Implementation of a Zero Quality Control System to increase productivity in textile companies in Peru

Claudia Aurora Zelada Roa[1]; Jean Carlos Escurra Lagos[2]
[1]Universidad Privada del Norte, Perú, N00250909@upn.pe
[2]Universidad Privada del Norte, Perú, jean.escurra@upn.pe

Abstract*– The textile sector is one of the most important activities in the Peruvian economy; however, companies in the sector face productivity problems associated with defect generation, process variability, and limited application of preventive controls, particularly in Micro and Small Enterprises (MSEs). In response to this problem, the objective was to implement a Zero Quality Control System to increase productivity in textile companies in Peru. A quantitative, applied, quasi-experimental study was conducted with an intervention company and a control company. The intervention included source inspection, immediate error correction, process standardization, poka-yoke devices on sewing machines, and personnel training to strengthen self-control. The results showed that productivity in the intervention company increased from 86.92% to 97.23%, with a variation of 10.31 percentage points, while the control company increased from 82.12% to 85.77%, with a variation of 3.65 percentage points. The difference between both variations was 6.65 percentage points. To statistically test this difference, the Mann–Whitney U test was applied, yielding U = 117.000; p = 0.000024 and r = 0.57, evidencing a statistically significant difference between the productivity variations.

Keywords*-- Zero Quality Control System, productivity, textile sector, continuous improvement, poka-yoke.

Implementación de un Sistema de Control de Calidad Cero para incrementar la productividad en empresas textiles de Perú

Claudia Aurora Zelada Roa[1]; Jean Carlos Escurra Lagos[2]
[1]Universidad Privada del Norte, Perú, N00250909@upn.pe
[2]Universidad Privada del Norte, Perú, jean.escurra@upn.pe

***Resumen*– El sector textil es una de las actividades más importantes de la economía peruana; sin embargo, las empresas del sector enfrentan problemas de productividad asociados a la generación de defectos, la variabilidad de los procesos y la limitada aplicación de controles preventivos, especialmente en las Micro y Pequeñas Empresas (MYPES). Ante esta problemática, el objetivo fue implementar un Sistema de Control de Calidad Cero para incrementar la productividad en empresas textiles del Perú. Se desarrolló un estudio cuantitativo, aplicado y de diseño cuasiexperimental, con una empresa intervenida y una empresa de control. La intervención comprendió inspección en la fuente, corrección inmediata de errores, estandarización de operaciones, dispositivos poka-yoke en máquinas de coser y capacitación del personal para fortalecer el autocontrol. Los resultados mostraron que la productividad de la empresa intervenida aumentó de 86,92% a 97,23%, con una variación de 10,31 puntos porcentuales, mientras que la empresa de control pasó de 82,12% a 85,77%, con una variación de 3,65 puntos porcentuales. La diferencia entre ambas variaciones fue de 6,65 puntos porcentuales. Para comprobar estadísticamente esta diferencia, se aplicó la prueba U de Mann–Whitney, obteniéndose U = 117,000; p = 0,000024 y r = 0,57.**

***Palabras clave*-- Sistema de control de calidad cero, productividad, sector textil, mejora continua, poka-yoke.**

I. Introducción

La industria textil constituye uno de los sectores manufactureros relevantes a nivel mundial por su aporte económico, generación de empleo y participación en las cadenas de suministro. Sin embargo, su competitividad depende de la capacidad para reducir defectos, estandarizar procesos y mantener niveles sostenibles de productividad [1]-[8]. En este contexto, las empresas manufactureras han incorporado enfoques de mejora continua y sistemas preventivos de calidad orientados a minimizar errores, reducir desperdicios y fortalecer la estabilidad de los procesos productivos [9]-[12].

Uno de los principales problemas de la industria textil es la generación de defectos durante las operaciones de corte, costura y acabado, ocasionando reprocesos, pérdidas económicas y disminución de la eficiencia operativa. Estas deficiencias pueden relacionarse con la ausencia de controles preventivos, la variabilidad del proceso y la limitada estandarización de las actividades productivas [13]-[16]. Frente a ello, el Sistema de Control de Calidad Cero, propuesto por Shingo, y el enfoque Cero Defectos, planteado por Crosby, promueven la inspección en la fuente, el autocontrol y la corrección inmediata para evitar que los errores avancen dentro del proceso productivo [17], [18]. Asimismo, el uso de mecanismos preventivos y dispositivos poka-yoke contribuye al control de errores y a la reducción de reprocesos en sistemas manufactureros [19]-[22].

