capacitación del personal.
3. La colocación desordenada de artículos. La contramedida fue colocar artículos en ubicaciones fijas e identificadas con señalamiento.
4. Cambios de turno ineficaces. El nuevo equipo cambió el modo de traspaso de turnos y usó tableros de anuncios para enumerar los puntos clave.
5. Largas tiempos de espera para los medicamentos. Para solucionar este problema se utilizaron botiquines de medicamentos reservados.

Hacer:

1. Se realizaron reuniones periódicas para proponer medidas para aumentar la conciencia gerencial del personal de enfermería y definir las responsabilidades del trabajo.
2. Se desarrolló un plan de trabajo detallado para cada grupo y se realizaron sesiones de capacitación periódicas para mejorar las habilidades profesionales para el manejo de pacientes críticos.

Controlar

1. La jefa de enfermería y el personal de control se aseguraron de que la inspección de calidad y la atención para cada paciente pudieran implementarse por completo. Además, realizaron rondas de sala al menos una vez por semana.
2. El desempeño del personal de enfermería se evaluó mediante encuestas basadas en cuestionarios, encuestas *in situ* y exámenes escritos.

Actuar

1. Se ofrecieron comentarios, incluidas contramedidas y mejoras, para los problemas existentes. La jefa de enfermeras y el personal de control de calidad dieron seguimiento a los problemas identificados y tomaron medidas para garantizar la efectividad de la atención al paciente y la capacitación del personal.
2. Cualquier problema nuevo o persistente se llevó a la siguiente ronda del ciclo PDCA para su mejora. Por ejemplo, el departamento de enfermería realizó discusiones oportunas sobre los problemas en los procesos o políticas de trabajo y realizó las revisiones correspondientes.

Resultados

1. Áreas contaminadas. La conciencia del personal médico sobre el concepto de área contaminada se evaluó dentro de las 2 semanas posteriores a la implementación de las contramedidas. Después de que se implementaron las contramedidas, la tasa de conocimiento aumentó del 91.1 % al 100 %; es decir, todos los miembros del personal conocían estas áreas y podían seguir un flujo de trabajo seguro.
2. Las funciones y responsabilidades del personal. Se rediseñó el flujo de trabajo de cada turno en la Unidad para garantizar que todo el trabajo de enfermería en la sala se lleva a cabo de manera ordenada. La conciencia del personal médico sobre sus funciones y responsabilidades se encuestó mediante un formulario de cuestionario diseñado por ellos mismos dentro de las 2 semanas posteriores a la implementación de la contramedida. El nivel de conciencia aumentó del 87.9 % al 100 %; es decir, todo el personal médico conocía claramente sus funciones y responsabilidades.
3. La colocación desordenada de artículos. La colocación de todos los artículos en ubicaciones fijas ayudó al personal médico a ubicar rápidamente un artículo específico y, por lo tanto, facilitó la ejecución de varias tareas, la eficiencia del personal médico en la localización de artículos aumentó del 88.6 % al 97.8 % dentro de las 2 semanas posteriores a la implementación de la contramedida.
4. Cambios de turno ineficaces. El uso de la hoja de entrega *Situación, Antecedentes, Evaluación, Recomendación* permitió al personal de enfermería comprender mejor los cambios dinámicos de las condiciones de los pacientes, con una presentación más clara de los puntos clave. La conciencia del personal médico sobre el traspaso se evaluó dentro de las

2 semanas posteriores a la implementación de la contramedida, la tasa de conocimiento aumentó del 85.7 % al 100 %.

5. Largos tiempos de espera para los medicamentos. Se utilizaron botiquines reservados. El tiempo de espera para el transporte de medicamentos se evaluó dentro de las 2 semanas posteriores a la implementación de la contramedida. Bajó de 60 a 5 minutos (Chen et al., 2020)

A continuación, se mencionan los *softwares* para elaborar el PDCA.

Tabla 7. *Softwares* para PDCA

Aplicación	Descripción
https://www.edrawsoft.com/es/business-diagram/deming-cycle.html#:~:text=Con%20la%20ayuda%20del%20software,crean%20f%C3%A1cilmente%20con%20dicho%20software.	<i>Software</i> de diagramas que puede dar vida a sus ideas en cualquier industria. Con más de 1 500 plantillas integradas, la inspiración para la planificación no tiene paralelo
	
https://safetyculture.com/es/listas-de-verificacion/ciclo-pdca/	Se utilizan para diseñar el ciclo de Deming.
	

Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (AMEF) / FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Desarrollado en el ejército de los Estados Unidos de América por ingenieros aeronáuticos en 1949, recibía el nombre de “Procedimientos de Ejecución Análisis de Modo de Falla”. El análisis se utilizó para monitorear la confiabilidad y el impacto de las fallas del equipo, tanto en sistema como en seguridad. Entró en servicio en la industria de la aviación a mediados de la década de 1960 como programa de apoyo (Socconini, 2019). En la década de 1960, la industria de la aviación lo usó como método de diseño, con sus requisitos obvios de confiabilidad y seguridad. A fines de la década de 1970, la industria automotriz implementó FMEA por cuestiones de seguridad para la mejoría de la producción y el diseño. Además, se ha empleado en el sector industrial, semiconductores, de alimentos, plásticos, plantas de energía, *software* y atención médica. El FMEA permite que un equipo identifique posibles modos de falla en función de las experiencias de los productos o procesos con similitud, lo que disminuye el tiempo de entrega y los costos generados

en su desarrollo (Sharma y Srivastava, 2018). Durante los últimos diez años, se han aplicado diversas metodologías para realizar análisis de peligros potenciales en instalaciones industriales. El riesgo se puede medir utilizando varios métodos: cualitativo, cuantitativo y semicuantitativo. Para comprender su mecanismo, se deben interpretar los datos de entrada, la metodología y los datos de salida para clasificarlos en diferentes categorías. Además, evaluar los efectos de una falla para que se puedan tomar estas medidas (Pérez-Domínguez et al., 2021):

Tabla 8. Estructura de análisis de modo de falla y efecto

-
- Conocer a fondo un proceso.
 - Añadir la información de la capacitación en operaciones del proceso.
 - Identificar cómo el proceso puede no cumplir con los requisitos críticos de sus clientes.
 - Evaluar el riesgo de una causa particular de estos trastornos.
 - Considerar en la medición del plan de control actual las fallas que ocurran durante el proceso.
 - Dar prioridad a las acciones de contención para la solución del problema.
-

Fuente: elaboración propia.

El AMEF o FMEA apoya en la resolución de problemáticas durante una operación (Silva-Urbina et al., 2019). La metodología ayuda a los equipos a identificar fallas en los procesos que deben corregirse o reducirse (Mikulak et al., 2017). Se pueden considerar los siguientes:

Producto: ayuda a detectar posibles defectos en su diseño y a predecir el impacto en los usuarios o en el proceso de fabricación.

Proceso: analiza los posibles errores en las fases del proceso. Se utilizan procedimientos, así como para evitar que las fallas posean un impacto negativo en usuarios del producto o servicio o en etapas posteriores del proceso.

Sistema: es utilizado en el diseño de programas para predecir errores en su funcionamiento.

Otros: se conocen otros AMEF para muchos tipos de errores que ocasionan efectos perjudiciales (Socconini, 2019).

Los FMEA se basan en la naturaleza de la aplicación. El concepto FMEA se utiliza para analizar las primeras etapas antes de que se defina el *hardware* (la mayoría de las veces a nivel de sistema y subsistema). Está orientado en los posibles modos de falla contribuyendo con determinadas funciones propuestas de un supuesto. El FMEA tiene la relación de diversos sistemas y la interacción entre los elementos.

Diseño FMEA (DFMEA): tiene como finalidad la identificación y prevención de modos de falla de productos, que están relacionados en el bosquejo,

con el propósito de autorizar las cuantificaciones de diseño determinados para un nivel eficaz específico, a nivel de sistema, subsistema o componente. La función más importante es la identificación en las primeras etapas los posibles modos de falla para eliminar sus efectos, seleccionar la variante de diseño óptima y desarrollar una base documental para respaldar los diseños futuros con el fin de minimizar los riesgos de que productos defectuosos lleguen a los clientes (Chávez, 2015).

Proceso FMEA (PFMEA): se enfoca en las fallas de la producción, que por consiguiente son insuficiencias. El proceso es de dos tipos: fabricación y ensamblaje. En el de fabricación los modos de falla son dimensionales o visuales. Mientras que, en el de ensamblaje, son generalmente dimensiones relacionales, piezas faltantes, piezas ensambladas incorrectamente (Sharma y Srivastava, 2018).

Los integrantes del equipo encargados del análisis deben ser multifuncionales, no permanentes, con conocimiento del proceso, liderazgo y entrenamiento, abierto a ideas de otro y con alto sentido de colaboración. El desarrollo de una herramienta requiere de la participación y experiencia de un equipo multifuncional liderado por el responsable del sistema, producto o servicio a desarrollar (Gutiérrez, 2018). La herramienta evoluciona en cada etapa de desarrollo, así como en la fabricación, actualizándose periódicamente a lo largo del ciclo de vida del producto. Hay 3 casos básicos en la operación (Pérez-Domínguez et al., 2021).

Para cada paso del proceso, el equipo debe conocer lo siguiente:

Tabla 9. Estructura de análisis de modo de falla y efecto



Fuente: elaboración propia.

1. Modos de falla. Cómo los requisitos o procesos pueden no cumplir con la especificación.

2. Las causas viables o potenciales. Se consideran deficiencias que resultan de la falla durante el proceso. La causa potencial es la variabilidad y generalmente está asociada con la entrada principal del proceso.

3. Efectos potenciales. Este es un impacto para el cliente si no se evita o repara el modo de falla.

Cuando los equipos multidisciplinares determinen el modo de falla, se calcula un RPN o *Risk Priority Number* (número de prioridad de riesgo) para cada modo de falla, con la siguiente fórmula (Mikulak et al., 2017).

$$\text{RPN} = \text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección}$$

Esta técnica proporciona la información necesaria para la toma de decisiones de gestión de riesgos. Puede aplicarse en el área de proceso, fabricación y evaluación del riesgo de proyectos. En el FMEA tradicional, los estados críticos de falla se clasifican utilizando criterios como la probabilidad de ocurrencia (O), la detección (D) y la gravedad (S). Multiplicando estos parámetros o criterios, se obtiene el número de prioridad de riesgo para cada modo de falla. Sin embargo, en la literatura, el método FMEA tradicional ha sido criticado por ignorar la relevancia de los riesgos con alta o baja probabilidad de ocurrir, pero con efectos importantes; de hecho, pueden asumirse como iguales (Zandi et al., 2020).

Tabla 10. Ejemplo de cálculo de RPN (*Risk Priority Number*)

N.º del proceso	Función	Falla potencial	Efecto potencial	Severidad	Causa potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control de proceso	Detección	RPN
1	Proceso de corte	No se consideraron las especificaciones para el proceso de corte	No se puede proceder al armado del producto del bolsillo con las dimensiones erróneas	8	Falta de pericia del operador, moldes imperfectos, instrumento de corte defectuoso	5	Inspección simultánea con la operación	3	120

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Valores de AMFE

Severidad (S)		Ocurrencia (O)		Detección (D)	
Criterio	Puntuación	Criterio	Puntuación	Criterio	Puntuación
Efecto de falla muy grave	10	Ratio de falla muy alto	10	Falla será pasada a cliente sin ser detectada	10
Efecto de falla muy alto	8	Ratio de falla alto	8	Detección mínima	8

Severidad (S)		Ocurrencia (O)		Detección (D)	
Criterio	Puntuación	Criterio	Puntuación	Criterio	Puntuación
Efecto de falla moderado	5	Ratio de falla moderado	5	Detección baja	5
Efecto de falla bajo	3	Ratio de falla bajo	3	Detección alta	3
Efecto de falla no perceptible	1	No hay acontecimientos conocidos sobre productos similares	1	Detección muy alta	1

Fuente: elaboración propia.

El siguiente es un ejemplo real del uso del método AMEF para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para el taller del Centro CIES Sena Regional Norte de Santander.

Este centro invierte en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos en la formación profesional integral. Se creó el proyecto de mantenimiento preventivo de maquinaria industrial, productos metalúrgicos, mecanismo de engranaje diésel, mantenimiento de motores diésel, mantenimiento electromecánico por acción de un motor. El proyecto se ejecuta por fases. La primera son las especificaciones de rendimiento de todos los dispositivos. En la segunda, el equipo se clasifica de acuerdo con su capacidad de servicio y severidad, y se clasifica en crítico y no crítico. En la tercera fase, se realiza un análisis de efectos del modo de falla (FMEA) en equipos clasificados como críticos. Se desarrollaron protocolos y cronogramas para activos seleccionados, identificando deficiencias críticas y acciones recomendadas por el fabricante. Una vez recopilada toda esta información, se pueden preparar las hojas de datos de los equipos necesarios para ejecutar correctamente el programa de mantenimiento preventivo. Finalmente, la medición del mantenimiento debe garantizar la mejora continua del equipo y, por lo tanto, aumentar su confiabilidad y disponibilidad (Silva-Urbina et al., 2019).

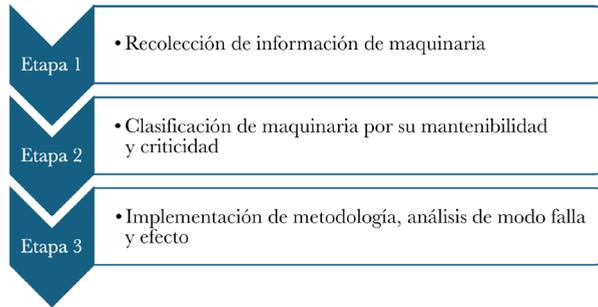


Figura 4. Análisis de modo y efecto de fallo (AMEF)

Fuente: elaboración propia.

Se sabe que proporciona una base integral para recopilar datos de confiabilidad y mantenibilidad (RM) en equipos, en todas las instalaciones y operaciones en la industria en un formato estándar (Selvik y Bellamy, 2020).

Primero, los datos deben recopilarse en diferentes métodos analíticos. En segundo lugar, un formato de datos común facilita el intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento entre instalaciones, propietarios, fabricantes y contratistas.

La información recopilada para el desarrollo de estos protocolos se obtuvo primero de los datos recomendados en los manuales de los dispositivos. Con los resultados del AMEF, se ha establecido una línea prioritaria en cuanto al mantenimiento preventivo. De esta manera, se conocen los elementos críticos y las fallas de cada uno de los dispositivos (Silva-Urbina et al., 2019).

METODOLOGÍA 8 DISCIPLINAS

Una empresa de manufactura sufre impacto en las líneas de producción que generen tiempo perdido o suspensión de la operación. Esta situación se ve agravada cuando los proveedores de servicios externos son los contribuyentes principales a dicha clase de tiempo de inactividad. También se considera el objetivo principal, potenciar el desarrollo de proveedores mediante el uso de herramientas actuales y comunicación apoyado en datos, y por eso, cada mes se presentan revisiones periódicas de desempeño. Sin embargo, siempre que se ejecuta un proyecto, el aprendizaje puede reducirse mediante una buena planificación y minimizada a través de la experiencia, por esto, se planteó la estrategia empresarial de acciones correctivas (8D) teniendo en cuenta los efectos que puedan persistir posteriormente (Espinoza et al., 2020).

La industria automotriz es uno de los sectores más importantes de la economía global. La mejora en la calidad del producto y del proceso es necesaria para cualquier empresa para sobrevivir y desarrollarse en un mercado competitivo. Para ello, se requieren herramientas y técnicas de resolución de problemas por parte de la gestión de calidad en el campo de la industria automotriz. El método 8D también llamado G8D, Global 8D, TOPS 8D es una de las herramientas de resolución de problemas más utilizadas relacionadas con la prevención de reincidencia de no conformidades en el proceso de fabricación, comúnmente utilizado para la gestión de quejas en la industria automotriz. Consiste en ocho pasos que debe seguir el equipo de mejora de la calidad para la resolución de problemas, así como para la mejora de productos y procesos (Golińska, 2018).

La metodología 8D es eficaz en el desarrollo de acciones adecuadas para eliminar las causas raíz y en la implementación de acciones correctivas permanentes. Igualmente contribuye a explorar el sistema de control que permitió el escape del problema. Esta técnica involucra equipos que trabajan juntos para resolver problemas de calidad, utilizando ocho fases estructuradas.

Tabla 12. Fases de la metodología

Fases	Descripción
1 Problema	Adquirir información mediante técnica 5 por qué. Las respuestas a estas consultas aclaran los antecedentes y las conexiones.
2 Productos	Esta fase se realiza con el fin de detectar otros productos con el mismo riesgo de no conformidad.
3 Primer análisis	Se identifica la causa genuina y se determinan las medidas reparadoras encaminadas a solucionar el problema de forma permanente. Para obtener la causa raíz, se eliminan todas las causas que se encuentran incorrectas.
4 Plan de acción	Uso de medios de dispositivos de control y estadísticos.
5 Análisis final	Se obtiene una imagen real y completa de la situación para encontrar las causas raíz y decidir las actuaciones óptimas necesarias para el tratamiento de las causas.
6 Plan de acción final	Establecer un plan de implantación de acciones correctivas permanentes.
7 Confirmación	Se comprueba la eficacia de los planes de acción finales. Es una etapa clave destinada a evitar la recurrencia del problema de calidad.
8 Previendo recurrencia de problema	Analiza si la acción correctiva ejecutada evitaría o mejoraría la calidad de productos y procesos similares.

Fuente: elaboración propia.

La herramienta 8D significa metodología de resolución de problemas de ocho disciplinas:

1. Seleccionar un equipo apropiado
2. Formular la definición del problema
3. Activar la contención provisional
4. Encontrar la(s) causa(s) raíz
5. Seleccionar y verificar las correcciones
6. Implementar y validar la(s) acción(es) correctiva(s)
7. Tomar medidas preventivas
8. Felicitar y reconocer al equipo

Existe cierto paralelismo entre los pasos 8D y los DMAIC utilizados por los practicantes de Six Sigma en donde D1 es el paso definir de DMAIC, D4 es similar al paso analizar de DMAIC, D6 son como el paso mejorar de DMAIC, y D7 es paralelo al paso de control de DMAIC. El objetivo 8D es plantear el problema, implementar la contención, corregir y eliminar la preocupación, mejorar los sistemas de control de calidad y documentar e informar los hallazgos. El problema podría estar relacionado con el producto, y el proceso 8D está bien equipado para abordar ambos. Esta metodología es altamente estructurada y científica para la resolución de problemas (Zarghami y Benbow, 2017).

Tabla 13. Comparación de 8d con DMAIC y PDCA

8d	DMAIC	PDCA o ciclo de Deming	TBP
D0			Clasificar el problema
D1	Definir		Desglosar el problema
D2		<i>Plan</i>	
D3	Medir		Fijar objetivos
D4			Análisis causa raíz
D5	Analizar		Desarrollar contramedidas
D6	Mejorar	<i>Do</i>	Ver a través de las contramedidas
D7		<i>Check</i>	Monitorear resultados y procesos
D8	Controlar	<i>Act</i>	Estandarizar los procesos exitosos

Fuente: elaboración propia.

Para comparar las fases de la metodología, la tabla anterior muestra la relación con los procedimientos documentados de resolución de problemas, como PDCA, DMAIC y TBP. Todas estas técnicas se pueden utilizar como una estructura de presentación

común. La secuencia de tareas básicas parece ser la misma, independientemente del proceso o método (Izaguirre y Párraga, 2017).

Tabla 14. Formato de ejemplo documento 8D

Documento de trabajo	Folio	Fecha inicio
D1. Miembros del equipo		
D2. Declaración o descripción del problema		
D3. Acciones provisionales de contención		
D4. Causa(s) raíz		
D5. Elija y verifique la(s) corrección(es) permanente(s)		
D6. Implementar y validar acciones correctivas		
D7. Tomar acciones preventivas		
D8. Felicite a su equipo: fecha o notas		

Fuente: elaboración propia.

El propósito de D0 es medir las necesidades de la aplicación de las 8D para proporcionar acciones inmediatas para solucionar emergencias y cumplir con los requisitos del cliente. El empleo de los criterios de aplicación para resolver el problema representa una base sólida para justificar sus esfuerzos. El uso de las preguntas de evaluación en cada etapa del proceso es un paso importante como verificación formativa y confirmación de que se está listo para seguir con la siguiente etapa.

D1. MIEMBROS DEL EQUIPO

Los puntos clave de D1 son:

- Formación del equipo: debe tener representadas las habilidades apropiadas.
- Funciones del equipo: gestor, líder, facilitador, registrador, administrador del tiempo, secretario, miembros del equipo.
- Sinergia del equipo. El todo es más grande que la suma de las partes.

D2. DEFINIR Y DESCRIBIR EL PROBLEMA

Los puntos clave de D2 son:

- Declaración del problema: “¿qué está mal con qué?”
- Describir la problemática considerando las preguntas interrogantes: ¿qué sucedió?, ¿dónde? ¿cuándo?, ¿cuánto?
- Considerar dar soluciones efectivas y asegurar resolverlas (Flores, 2007).

D3. DESARROLLAR LA ACCIÓN PROVISIONAL DE CONTENCIÓN

Existe una diferencia entre verificación y validación:

- Verificación es la prueba antes de la implementación.
- Validación es la prueba después de la implementación de una acción, a través del tiempo; en la acción se debe considerar el objetivo de incluir una nueva problemática sin introducir un nuevo problema, con información de antes y después. Esto sigue a la verificación satisfactoria.
- La Acción Provisional de Contención (ICA) se conserva en su lugar hasta que pueda.
- Implementar la Acción Correctiva Permanente (PCA).