En América Latina, las micro y pequeñas empresas textiles enfrentan limitaciones tecnológicas, organizacionales y de gestión de calidad que pueden generar variabilidad productiva y dificultar la sostenibilidad de las mejoras [23]-[26]. Estudios regionales evidencian además la presencia de esquemas de gestión predominantemente empíricos, donde la detección de fallas ocurre al final del proceso, incrementando los costos asociados al reproceso y desperdicio [27]-[30]. En este contexto, la capacitación del personal, la cultura organizacional y la disciplina operativa influyen en la efectividad de los sistemas preventivos de calidad [31]-[33].

En el Perú, la industria textil representa una actividad relevante y concentra una importante participación de micro y pequeñas empresas [34]-[38]. No obstante, persisten problemas asociados con la baja estandarización, las deficiencias en el control de calidad y la limitada capacidad de autocontrol operativo, que pueden ocasionar defectos recurrentes en costura, medidas incorrectas y fallas de acabado, afectando la productividad y competitividad [39]-[42]. Asimismo, reportes nacionales señalan la presencia de MYPE textiles que operan sin mecanismos formales de control preventivo, situación que puede incrementar los desperdicios, devoluciones y retrabajos [43]-[45].

En el norte del Perú, la actividad textil mantiene relevancia económica; sin embargo, persisten problemas relacionados con fallas de calidad, variabilidad operativa y limitada estandarización en las áreas de confección y acabado [46]-[50]. Estas condiciones pueden verse reforzadas por la inspección tardía y la ausencia de sistemas preventivos orientados a detectar los errores desde su origen, limitando la estabilidad de los procesos productivos.

Aunque la literatura evidencia que la inspección en la fuente, el autocontrol y los dispositivos poka-yoke pueden contribuir al control de errores y al desempeño productivo [17]-[22], existe limitada evidencia empírica sobre su implementación integrada en MYPE textiles peruanas con procesos predominantemente manuales y restricciones tecnológicas y económicas. Asimismo, es limitada la evidencia sobre la evaluación de estas intervenciones mediante la comparación de la variación de productividad entre una

empresa intervenida y una empresa de control. Frente a esta brecha, la presente investigación adapta el Sistema de Control de Calidad Cero a las condiciones operativas de MYPE textiles mediante la integración de inspección en la fuente, autocontrol, estandarización y dispositivos poka-yoke, y evalúa su comportamiento sobre la productividad mediante un diseño cuasiexperimental con mediciones pretest y postest y un grupo de control.

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo implementar un Sistema de Control de Calidad Cero para incrementar la productividad en empresas textiles de Perú. Como objetivos específicos se plantea identificar la situación actual de las empresas estudiadas, medir la productividad antes de la intervención, diseñar e implementar un Sistema de Control de Calidad Cero y evaluar la productividad posterior a la intervención. Asimismo, se plantea como hipótesis que la implementación de un Sistema de Control de Calidad Cero incrementa la productividad de las empresas textiles del Perú.

La contribución del estudio radica en adaptar los principios del Zero Quality Control (ZQC) a empresas textiles tipo MYPE con procesos predominantemente manuales, integrando inspección en la fuente, autocontrol, estandarización y dispositivos poka-yoke. Asimismo, aporta evidencia cuantitativa sobre la variación de la productividad mediante un diseño cuasiexperimental con mediciones pretest y postest y una empresa de control. La novedad se encuentra en la adaptación operativa del ZQC a las condiciones tecnológicas y organizacionales de las empresas estudiadas y en su evaluación mediante la comparación de la variación de productividad entre ambos grupos.

II. Marco Teórico

A. Control de Calidad Cero

El Sistema de Control de Calidad Cero (Zero Quality Control, ZQC), propuesto por Shigeo Shingo, se orienta a prevenir los defectos mediante la inspección en la fuente, el autocontrol y mecanismos de prevención de errores [9]. Su aplicación busca detectar las desviaciones en el momento y lugar donde se generan, evitando que continúen hacia las siguientes etapas del proceso. En este enfoque, los dispositivos poka-yoke constituyen mecanismos preventivos que facilitan la detección o evitan la ocurrencia de errores durante la operación [9], [10].