D4. IDENTIFICAR Y CONFIRMAR LA CAUSA RAÍZ Identificar la causa raíz.

- El punto de escape es la fase del proceso donde se detecta la problemática.
- La presentación de problemáticas de situaciones inesperadas es básicamente aquella en la que se anhela un nuevo nivel de desempeño.
- Una situación inducida por cambio sucede cuando las cosas estaban bien, pero ya no lo están.

D5. ELEGIR Y VERIFICAR LA(S) CORRECCIÓN(ES) PERMANENTE(S)

Los puntos clave de D5 son:

- Tomarse tiempo suficiente para realizar la mejor decisión sobre la Acción Correctiva Permanente (PCA).
- Usar el proceso de toma de decisiones en equipo más conveniente para las necesidades únicas del equipo.

D6. IMPLEMENTAR Y VALIDAR ACCIONES CORRECTIVAS PERMANENTES (PCA)

Los puntos clave de D6 son:

- Planear e implementar las Acciones Correctivas Permanentes seleccionadas.
- Monitorear los resultados.
- Hoja de prevención de problemas y su verificación.

D7. TOMAR SOLUCIONES PREVENTIVAS

- Considerando las causas fundamentales hay fallas sistemáticas que deben abordarse.
- El objetivo de la prevención de recurrencia es cambiar el sistema que causó el problema en primer lugar.
- D7 previene la recurrencia de las problemáticas.
- El equipo puede dar mejoras y recomendaciones para el sistema.

D8. FELICITAR AL EQUIPO

- Reconocer el desempeño del equipo.
- Completar todas las operaciones pendientes antes de que el equipo se divida.
- Encarecer la experiencia del equipo (Zarghami y Benbow, 2017).

FODA (FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS)

El liderazgo no contribuye a la dirección general como debería. La dirección no solo debe centrarse en el logro de objetivos, sino en las personas y su crecimiento. El mundo de los negocios debe estar enfocado en el desarrollo del talento humano, no solo en los resultados (Tapia, 2018).

El FODA es una herramienta de investigación que permite analizar la situación real y actual de una empresa, organización o individuo con el fin para diseñar estrategias competitivas y lograr las metas. Se consideran las Fortalezas y Debilidades, así como las Amenazas y Oportunidades. Esta técnica detecta el motivo del fracaso de la planificación empresarial y determina las ventajas competitivas del negocio. Este análisis funciona para empresas, pero también ayuda a individuos (Peralta-Adauto, 2023).

El FODA se deriva de sus iniciales en español, en abreviatura inglesa sus siglas son SWOT que significa *Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*.

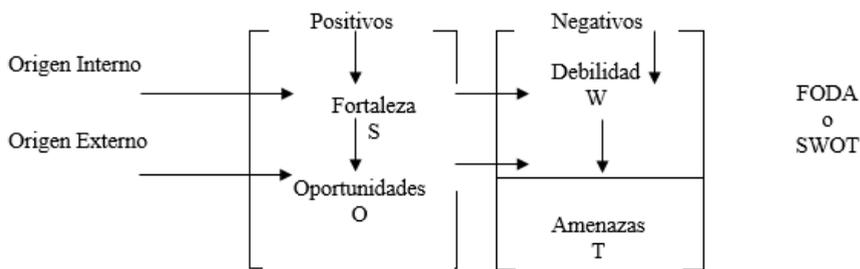


Figura 5. Análisis FODA o SWOT

Fuente: elaboración propia.

El FODA de los sistemas empresariales es popular entre los investigadores de negocios. Muchas empresas lo llevan a cabo en la planificación estratégica, control de calidad, formulación de políticas y normatividad. En los escenarios de los ecosistemas digitales, las actividades FODA necesitan mucha atención, en particular, al diseñar y promover nuevas estrategias de múltiples escenarios de la industria en el contexto de la gestión integrada de proyectos, teniendo en cuenta las operaciones comerciales complejas. Las soluciones de información pueden no tener opciones, al no abordar las prioridades y proporcionar soluciones alternativas. Las metodologías de ecosistemas digitales abordan los problemas, desafíos y prioridades del negocio y de la organización.

Los problemas y desafíos de los elementos de varias empresas del sector público y privado se analizan, documentan y modelan para evaluar metadatos unificados que representan múltiples puntos de vista de la industria. Su visualización e interpretación es útil en nuevos dominios de conocimiento. Muchas organizaciones no detectan oportunidades de mejora considerando la fase de la planeación; intentan esclarecer los recursos con lo que cuentan, investigando de esta manera los impactos positivos o negativos. En la era digital, ocurren muchos cambios en las estrategias comerciales, incluidas las políticas de la organización. Las limitaciones pueden ser problemas complejos asociados con la organización o el negocio (Namugenyi et al., 2019).

Un estudio FODA involucra un análisis de factores internos de un sistema institucional, una empresa, un organismo sin fines de lucro, de gobierno o incluso una red de actores. Y factores de origen externo que afectan en la consecución de sus objetivos y, por lo tanto, deben tomarse en cuenta al diseñar e implementar una estrategia de gestión. Tanto los factores internos como los externos pueden ayudar o entorpecer que los objetivos organizacionales sean alcanzados. Comprender esta

combinación sirve para aprovechar las fortalezas y oportunidades, mientras que se mitigan las debilidades internas y amenazas del entorno (Atrio et al., 2022).

Es importante que las estrategias de planeación se relacionen a la par de las propuestas competitivas de una organización, ya que impacta en la capacidad de crear bienes y servicios con un valor añadido que le permita posicionarse en el mercado (Ramírez, 2017).

A continuación, se describen los elementos del FODA.

Fortaleza. Son las competencias de la empresa, es decir, lo que la empresa puede hacer para funcionar correctamente, mantener buenos estándares y desempeño en sus productos y servicios que generen un valor añadido al cliente. Pueden ser desde recursos humanos hasta convenios con otras instituciones.

Debilidad. Este concepto es identificado como la carencia o vulnerabilidad de la empresa. Son aquellos factores que son desventaja en el mercado, hacen al producto o servicio menos atractivo o interesante para los clientes. Pueden presentarse en los mismos aspectos que las fortalezas, con la diferencia de generar un resultado desfavorable.

Oportunidades. Son las situaciones del entorno que pueden beneficiar a la organización, se espera que sean detectadas para obtener ventaja de ellas. Se presentan en diversos ámbitos, ya sea el económico, social o político, pero están mayormente relacionadas con el área de mercado en una compañía.

Amenazas. Estas son situaciones que ponen en peligro a las empresas, pueden ser a corto o largo plazo, y suelen crear incertidumbre. Igualmente aparecen en diversos ámbitos, no se pueden predecir, pero se pueden identificar a tiempo, como nuevos competidores, la inflación, etcétera.

A continuación, se presentan los aspectos generales para el diagnóstico fiable del análisis (Ramírez, 2017).

Tabla 15. Aspectos generales para el análisis

-
- Formar un equipo de trabajo
 - Conseguir los recursos para el análisis
 - Establecer los criterios (de manera clara y congruente)
 - Los criterios deben ser consistentes a lo largo del procedimiento
 - Definir un periodo de tiempo para el análisis
 - Se recomienda usar una matriz para facilitar el manejo de datos
 - Crear un reporte final del análisis de cada criterio
-

Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS FODA

Es una sencilla herramienta de análisis estratégico muy utilizada en la toma de decisiones en todo tipo de empresas y organizaciones, especialmente para emprendedores y pymes, con la finalidad de analizar proyectos, empresas y elaborar estudios de mercado, planes estratégicos y de negocio. La matriz FODA recoge sus debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades, y permite diagnosticar los aspectos internos y externos más relevantes (Rodríguez et al., 2018).

Tabla 16. Matriz FODA resumida: ejemplo en una empresa de servicios

Amenazas	Fortalezas
1. Producto y servicio sustituible	1. Conocimiento del mercado, 80 años
2. Mercado muy competitivo	2. Cantidad y lealtad de clientes
3. Delincuencia	3. Cobertura a nivel nacional
4. Comercio informal	4. Infraestructura de almacenamiento y distribución
5. Reforma laboral entre otras	5. Relación con proveedores
	6. Productos de necesidad básica
	7. Talento humano suficiente y experimentado
	8. Legalmente establecida financieramente sana
Debilidades	Oportunidades
1. Bajo margen de utilidad	1. Mercado potencial
2. Modelo de comercialización tradicional	2. Canal de venta a detalle
3. Perfil del personal de alta rotación	3. Optimizar relación con proveedores
4. Estilos de liderazgo no aptos a los objetivos	4. Productos de mayor margen
	5. Formas de comercialización
	6. Otros ingresos
	7. Uso de innovación de las tecnologías

Fuente: elaboración propia.

El procedimiento práctico consiste en siete fases (Ramírez, 2017).

1. Identificación de los criterios de análisis.
2. Determina las condiciones de acción reales asociadas con variables internas y externas.
3. Asignar un valor para cada fortaleza, oportunidad, debilidad y amenaza.
4. Presentar los resultados obtenidos.
5. Establecer los planes estratégicos.
6. Graficar y realizar análisis de los indicadores adquiridos.

Establecer conclusiones (López Cañizares 2015).

HERRAMIENTAS PARA ELABORAR UN FODA

A la fecha, existen herramientas numéricas para el desarrollo de matrices, como se especifican a continuación.

Tabla 17. Herramientas para realizar un FODA.

<p>CANVA https://www.canva.com</p> 	<p>Esta herramienta permite analizar con modelos prediseñados y herramientas interactivas. Para acceder a ella, simplemente cree una cuenta en su sitio. Esto le permite cargar su propio contenido multimedia en las plantillas disponibles.</p>
<p>CREATELY https://creately.com/</p> 	<p>Esta página <i>web</i> ofrece una diversidad de plantillas con diseños originales y coloridos que puede ser editada al gusto, su interfaz es intuitiva, permite exportar archivos y generar impresiones de alta calidad.</p>

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIÓN

Las metodologías en este capítulo pretenden crear soluciones creativas a los problemas organizacionales, convirtiéndolas en áreas de oportunidad, esto con la finalidad de añadir valor. Las 5S pueden aumentar la productividad, mediante un formato concreto que clasifica, ordena, limpia, estandariza y crea una disciplina en los procesos donde se aplica. En la metodología 3t se busca optimizar los tiempos de producción, ya sea, el productivo, no productivo y no productivo innecesario. El objetivo primordial de esta metodología es identificar el eslabón más débil (tiempo no improductivo innecesario). Mediante las herramientas de *lean manufacturing*, se tratará de eliminar u obtener su máxima capacidad. En la metodología Análisis de Acciones Correctivas, la meta es encauzar el enfoque en la causa raíz del error derivado de la no conformidad; se pueden realizar con una simple hoja de cálculo o con herramientas sofisticadas, con el fin de cumplir en las diversas etapas: análisis de la causa raíz, corrección y acción correctiva. El resultado de la implementación de esta herramienta es una propuesta de mejora, atendiendo la causa de una no conformidad.

REFERENCIAS

- Arcila, J., Farfan, F. F., Moreno, A. M., Salazar, L. F. e Hincapie, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Cenicafé. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/720>
- Atrio, J., Cuesta, A. y Luchilo, L. (2021). *Diagnóstico de las capacidades de producción de indicadores de educación superior, ciencia y tecnología en Iberoamérica*. OEI. <https://oei.int/wp-content/uploads/2022/02/diagnostico-capacidades-prod-indicadores-ed-sup-ciencia-y-tec-ib-forcyt.pdf>
- Chávez Burgos, J. (2015). *Propuesta de aplicación de la metodología de Seis Sigma en el proceso de productivo de lavavajillas de una empresa de consumo masivo para reducción de pérdidas e incremento de su eficiencia* [Trabajo de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicada]. Repositorio UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/582454>
- Chen, Y., Zheng, J., Wu, D., Zhang, Y. y Lin, Y. (2020). Application of the PDCA cycle for standardized nursing management in a COVID-19 intensive care unit. *Annals of palliative medicine*, 9(3), 1198-1205.
- Cortes, M. (s. f.). *Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001*. ICB Editores.
- Díaz Muñoz, G. A. y Salazar Duque, D. A. (2021). La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial. *Podium*, 39, 19-36. <https://doi.org/10.31095/podium.2021.39.2>
- Dudin, M. N., Smirnova, O. O., Vysotskaya, N. V., Frolova, E. E. y Vilkova, N. G. (2017). The deming cycle (PDCA) concept as a tool for the transition to the innovative path of the continuous quality improvement in production processes of the agro-industrial sector. *European Research studies journal*, 20(2), 283-293.
- Ershadi, M. J., Aiasi, R. y Kazemi, S. (2018). Root cause analysis in quality problem solving of research information systems: A case study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 24(2), 284-299.
- Espinoza Alcivar, H. J. y Roa López, H. (2021). *Diseño de procedimiento para la mejora de indicadores de control en el proceso de distribución de bebidas de moderación en la ciudad de manta* [Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio DSpace.
- Espinoza, J. A., Lázaro, M. L., Ángel, M. M., Álvarez, C. y Sanchez, M. (2020). *Reducción de SPPM mediante la implementación de Core Tools y metodología 8d*. MI Agustín Cortes Coss, Dra. Dina Elizabeth Cortes Coss, MC. Cesar Leal.
- Espinoza Revilla, L. T. (2021). *Implementación de las herramientas de la calidad en el proceso de empaque de la Asociación de pequeños agricultores y ganaderos del Algarrobal para disminuir el descarte de banano orgánico* [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. Repositorios Latinoamericanos.
- Flores, J. 2007. (s. f.). *La certificación en sistemas de gestión de la norma ISO 9000-2000 de una unidad hospitalaria* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

- Repositorio digital UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000624861
- Golińska, E. (2018). Doskonalenie procesu postępowania z niezgodnością bazujące na raporcie 8D. *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*, 21(3), 9-17.
- González, O. y Arciniegas, J. (2016). *Sistemas de gestión de calidad*. Ecoe ediciones.
- Gutiérrez, I. A. (2018). *Plan estratégico para la empresa pinturas Casther Oriente S.A de C. V* [Tesis de ingeniería, Instituto Tecnológico de Colima]. Repositorio DSpace. <https://dspace.itcolima.edu.mx/xmlui/handle/123456789/1457>
- ISO 9000:2015. (06 de mayo de 2022). *Norma Internacional ISO 9000*. <http://www.utsoe.edu.mx/sgca/documentos/REQUISITOS%20LEGALES/ISO/ISO%209000/51%20ISO%209000-2015.pdf>
- Izaguirre, J. G. y Párraga, M. (2017). Aplicación de las metodologías 8D y AMFE para reducir fallos en una fábrica de refrigeradoras. *Industrial Data*, 20(2), 61-70. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i2.13954>
- Jaramillo, G. A. (2019). *Plan de mejora continua basado en el modelo gerencial de Deming en una empresa de salud prepagada en el periodo de diciembre 2018 a abril 2019* [Tesis de maestría, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio digital USFQ. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8286>
- Jorquera, B. y Malfanti, I. (2022). Análisis de la venta perdida en repuestos en una sucursal de post venta en la industria del transporte. *Journal of Engineering Research*, 2(1), 2-10. <https://doi.org/10.22533/at.ed.317212210017>
- Krithikah, D. y Abdul-Rahman, A. (2022). Robustification of shewhart control chart by median based estimators: a study on Malaysia stock data. *JQMA*, 18(1), 13-26. <https://www.ukm.my/jqma/wp-content/uploads/2022/03/Paper-2-Ayu.pdf>
- Kunakov, E. P. (2022). Applying New Approaches to the Deming Cycle. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 20(online), 61-70. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2022-20-1-61-70>
- Kurmi, A. y Baghel, M. S. (2022). A Review On Six Sigma And Dmaic Problem Solving Methodology. *International Journal of Scientific Research*, 8(1).
- López Cañizares, D. (2015). *Uso de metodologías para el análisis y diagnóstico de Sistemas de Producción Agropecuarios*. Innovación. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10006>
- Martín, M. A. y Rodríguez, J. (2019). *CAPA: Acciones correctivas y preventivas en las industrias alimentarias*. Ediciones Díaz de Santos.
- Mikulak, R., McDermott, R. y Beauregard, M. (2017). *The basics of FMEA*. CRC press.
- Namugenyi, C., Nimmagadda, S. L. y Reiners, T. (2019). Design of a SWOT analysis model and its evaluation in diverse digital business ecosystem contexts. *Procedia Computer Science*, 159, 1145-1154.

- Olivera, Y. y Meneses, M. T. (2006). *La mejora continua por medio de la calidad en los servicios* [Tesis de licenciatura, Colegio Partenon, S. C.]. Repositorio digital UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000606435
- Ovalles, J., Gisbert, V. y Pérez, A. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). En *3c Empresa: Investigación y pensamiento crítico* (pp. 1-9). Universitat Politècnica de Valencia. Área de Innovación y Desarrollo, S. L. <https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/3C-EMPRESA-Especial.pdf>
- Peralta-Adauto, M. (2023). Mecanismos que utilizan los Robots. *Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 2, 10*(19), 19-20. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa2/article/view/10423>
- Pérez-Domínguez, L., Cruz-Hernández, M. A., Luviano-Cruz, D. y Rodríguez-Picón, L. A. (2021). Aplicación AMEF con MOORA para la evaluación de un caso. *Mundo FESC, 11*(21), 26-36.
- Piñero, E., Vivas, F. y Valga, L. (2018). Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. Ingeniería Industrial. *Actualidad y Nuevas Tendencias, VI*(20), 99-110.
- Ramírez, J. (2017). Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. *IIESCA, 2*, 54-61.
- Realyvázquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T. y Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study. *Applied Sciences, 8*(11), 2181. <https://doi.org/10.3390/app8112181>
- Rivas-Ruiz, R., Roy-García, I., Pérez-Rodríguez, M., Berea, R., Moreno-Palacios, J., Moreno-Noguez, M. et al. (2020). Pertinencia e impertinencia de los gráficos en la investigación clínica. *Revista Alergia México, 67*(4), 381-396. <https://doi.org/10.29262/ram.v67i4.854>
- Rodríguez, J. O., Ormaechea, M. y del Olmo, J. L. (s. f.). Karicia: análisis de una empresa del sector de la cosmética. *Actualidad empresarial, 91*.
- Sánchez, P., Rodríguez, C., Maruyama, U. y Salazar, F. (2015, 10 al 11 de septiembre). Impact of 5S on quality, productivity and organizational climate-Two Analysis Cases [conferencia]. *Proceedings of the 2015 International Conference on Operations Excellence and Service Engineering*, Orlando, Florida, USA.
- Selvik, J. y Bellamy, L. (2020). Addressing human error when collecting failure cause information in the oil and gas industry: A review of ISO 14224:2016. *Reliability Engineering & System Safety, 194*, 106418. <https://doi.org/10.1016/j.res.2019.03.025>
- Sharma, K. D. y Srivastava, S. (2018). Failure mode and effect analysis (FMEA) implementation: A literature review. *Journal of Advance Research in Aeronautics and Space Science, 5*(1-2), 1-17.

- Silva-Urbina, I., Rodríguez-Pineda, M., Acosta-Rozo, R. y Gómez-Monsalve, P. (2019). Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF. *Mundo FESC*, 9(18), 36-46.
- Socconini, L. (2019). *Lean manufacturing. Paso a paso*. Marge books.
- SPC Consulting Group. (2019, 20 de mayo). *6 señales de un proceso "Fuera de Control"*. <https://spcgroup.com.mx/6-senales-de-un-proceso-fuera-de-control/>
- Tapia, J. (2018). El desarrollo de la capacidad para delegar utilizando análisis FODA. *Revista electrónica Anfei Digital*, 4(8), 1-10.
- Zandi, P., Rahmani, M., Khanian, M. y Mosavi, A. (2020). Agricultural risk management using fuzzy TOPSIS analytical hierarchy process (AHP) and failure mode and effects analysis (FMEA). *Agriculture*, 10(11), 504.
- Zarghami, A. y Benbow, D. (2017). *Introduction to 3D problem solving: Including practical applications and examples*. Quality Press.

CAPÍTULO 3.

Mantenimiento productivo total

Jesús Carpio Domínguez
Mario Alberto Morales Rodríguez
Gabriela Cervantes Zubirías
José Alberto Morales Rodríguez

INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento Preventivo Total (TPM por sus siglas en inglés) es una filosofía japonesa registrada por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM), aunque está basada en la idea de mantenimiento preventivo utilizada en Estados Unidos. Esta filosofía nació y se desarrolló en la industria automotriz. Inicialmente, el TPM se limitaba a las áreas donde había máquinas, pero su evolución ha permitido incrementar su uso.

En 2018, según datos del JIPM, México tenía una participación del 5 % de compañías con capital extranjero. Se puede observar que las empresas mexicanas consideran el TPM como una filosofía cara y con resultados a largo plazo (CoSphere, 2019).

Es interesante que las únicas empresas que destacan en crecimiento y productividad son las dedicadas a la industria automotriz que tienen implementada la filosofía del TPM, mientras que el resto tienen un crecimiento bajo, en gran medida debido a la cultura mexicana hacia el control de la calidad, el apego al cumplimiento de normas y la idea de que la planificación es solo un sueño (CoSphere, 2019).

Estas entidades se enfrentan a problemas operacionales como la pérdida de material debido a defectos de calidad, falta de conciencia del personal en el uso de los recursos, paros no programados de producción y altos costos en refacciones. Todo

esto puede ser ocasionado por la falta de personal capacitado y por el alto índice de rotación del personal. Sin embargo, el TPM puede mostrar resultados tangibles en las empresas, optimizando los recursos y mejorando los lugares de trabajo.