B. Enfoque Cero Defectos

El enfoque Cero Defectos, desarrollado por Crosby, plantea que la calidad debe gestionarse desde la prevención y el cumplimiento de los requisitos, promoviendo el principio de hacerlo bien desde la primera vez [11], [51]. Este enfoque complementa al ZQC al resaltar la importancia de prevenir los errores en lugar de depender de su detección al final del proceso.

C. Mejora Continua

La mejora continua busca optimizar los procesos mediante la identificación de ineficiencias, reducción del desperdicio y estandarización de las actividades [52], [53]. En esta perspectiva, el Kaizen promueve la participación del personal y la realización progresiva de mejoras orientadas a mantener la estabilidad y el desempeño de los procesos.

D. Técnicas de Calidad - Total Quality Management

La Gestión de la Calidad Total (TQM) se concibe como un La Gestión de la Calidad Total (TQM) es un enfoque integral orientado a asegurar la calidad en las diferentes áreas de la organización mediante la filosofía de “hacer las cosas bien a la primera” [53]. Bajo este enfoque, cada trabajador asume responsabilidad sobre la calidad de su trabajo, incorporando la inspección y el autocontrol a las actividades diarias [54]. Asimismo, el TQM integra herramientas de mejora continua, análisis de procesos y estrategias orientadas al cero defectos para garantizar el cumplimiento de las especificaciones [55]-[59]. La prevención y detección temprana de fallas dependen también de la disciplina operativa, la participación del personal y el compromiso organizacional [60].

E. Productividad

La productividad expresa la relación entre los resultados obtenidos y los recursos o condiciones planificadas para su obtención [61]-[63]. En el presente estudio se evalúa mediante las dimensiones eficiencia y eficacia. La eficiencia se determina mediante la relación entre la producción real y la producción planificada, mientras que la eficacia relaciona los productos conformes con la producción real.

TABLA 1
OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE PRODUCTIVIDAD

Dimensión	Indicador	Fórmula
Eficiencia	Eficiencia (%)	(Producción real / Producción planificada) × 100
Eficacia	Eficacia (%)	(Productos conformes / Producción real) × 100
Integración de dimensiones	Productividad (%)	(Eficiencia × Eficacia) / 100

III. Metodología

La presente investigación utiliza un enfoque cuantitativo, ya que permite medir las variables mediante datos numéricos y analizarlas estadísticamente para contrastar la hipótesis [64]. Por su propósito, se clasifica como tipo aplicada y de alcance explicativo, pues busca evaluar la variación de la productividad asociada a la implementación del Sistema de Control de Calidad Cero en las empresas textiles estudiadas [64], [65]. Asimismo, el estudio adopta un diseño cuasiexperimental con dos grupos no equivalentes: la primera empresa, denominada empresa intervenida, recibió la implementación del Sistema de Control de Calidad Cero, mientras que la segunda, denominada empresa de control, continuó con sus procesos habituales [66]. Ambas empresas fueron evaluadas mediante un pretest y un postest, permitiendo comparar la variación de la productividad durante el periodo de estudio [67].

El tipo de muestreo empleado fue no probabilístico por conveniencia, determinado por la disponibilidad y las condiciones propias del entorno empresarial [68], [69]. La población y muestra estuvieron conformadas por dos empresas textiles del norte del Perú, correspondientes a la empresa intervenida y a la empresa de control, por lo que los resultados se circunscriben a las empresas estudiadas y no permiten una generalización estadística a todas las MYPES textiles del Perú.

Para la recolección de datos se emplearon la observación estructurada y el análisis documental. La primera utilizó una lista de verificación validada mediante juicio de expertos para registrar procedimientos, errores y condiciones del proceso. La segunda recopiló información de reportes internos sobre productividad, tiempos, volúmenes, eficiencia y eficacia [70]. Durante la intervención se realizaron capacitaciones breves, supervisión y retroalimentación inmediata sobre el uso de los formatos de autocontrol, la inspección en la fuente y las acciones de corrección. Estas actividades acompañaron la aplicación de controles visuales y mecanismos poka-yoke en las operaciones de confección, particularmente en costura.