En este capítulo se explica que es el TPM y cómo se implementa de una manera secuencial, permitiendo asegurar el éxito del proyecto. También se definirán los indicadores para mantener un índice alto de productividad y la relación de esta filosofía con industrias 4.0.

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

El mantenimiento es el conjunto de técnicas destinadas para la conservación de los equipos e instalaciones con la finalidad de prolongar la vida útil y teniendo un máximo rendimiento. Según Fernández (2018), es comparado con la medicina, ya que al igual que los médicos cuidan de la salud de las personas, los técnicos e ingenieros de mantenimiento se encargan del cuidado de las máquinas e instalaciones. Este concepto no se concibió así desde el inicio de la era industrial, sino que ha evolucionado con el paso del tiempo y con el avance tecnológico.

Es una metodología japonesa que nació del concepto de mantenimiento preventivo desarrollado en Estados Unidos. Este sistema tiene la finalidad de evitar cualquier tipo de pérdidas durante la vida del sistema de producción. En esencia, consiste en que los operarios de los equipos de producción participen en el mantenimiento preventivo y ayuden a los técnicos en las reparaciones.

En la distribución tradicional de las industrias existe un límite muy marcado donde el personal de producción solo se ocupa de producir y el personal de mantenimiento de la conservación de los equipos; y es aquí en donde la implementación del TPM es necesario, ya que permite que los operadores de producción realicen tareas que normalmente ejecuta el personal de mantenimiento. Estas tareas son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes de tornillería y alguna otra de reparación menor. Su finalidad es crear en el operario una conciencia en el cuidado de la máquina y así evitar las fallas en los equipos.

El TPM involucra no solo a las dos áreas ya mencionadas, sino a todo el personal, comenzando por la alta dirección hasta los trabajadores en la línea de producción. Además, persigue algunos objetivos, como incrementar la vida útil de los equipos y mejorar su rendimiento, con la finalidad de acrecentar la competitividad de las empresas, buscando eliminar cualquier tipo de pérdida a través de los tres ceros (Figura 1).

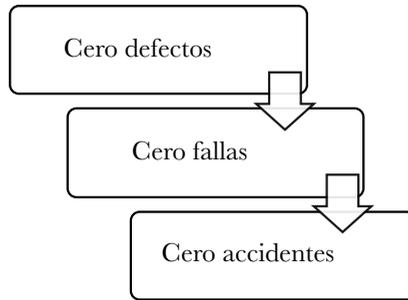


Figura 1. Tres ceros del MPT

Fuente: elaboración propia.

La eliminación de estos tres puntos incrementa la productividad de la empresa, se ahorran recursos humanos, económicos y materiales, además de paros no programados o tiempos muertos, costos excesivos por refacciones de urgencia, etcétera.

Un accidente laboral puede tener consecuencias mortales y un cierre total de la empresa. Por ello, se debe observar un plan de seguridad e higiene que contabilice los días sin accidentes y que contenga pláticas donde se concientice a todo el personal.

El TPM considera seis pérdidas que toda empresa debe de controlar, ya que esto asegurará su productividad:

- **Fallos de los equipos:** esto afecta al indicador de disponibilidad y supone una gran pérdida respecto al tiempo del paro no programado, perjudicando directamente la producción de la empresa. Ejemplos de estos fallos pueden ser: cojinetes sobrecalentados, falla de energía eléctrica, motor eléctrico dañado, falta de operadores, etcétera.
- **Ajustes de las máquinas:** el tiempo muerto por calibraciones de máquinas, configuración de sensores, ajustes mecánicos, limpieza, inspecciones de calidad, entre otros ejemplos. Son problemas comunes que afectan la productividad.
- **Detenciones menores:** las paradas menores reducen el rendimiento de las máquinas, y las razones más comunes son cuellos de botella en las líneas de producción, sensores bloqueados por productos o problemas de diseño. Normalmente son resueltos por el operador y no requieren apoyo de un experto en mantenimiento.
- **Velocidad de operación reducida:** el desgaste, la suciedad, una mala lubricación, condiciones ambientales, incluso la inexperiencia

del operador son condiciones que reducen la velocidad óptima de la máquina.

- **Defectos en el proceso:** esta pérdida se presenta cuando existe un problema de calidad en alguna parte del proceso productivo, ocasionando paros no programados debido a las piezas defectuosas.
- **Pérdidas por puesta en marcha, cambios o paradas:** estas ocurren mientras el proceso de producción alcanza su estabilidad, normalmente cuando las máquinas alcanzan su temperatura de funcionamiento o se presentan cambios en el artículo a producir, entre otros.

LOS 8 PILARES FUNDAMENTALES DEL TPM

Para realizar una óptima aplicación del TPM se deben de cumplir con 8 pilares fundamentales, que son una ruta adecuada para eliminar o reducir las pérdidas, mediante 12 pasos que se abordarán más adelante.

MEJORAS ENFOCADAS (KOBETZU KAIZSEN)

Las mejoras enfocadas se logran mediante el conocimiento de los procesos y con un análisis profundo que permita identificar las causas de los problemas crónicos del proceso, involucrando a todo el personal en acciones de mejora individual y grupal, de tal manera que impacte en la eficiencia de las máquinas y en el desempeño del talento humano.

Existen diversas herramientas que permiten la implementación de este pilar, de donde se resalta el paseo por el *gemba* que desarrolló Taiichi Ohno, el cual, consiste en la observación a conciencia de los procesos y de la operación diaria, haciendo preguntas y comprendiendo cada proceso con la finalidad de lograr la mejora continua.

Un paseo por el *gemba* cuenta con tres principios fundamentales:

- **Ir al lugar de trabajo:** bajar al *gemba* para verificar su funcionamiento durante el proceso y detectar que las condiciones son las idóneas para que se obtengan los resultados esperados.
- **Realizar las interrogantes:** hablar con la gente encargada del proceso y hacer preguntas como: ¿qué estás haciendo?, ¿Por qué lo haces de esa forma?, ¿cómo podría ser mejor?, ¿de qué manera te podemos ayudar a mejorar? Esto con la finalidad de encontrar la causa raíz y comprender el proceso e identificar oportunidades de mejora.
- **Mostrar respeto:** la clave radica en respetar las capacidades y esfuerzos de quien realiza cada parte del proceso, y la mejor manera de respetar cada persona es involucrándolos en la solución de los problemas. Es

imperante que este involucramiento sea de todo el personal que participa como supervisores, encargados de áreas y no solo con el personal de línea de producción.

Esta herramienta permitirá conocer a profundidad el proceso y logrará identificar las actividades que no generan ningún valor agregado como por ejemplo, fuentes de desperdicio, condiciones inseguras, cuellos de botella, focos de infección, etcétera.

Existen además otras herramientas para la mejora continua como el Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE), los 5 *por qué*, método PM, análisis de causa raíz, el ciclo de Deming, entre otras. Las mejoras enfocadas tienen como propósito la eliminación de las causas de pérdidas crónicas, mediante el conocimiento de los procesos con un análisis que permita la identificación de la causa raíz de los problemas.

El concepto del ciclo de mejora continua fue desarrollado por Walter A. Shewhart; sin embargo, fue hasta la década de 1950 que Edwards Deming lo desarrolla en Japón alcanzando su madurez y el reconocimiento del mundo. Gracias a este trabajo comienzan a llamar a esta herramienta ciclo de Deming, la cual es utilizada en el TPM para la mejora continua, y es conocido también como ciclo PHVA, es decir Planear, Hacer, Verificar y Analizar (Figura 2).

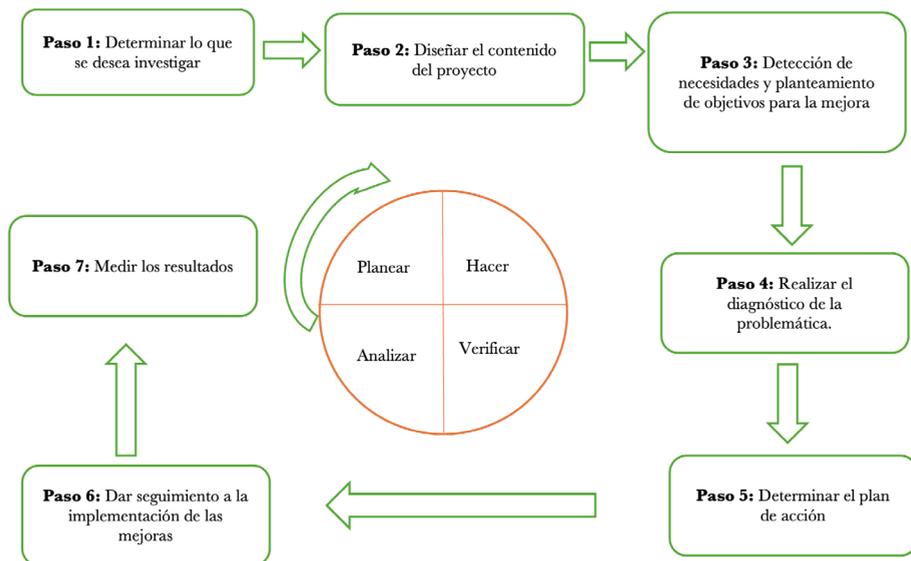


Figura 2. Ciclo de Deming
Fuente: elaboración propia

Este sistema logra que las empresas tengan una mejora en la competitividad y en los procesos, y a través de ella, se propicia la reducción de los costos, la identificación del problema y la planificación adecuada de las actividades.

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO (JISHU HOZEN)

El mantenimiento autónomo deriva del conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones de las máquinas o equipos. Según Fernández, (2018) se basa en la prevención de las fallas mediante el sistema de:

- a. Limpieza
- b. Eliminar la suciedad y las fuentes de contaminación
- c. Elaboración de normas de mantenimiento autónomo
- d. Métodos de inspección visual
- e. Uso de tecnologías
- f. Estandarizar los procedimientos
- g. Control de objetivos y metas

Involucrar al personal en estas tareas, permitirá identificar la causa raíz de los problemas y así formar parte de su solución. Cuando los operadores sienten que forman parte de este pilar se crea conciencia y se resuelven de manera adecuada las dificultades.

Realizar los ajustes adecuados es parte del mantenimiento autónomo, y esto se vuelve una tarea cotidiana que comienza con la capacitación. Es imperante que el departamento de producción y el de mantenimiento trabajen de manera paralela comprendiendo que los dos buscan un fin común.

Estas actividades son muy importantes para prevenir futuras fallas en los equipos, mediante la identificación de irregularidades, que pueden marcarse con tarjetas que los operadores dejarán en el lugar de la anomalía. Estas contienen datos como el paso del mantenimiento autónomo en el que se encontró la normalidad, de identificación del equipo, descripción de la anomalía y el nombre de la persona que encontró dicha anomalía.

Además, cuentan con una codificación de color blanco, verde y rojas; siendo las dos primeras para la identificación de irregularidades que los mismos operadores pueden corregir y las de color rojo donde requiere la intervención del personal de mantenimiento. Las irregularidades que se pueden identificar van desde un juego excesivo entre dos piezas, deformaciones, desgastes, corrosión; hasta problemas más graves como poleas o ejes desalineados, piezas fracturadas, sensores desprogramados, entre otros.

La corrección es una pieza clave del mantenimiento autónomo, ya que, de esta manera se logrará mantener la fiabilidad de los equipos y se podrán reducir los costos de mantenimiento.

MANTENIMIENTO PLANIFICADO (KEIKAKU HOZEN)

Este mantenimiento tiene como objetivo asegurar la funcionalidad de los equipos y la eficiencia adecuada durante toda la vida de los equipos. Debe tener la madurez para que las experiencias previas logren la modificación de los nuevos equipos.

Elaborar un plan maestro de mantenimiento requiere de diferentes pasos como:

1. Realizar un diagnóstico del equipo que permita conocer las condiciones actuales de las máquinas o equipos.
2. Corrección de errores, degradaciones y puntos débiles detectados.
3. Crear un sistema de información de mantenimiento preventivo y regular.
4. Evaluar la efectividad del plan maestro de mantenimiento.

Estos pasos se forman de diversas actividades, por ejemplo, realizar un inventario de equipos, formular estándares de evaluación que permitan categorizar los equipos en buenos, malos o con fallas, establecer periodos y definir los procedimientos de mantenimiento adecuados para cada equipo, instituir indicadores que permitan identificar su desempeño, los tiempos muertos por fallas, incluso los gastos.

Dentro del mantenimiento es necesario conocer la terminología adecuada que permita el manejo correcto del sistema de información que debe crearse. Esta terminología, según Tavares (2000) es preventivo, mantenimiento correctivo, prioridad, mantenibilidad, servicios de apoyo, preventivo por tiempo, preventivo por estado, periódico, lubricación, revisión de garantía, entre otros.

Este mantenimiento debe estar acompañado de diferentes formatos que permitan la identificación de los equipos con los que cuenta la empresa (Tabla 1).

Tabla 1. Ejemplo de una ficha técnica

Datos generales					
Nombre del equipo	Modelo	Serie	Estatus	Precio	Proveedor
Ficha técnica					
Dimensiones:		Peso:		Carga total:	

Tensión:	Corriente:	Tipo		
Tipo de motor:	Potencia:	Amperaje:		
Plan de mantenimiento				
Necesidades de mantenimiento	Herramientas	Consumibles	Costo	Periodicidad
Limpieza general				Cuatrimestral
Inspección y conteo de piezas				Cada práctica
Lubricación de rodamientos				Cuatrimestral
Inspección de bandas y cadenas				Cuatrimestral

Fuente: elaboración propia.

Las nuevas tecnologías permiten eficientizar las tareas, por ejemplo, con la generación de códigos QR donde cualquier empleado con los permisos necesarios y un celular podrá escanearlo para acceder a la hoja de vida del equipo. Esto se puede lograr sin necesidad de comprar *softwares* de mantenimiento que normalmente son muy caros. A continuación, se muestra la codificación de los equipos para los mantenimientos realizados (Figura 3).



Figura 3. Ejemplo de la codificación de equipos

Fuente: elaboración propia

Para la generación de estos códigos se pueden utilizar diversos *softwares*, aplicaciones o incluso páginas que permiten incluir texto y el logotipo de la empresa. Se pueden generar de manera automática en *Flowcode*, *QR Code Generator*, *Codylife.com*, *qr-code-monkey.com*. Mediante estas herramientas se mantiene un sistema de información vigente y al alcance de todo el personal involucrado, logrando reducir tiempos para su carga, ya que se puede hacer en el instante por medio de un dispositivo móvil, acceso a Internet y una aplicación para escanear el código QR.

MANTENIMIENTO DE CALIDAD (HINSHITSU HOZEN)

El TPM tiene por objetivo cero pérdidas, por ello el mantenimiento de calidad está ligado al pilar anterior, ya que se busca mejorar o mantener la calidad del producto final que se crea en las empresas. Este mantenimiento está orientado al cuidado de las máquinas o equipos, con la finalidad de que estas no generen algún defecto en su calidad.

Estos defectos se evitan con una revisión periódica de las condiciones de los equipos, verificando los valores y rangos de cada especificación. Según Suzuki (1995) existen 5 modos de defectos de calidad los que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Modos de defectos de calidad

Modos de defectos de falla	Descripción
1. Desviación de la composición	Composición química, propiedades como la estabilidad térmica, impurezas
2. Contaminación	Polvo, óxido, astillas, cabellos, bacterias, virutas, piezas rotas de máquinas, etcétera
3. No uniformidad y dispersión	Variaciones de color, tamaño irregular de granos, espesor desequilibrado, planeidad desigual
4. Defectos visuales	Oscurecimiento, precipitación, coagulación, adherencia de cristales, descoloración, deformaciones
5. Defectos de empaquetado	Peso bajo, cierre o aislamiento inapropiado, sacos rotos, humedad, descomposición, mal etiquetado, etcétera

Fuente: Suzuki (1995).

Un programa de mantenimiento de calidad debe contar con la implantación previa de los pilares autónomos, mejoras enfocadas, mantenimiento planificado, formación y adiestramiento para generar capacidades de ejecución. Los operadores deben identificar y corregir las anomalías que se presenten, para ello se deben utilizar las tres realidades, que son la localización real, objeto y fenómeno real.

CONSIDERACIONES DEL MANTENIMIENTO

La empresa debe contar con un sólido sistema de información donde identifique las fallas que han presentado equipos similares y cómo se pueden reducir. Cuando los equipos no están diseñados para una limpieza fácil, los operarios y el personal de mantenimiento requieren más tiempo para realizar estas tareas, provocando un incremento en los costos por reparaciones mayores.

ACTIVIDADES DE LOS DEPARTAMENTOS ADMINISTRATIVOS Y DE APOYO

Los departamentos administrativos y de apoyo no agregan valor directo a la producción; sin embargo, su actividad permite mejorar significativamente los procesos de producción. Ingeniería y administración deben contar con un sistema de información y comunicación efectiva entre ellos, de manera que su actuar impacte positivamente al departamento de producción.

Es muy importante que cada uno conozca sus funciones y la forma de lograrlas. Por ello, los responsables deben definir la visión del departamento -imagen ideal- y sus misiones (Suzuki, 1995).

FORMACIÓN Y ADIESTRAMIENTO

El TPM maneja dos tipos de adiestramiento, el primero es OJT o Programa de Entrenamiento en el Lugar de Trabajo, y es donde los postulantes adquieren el adiestramiento para incrementar sus destrezas y efectuar las situaciones de responsabilidad designadas.

Suzuki (1995) establece cuatro niveles de capacidad:

- Nivel 1: carecer de habilidades prácticas.
- Nivel 2: tiene conocimiento solamente de la teoría.
- Nivel 3: tiene maestría práctica, pero no teórica.
- Nivel 4: tiene maestría práctica y teórica.

La formación de estas capacidades se debe lograr paso a paso con el diseño del programa de formación, la implementación y su evaluación. Este debe motivar al autodesarrollo del personal, de manera que busque conocer a fondo sus equipos e identifique las anomalías presentes. Las competencias en el programa de formación son: lubricar adecuadamente, limpiar e inspeccionar, corregir las fallas encontradas en la inspección, mantener la velocidad de las máquinas, incluso llegar al remplazo de componentes que no requieren un alto grado de competencias.

Para el departamento de mantenimiento, este programa de formación comienza con el adiestramiento de operarios para la adecuada ejecución del

mantenimiento autónomo, incrementar la fiabilidad de equipos y componentes, incrementar la vida útil y la reducción de los tiempos muertos por fallos.

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

El objetivo del TPM es el incremento de la productividad y rentabilidad de las empresas, asegurando la prevención de accidentes y la eliminación de agentes de riesgos.

Los equipos que presentan alguna falla o que no se operan bajo condiciones seguras, son una fuente común de riesgos. Además, la falta de organización y limpieza en equipos y áreas de trabajo puede producir accidentes y pérdidas de materiales. La operación de los equipos por personal que no está calificado representa también un factor de riesgo. Por ello, es importante lograr concientizar al personal y hacerlos comprender que cada uno es responsable de su propia salud y seguridad.

Existen algunas técnicas para la eliminación de accidentes que son necesarias comprender, conocer a fondo y seleccionar para cada situación. Todas las empresas que desean implementar un TPM deben contar con un plan de seguridad y pueden apoyarse de diversos estándares como el ISO 45001 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, buscan la integración de un plan de seguridad basado en la actividad productiva de la empresa, el establecimiento de una planeación, el diseño de estrategias de atención de riesgos y auditorías de seguridad bien definidas donde se busque eliminar los accidentes.

Este punto debe tener un involucramiento de la alta dirección para concientizar al personal de la empresa, asegurar el recurso para la implementación, formación y adiestramiento en todos los niveles.

DESARROLLO DEL TPM

FASES PARA EL DESARROLLO DEL TPM

Este mantenimiento se implementa en 4 fases: preparación, introducción, implantación y consolidación; se desarrollan en 12 pasos que aseguran el desarrollo adecuado y sistemático del TPM.

FASE DE PREPARACIÓN

Esta comienza cuando la alta gerencia anuncia la decisión de adoptar un TPM y finaliza con el desarrollo de un plan maestro. Por lo tanto, tiene dos etapas.

Paso 1. Anuncio de la alta dirección en implementar el TPM: es de gran importancia que todos los empleados comprendan que existe la necesidad de llevarlo a cabo (Suzuki, 1995).

Paso 2. Campaña de educación para la introducción del TPM: todo el personal debe comprender las características y razones por las que se implementará. Esto se puede lograr con un plan de capacitación por áreas donde se explique de una manera adecuada para cada nivel (Aranguren, 2015).

Paso 3. Crear un departamento de promoción del TPM: se debe promover desde la alta dirección con la formación de pequeñas células a través de toda la organización, estas deben estar en los niveles gerenciales, encargados de áreas, supervisores y operadores. Debe existir una oficina de promoción del TPM, donde el personal tenga el objetivo de implementarlo.

Paso 4. Determinar objetivos: la política del TPM debe estar contenida en la política general de la empresa y contener algunos elementos básicos, como mencionar la participación de todo el personal, buscar las cero averías y defectos para maximizar la productividad y competitividad, hablar de la conformación de un equipo de ingeniería que permita una fabricación de calidad. El desarrollo de competencias en el personal les motivará al autodesarrollo y a la creación de lugares de trabajo agradables y eficientes. Los objetivos deben ser numéricos, desafiantes, pero alcanzables. Por ejemplo, si el número de fallos supera las 50 unidades, el objetivo podría ser 15/50 o menos fallos, con la finalidad de que sea alcanzable y que represente un desafío; sin embargo, si se deja en 1/50 o menos, resultará difícil cumplir y bajará la motivación de los empleados.