El estudio se desarrolló en tres etapas: diagnóstico, intervención y evaluación. En el pretest, realizado en junio durante 26 días, se aplicaron los mismos instrumentos en ambas empresas para establecer la línea base. La intervención se ejecutó durante julio y agosto únicamente en la empresa intervenida, concentrándose en las operaciones de confección, particularmente en costura, donde se incorporaron inspección en la fuente, mecanismos poka-yoke, guías visuales, referencias de posición y corrección inmediata de errores. La empresa de control mantuvo sus procesos habituales. En el postest, desarrollado en septiembre durante 26 días, se utilizaron los mismos instrumentos y condiciones de registro.

Para favorecer la comparabilidad del análisis, ambas empresas pertenecieron al sector textil y fueron evaluadas durante el mismo número de días mediante los mismos criterios de registro de productividad. Ambas fueron observadas durante el mismo periodo de referencia, mientras que solo la empresa intervenida recibió el Sistema de Control de Calidad Cero. No obstante, debido al carácter cuasiexperimental y a la selección por conveniencia, no se asumió equivalencia absoluta entre ambas empresas.

Los datos fueron organizados en Excel y analizados en STATA versión 19 mediante estadística descriptiva e inferencial. Para cada registro se calculó la variación de productividad (Δ = postest − pretest) y se evaluó su normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk. Debido a que Δ no presentó distribución normal en ambos grupos, se empleó la prueba U de Mann–Whitney para comparar la variación de productividad entre la empresa intervenida y la empresa de control, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. Asimismo, se calculó el tamaño del efecto mediante r. La unidad de análisis correspondió al registro diario de productividad, con 26 observaciones por empresa.

IV. Resultados

A. Situación actual de la empresa intervenida textil del Perú

El sector textil del norte del Perú presenta problemas asociados con bajos niveles de productividad y calidad, principalmente por la falta de estandarización, el uso de métodos artesanales y la limitada gestión técnica en las MYPE.

Para diagnosticar la situación inicial se emplearon los diagramas de Ishikawa y Pareto, que permitieron identificar y priorizar las principales causas de los problemas de calidad asociados a la productividad.

La empresa intervenida es una MYPE textil del norte del Perú dedicada a la confección de prendas de vestir de algodón y mezclas sintéticas bajo pedidos personalizados. La Fig. 1 presenta el diagrama de Ishikawa utilizado para identificar sistemáticamente las causas de los problemas de calidad.

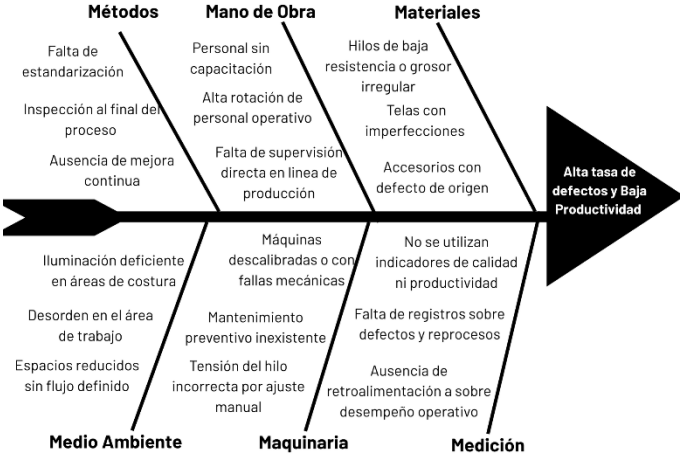


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa de la empresa Intervenida

La Fig. 1 evidencia que las principales causas de defectos se concentran en factores relacionados con el método de trabajo, la mano de obra y la maquinaria. Esto sugiere que la baja productividad estuvo asociada no solo con fallas técnicas aisladas, sino también con deficiencias en la gestión operativa y el control del proceso.

TABLA II
Codificación de las Causas Raíz de la Empresa Intervenida

Cód.	Descripción del problema	% Individual	% Acumulado
CR4	Falta de estandarización del proceso productivo	12.24%	12.24%
CR10	Mantenimiento preventivo inexistente	10.20%	22.45%
CR5	Inspección solo al final del proceso	8.16%	30.61%
CR7	Personal empírico sin capacitación técnica	8.16%	38.78%
CR6	Ausencia de hojas de verificación o registros de control	6.12%	44.90%
CR11	Máquinas descalibradas o con fallas mecánicas	6.12%	51.02%
CR2	