Paso 5. Diseño del plan maestro del TPM: se plasman todas las actividades a desarrollar para lograr los objetivos propuestos del TPM. Aquí se deben incluir los 8 pilares y pueden apoyarse en el mantenimiento predictivo y los datos que arroja. Debe incluir la asignación de recursos humanos, materiales y económicos para su adecuado funcionamiento.

FASE DE INTRODUCCIÓN

Paso 6. Banderazo de arranque del TPM: este es un paso muy importante y debe darse en una atmósfera controlada donde inspire al personal, de tal manera que trabaje por convicción en su implantación. Este paso puede darse a través de una reunión general y guiarse por la alta dirección donde ratifique el compromiso por este proyecto.

FASE DE IMPLEMENTACIÓN

Paso 7. Se aplican 4 pilares comenzando por las mejoras continuas, mantenimiento autónomo y planificado la formación. Es la base para el desarrollo de los demás, por lo que deben socializarse con los miembros del equipo.

Paso 8. Prevención del mantenimiento: en este paso se debe realizar la gestión temprana del mantenimiento, tomando en cuenta las condiciones de operación a las que estarán sometidas las máquinas con la finalidad de adquirir el equipo adecuado. Una vez instalados los nuevos equipos, es importante realizar su arranque, así como los ajustes y calibraciones para tener condiciones de producción estable.

Paso 9. Mantenimiento de calidad: el control de las condiciones de operación de los equipos asegura que los productos fabricados tengan la calidad necesaria, de manera que se eviten retrabajos por un error en la máquina, como una mezcla variable del color, la forma, etcétera.

Paso 10. MPT en departamentos administrativos y de apoyo: involucra la creación de una red de información en todos los departamentos, de tal manera que no existan retrasos en la entrega de materiales, pagos de materia prima, entrega de refacciones necesarias, etcétera. Debe estar disponible para cada persona involucrada. A menudo, los departamentos de apoyo no están ligados directamente con la producción de la empresa, pero sí indirectamente, ya que, si abandonan sus tareas, retrasan la producción.

Paso 11. Seguridad y medio ambiente: esta es una actividad promovida dentro del plan maestro del TPM y debe estar acompañada de estudios de operabilidad, modos de fallos y la formación para la prevención de accidentes. La seguridad va desde la operación hasta el mantenimiento de los equipos, con metodologías como el sistema loto para el bloqueo de los equipos durante las operaciones, entre muchas otras.

FASE DE CONSOLIDACIÓN

Paso 12. Mantener y mejorar la implementación del TPM: aquí se deben establecer instrumentos que permitan medir el avance y la mejora continua, de tal manera que mediante las evaluaciones se pueda obtener una radiografía de problemas y causas. Para este paso debe haber un equipo fuerte de implementación que integre las actividades diarias.

Tabla 3. Resumen de fases del MPT

Fases	Pasos
Preparación	1 al 5
Introducción	6
Implementación	7 al 11
Consolidación	12

Fuente: elaboración propia con datos de Suzuki (1995).

INDICADORES Y TPM

Los indicadores son estrategias metodológicas que permiten evaluar, medir y dimensionar unidades observables con el fin de lograr un resultado específico (ONU, 2010).

Los objetivos indicadores del TPM deben estar involucrados en los generales de la empresa, es decir, en la operación diaria, con periodos de evaluación que permitan mostrar los resultados de la implementación. El equipo de implementación del TPM es el responsable de fijar las metas, y cambiarlas una vez que se hayan logrado. Además, permitirá la creación de un sistema de gestión que logre incrementar la eficiencia de toda la empresa.

Los indicadores de TPM se clasifican en: 1) Indicadores de gestión; 2) Eficacia; 3) Calidad; 4) Ahorro de energía; 5) Mantenimiento; 6) Salud, entorno y seguridad; y 7) Entrenamiento y clima laboral (Morales, 2005).

INDICADORES DE GESTIÓN

La evaluación de los indicadores debe ser a corto y mediano plazo, con la finalidad de controlar las situaciones que se presenten; por ejemplo, pueden ser mensuales, semestrales y anuales. Por medio de estos, los departamentos comprenden sus responsabilidades y definen estrategias para lograrlo.

Valor añadido por empleado: a un producto una vez que pasa por las diferentes etapas del proceso; sin embargo, en el TPM el enfoque está hacia el valor agregado que cada persona de la empresa aporta al producto final, este indicador puede medirse de manera anual.

$$\text{Valor añadido por empleado} = \frac{\text{Valor añadido}}{\text{Número de empleados}}$$

Productividad del personal: es el valor que en volumen de producción se tiene por cada empleado; puede medirse cada año

$$\begin{aligned}\text{Productividad del personal} &= \frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Número de empleados}} \\ \text{Productividad del personal} &= \frac{\text{Cantidad de producción}}{\text{Total de horas trabajadas}}\end{aligned}$$

Eficiencia de inversiones en equipo: se mide dividiendo el valor de la producción del periodo en dinero, sobre el valor de activos fijos al final del periodo, debe medirse semestralmente.

$$\text{Eficiencia de inversiones en equipo} = \frac{\text{Producción por periodo}}{\text{Valor de activos fijos al final del periodo}}$$

INDICADORES DE EFICACIA

La productividad se puede definir como la capacidad de la sociedad para utilizar de una manera óptima los recursos que se tienen: el humano, financiero y el desarrollo de innovación tecnológica (Escalante, 2016).

Productividad total: es la relación entre el valor de la producción total en cantidades monetarias y el costo de recursos utilizados para obtenerla.

$$\text{Productividad total} = \frac{\text{Producción total}}{\text{Insumos}}$$

Productividad parcial: es la relación entre el valor de la producción obtenida en cantidades monetarias y el costo del recurso específico.

$$\text{Productividad parcial} = \frac{\text{Producción total}}{\text{Insumos de un solo tipo}}$$

Disponibilidad: el tiempo disponible para producir entre el tiempo total de paros, a través de una resta entre las horas totales y los tiempos de paros de la máquina.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{tiempo de paros por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

Tasa de rendimiento: se debe medir semestralmente y la meta debe ser alta, según las condiciones de la empresa.

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{\text{Tasa de media de producción}}{\text{Tasa de producción estándar}} \times 100$$

Tasa de calidad: es el resultado de los productos sin problemas de calidad entre el volumen total de producción. Se debe medir mensualmente.

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{(\text{Volumen de producción}) - (\text{Defectos} + \text{Reprocesos})}{\text{Volumen de producción}} \times 100$$

Eficacia global de la planta: mantener la eficiencia de la planta es una tarea primordial y se calcula con la siguiente fórmula.

$$\text{Eficacia global de la planta} = (\text{Disponibilidad})(\text{Tasa de rendimiento})(\text{Tasa de calidad})$$

Tasa de producción estándar: el volumen estándar de producción entre el tiempo de operación. La periodicidad de este indicador debe ser anual.

$$\text{Tasa de producción estándar: } \frac{\text{Volumen estándar de producción}}{\text{Tiempo de operación}}$$

INDICADORES DE CALIDAD

La calidad de los productos que se fabrican en una empresa debe cuidarse desde el principio de cada proceso de la planta, los reprocesos, productos fuera de especificaciones y las devoluciones por garantía son costos extras que se deben de reducir, ya que esto afecta la productividad.

Tasa de defectos de proceso: es la cantidad de imperfecciones que se tienen en comparación con el volumen de producción considerando unidades recicladas (RC) y fuera de medición (OS).

$$\text{Tasa de defectos de procesos} = \frac{RC + OS + Desechos}{\text{Volumen de producción}}$$

Costo de defectos de proceso: los costos generados por reciclaje, pérdidas de degradación de productos, costos de desechos.

Número de reclamaciones de garantía: se pretende tener cero trabajos por garantía.

Valor actual de reclamaciones de garantía: costos obtenidos por los trabajos de garantía.

Rendimiento global: es el rendimiento que se tiene por cada tipo de producto que se fabrica en la empresa.

$$\text{Rendimiento global} = \frac{\text{Costo total de productos vendidos}}{\text{Costo total de materias primas utilizadas}}$$

INDICADORES DE AHORRO DE ENERGÍA

Se debe buscar el ahorro en todos los sentidos, por ello estos indicadores son muy importantes para aumentar la productividad.

Consumo de electricidad: es el consumo en kilowatts hora de electricidad, ya sea comprada o producida por la empresa.

Consumo de vapor: tendencia de consumo de vapor por la empresa y se puede medir mensualmente.

Consumo de combustible: es la sumatoria de los costos de combustibles como gas natural, gas LP, diésel, gasolina, etcétera.

Consumo de agua: es la tendencia del consumo de agua para la producción.

INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Se deben evaluar las mejoras en la fiabilidad de los equipos y la eficacia de los mantenimientos realizados, por medio de los siguientes indicadores:

Frecuencia de fallos: es la periodicidad en la que se presentan los fallos de los equipos, este indicador debe mantenerse muy bajo y debe medirse mensualmente.

$$\text{Frecuencia de fallos} = \frac{\text{Cantidad de paros por fallas}}{\text{Tiempo total de operación}}$$
$$\text{Frecuencia de fallos} = \frac{F}{TT - NOT}$$

Donde:

F= Número de fallas, TT= Tiempo total y NOT= Tiempo no operacional.

Fiabilidad: es el porcentaje de seguridad de que la máquina va a funcionar y se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Fiabilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de fallo}}{\text{Horas totales}} \times 100$$

Tiempo medio entre fallas: son los periodos en los que se presenta una falla, se puede calcular mediante la siguiente fórmula de manera mensual.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{Número total de fallas}}$$

Tiempo medio de reparaciones: es el tiempo en promedio que se tiene para reparar una falla, se debe calcular mensualmente mediante la siguiente fórmula.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de paros}}{\text{Número de paros}}$$

Tiempo medio hasta la puesta en marcha: es el tiempo en promedio utilizado para la puesta en marcha de los equipos, se debe calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TMPM} = \frac{\text{Horas totales de paros}}{\text{Número de paros}}$$

Tasa de logros de mantenimiento preventivo: es el cociente entre los mantenimientos preventivos realizados y los mantenimientos preventivos planeados. Se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de logros del PM} = \frac{\text{Mantenimientos preventivos realizados}}{\text{Mantenimientos preventivos planeados}} \times 100$$

Tasa de costos de mantenimiento: indica la relación sobre los costos de mantenimiento con el costo total de producción.

$$\text{Tasa de costos de mantenimiento} = \frac{\text{Costos de mantenimiento}}{\text{Costo total de producción}}$$

Costo de mantenimiento unitario: es la relación del costo de mantenimiento por unidad de producto.

$$\text{Costo de mantenimiento unitario:} = \frac{\text{Costos de mantenimiento}}{\text{Volumen de producción}}$$

INDICADORES DE SALUD, ENTORNO Y SEGURIDAD

Estos indicadores permiten controlar la seguridad e higiene de la empresa y permiten conocer el estado de la empresa respecto de estos puntos.

La siguiente fórmula incluye el número de accidentes por horas de operación, los días consecutivos sin que se presente alguno y las situaciones que han obligado a paros laborales.

$$\text{Frecuencia de accidentes} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas totales de operación}}$$

INDICADORES DE ENTRENAMIENTO Y CLIMA LABORAL

Los indicadores de formación nos mostrarán el grado de avance en la formación del personal y el impacto de dicha formación en las actividades de las empresas.

Tiempo invertido en reuniones de TPM: calcula el tiempo total invertido en las pequeñas células de implementación del TPM.

Número de personal en formación: es la cantidad de personal que se encuentra en formación con respecto de la totalidad de empleados.

$$\text{Personal en formación} = \frac{\text{Personal en formación}}{\text{Total de empleados}} \times 100$$

Temas registrados para mejoras focalizadas: es la cantidad de temas detectados para mejoras focalizadas.

Sentido de pertenencia: es la tasa de la cantidad de empleados que se sienten parte de la empresa y del TPM.

APLICACIÓN DEL TPM EN LA INDUSTRIA 4.0

La industria 4.0 es la tendencia y se refiere a una transformación exponencial en las nuevas tecnologías para todas las áreas de la empresa, como la robótica para la automatización de los procesos, drones para la transformación de la logística, el *big data* para organizar toda la información generada. Sin duda, la cuarta revolución industrial beneficiará la implementación del TPM en las empresas debido a que los procesos serán automatizados, recibirán y entregarán información en tiempo real gracias a los sistemas ciber físicos y el Internet de las cosas.

La participación de las universidades en México y en todo Latinoamérica debe estar orientada a desarrollar estas disciplinas y métodos para su introducción. El avance en la tecnificación y automatización de las empresas del país permitirá un mayor desempeño y una implementación más rápida gracias al desarrollo de los sistemas de información.

La Tabla 4 compara la metodología del TPM y la industria 4.0.

Tabla 4. Comparativa del TPM y la industria 4.0

Aspecto	TPM tradicional	Industria 4.0 aplicada a TPM
Enfoque	Preventivo y autónomo	Predictivo y basado en datos
Datos	Manuales o locales	Sensores, big data y análisis en tiempo real
Mantenimiento	Basado en cronogramas	Basado en condiciones y algoritmos de IA
Impacto	Reducción de fallas	Optimización en tiempo real

Fuente: tabla generada utilizando ChatGPT (OpenAI, 2024).

EL TPM Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Actualmente, existen *software* que permiten gestionar de manera adecuada el TPM. En este apartado, se revisarán los más utilizados.

ILEAN INDUSTRIAL SYSTEM

Este *software* ayuda en la implementación del TPM en la empresa y reduce el tiempo de desarrollo, ya que tiene varias pantallas en donde muestra la carga de indicadores, inventarios y personal. Además, tiene un módulo de entrenamiento que apoyará en el *Pilar de formación*. Contiene herramientas que en tiempo real entrega la información a todos los usuarios que lo necesitan, incluso muestra la ubicación del material en el almacén y en el uso adecuado de acuerdo con las fechas de caducidad o por el tiempo que tiene almacenado. Lo que permite reducir las pérdidas (Figuras 4 a 6).



Figura 4. Módulo de entrenamiento

Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Módulo *kaizen*

Fuente: elaboración propia.



Figura 6. Módulo de alta de asistentes

Fuente: elaboración propia.

FRACTTAL

Es un *software* CMMS/GMAO de gestión de mantenimiento y activos físicos, que permite el monitoreo en tiempo real de los equipos de producción, reportando inmediatamente las fallas. Además, permite generar las órdenes y el avance respecto a los planes de mantenimiento y cantidades de solicitudes comparadas con las que se alcanzaron a resolver. Cuenta con una plataforma, la cual, es compatible con *Windows*, *Android* e *iOS* (Figura 7).

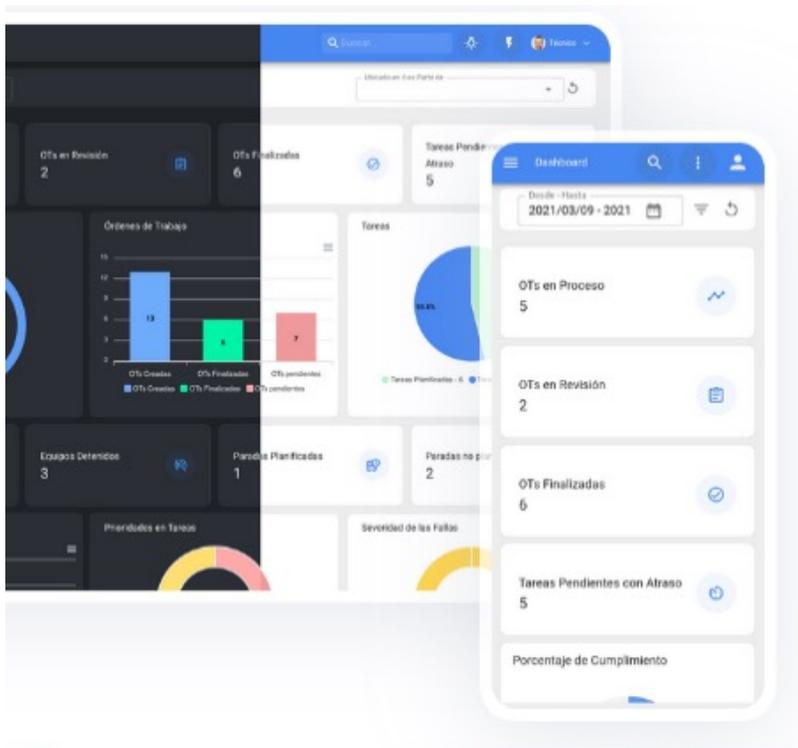


Figura 7. *Software* Fractal

Fuente: elaboración propia.

Actualmente, existen muchos *softwares* que pueden ayudar con la implementación del TPM en las industrias, pero es necesario definir qué es lo que se necesita conforme al recurso que dispone la empresa. Es muy importante contar con estas herramientas para facilitar el rastreo de información entre los departamentos de apoyo y los de producción.

CONCLUSIONES

El TPM permitirá incrementar la productividad de la empresa y se observarán los beneficios en los indicadores, como el aumento de la productividad, reducción de pérdida de materiales y de tiempo, reprocesos y mantener la velocidad de producción a su máximo nivel. Existen muchos otros beneficios que no se pueden medir directamente, como el cambio de mentalidad del personal, orientado hacia la mejora continua, mejores espacios de trabajo y clima laboral. Todos estos puntos permiten a los empleados estar contentos en su trabajo, lo que impactará en el aumento de la productividad, la detección oportuna de anomalías en los equipos, la operación correcta, entre otros.

Cada pilar tiene un aporte muy importante para el desarrollo del TPM, de acuerdo con los doce pasos proporcionados, ya que estos marcan una secuencia ideal para su ejecución y además están desarrollados de acuerdo a los casos de éxito en empresas japonesas. Los pilares van desarrollándose de manera conjunta y se complementan para lograr el objetivo principal.

El TPM es una filosofía que puede beneficiar a las empresas, incluso la vida personal de los empleados, porque se enfoca en la mejora, detección y corrección de problemas.

REFERENCIAS

- Aranguren-Medina, J. (2015). *Implantación exitosa de TPM en la industria colombiana* [Tesis de ingeniería, Universidad EAFIT]. Repositorio EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/a863a983-6e77-4daf-92e7-fb7d4fe29235/content>
- CoSphere. (2019, 05 de diciembre). *Implantación de TPM en México*. CoSphere Consulting Group. <https://cospherecg.com/tpm-mexico/>
- Escalante, A. y González, J. (2016) *Ingeniería Industrial. Métodos y Tiempos de Manufactura*. Editorial Alfaomega.
- Fernández, E. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM* [Tesis de grado, Universidad de Oviedo]. Repositorio Digibuo. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=85F6A7C74DAE35B6CA155B34DDCD6245?sequence=1>
- Morales, J. (2005). *Estudios sobre el estado de situación de la implementación del TPM en Chile*. Mantenimiento Planificado. <https://docplayer.es/14648916-Estudio-sobre-el-estado-de-situacion-de-la-implementation-del-tpm-en-chile-autor-juan-francisco-morales-zamora-mail-juanframz-123.html>
- Nasurdin, A. M., Jantan, M., Wong, W. P. y Ramayah, T. (2005). Influence of Employee Involvement in Total Productive Maintenance Practices on Job Characteristics. *Gadjah Mada International Journal of Business*, 7(3), 287-300.
- Organización de las Naciones Unidas. (2010). Indicadores. Principios básicos de programación, Monitoreo y Evaluación. <https://www.endvawnow.org/es/articles/336-indicadores.html>
- OpenAI. (2024). *ChatGPT* (Versión GPT-4) [Modelo de lenguaje de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com/>
- Suzuki, T. (1995). *TPM en industrias de proceso*. TGP-HOSHIN. https://kupdf.net/download/tpm-suzuki-libro-pdf_589dd91e6454a7d83ab1e8db_pdf
- Tavares, L. (2000). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Novo Polo Publicaciones.

Consulta este y otros títulos dentro del catálogo de Libros UAT del Consejo de Publicaciones en el siguiente enlace:



<https://libros.uat.edu.mx>

 <https://publicaciones.uat.edu.mx>

Equipo editorial

Coordinación: Venancio Vanoye Eligio

Gestión y administración: Jessica Abigail Rodríguez Tinajero, María Teresa Maldonado Sada

Revisión y corrección de estilo: José Luis Énder Velarde García, Jorge Alberto Vázquez Herrera

Diseño y maquetación: Erika González Navarro, Wendy Castillo Cruz, Lorena E. Cortez Rodríguez

Las siete herramientas de calidad aplicadas a la ingeniería industrial de Gabriela Cervantes Zubirías, Mario Alberto Morales Rodríguez, autores, publicado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas en agosto de 2025. La revisión y diseño editorial correspondieron al Consejo de Publicaciones UAT.



VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD

Esta obra aborda la aplicación de siete herramientas de calidad en la ingeniería industrial que tienen por objetivo emplear los recursos empresariales con eficiencia, incluidos los financieros, mano de obra y talento humano con el fin de optimizar tanto los procesos productivos como los que no añaden valor.

El ingeniero industrial de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán es un agente que contribuye al progreso integral de la sociedad, busca formar profesionistas competentes para planear, diseñar, implantar y mejorar todo tipo de sistemas productivos que impliquen a los empleados, elementos materiales, tecnológicos, financieros, de investigación y de energía.

Este libro incluye todas las áreas de una empresa con una perspectiva basada en los retos globales, el desarrollo social y la sustentabilidad.

ISBN: 978-607-8888-86-3

ISBN 978 607 8888 86 3

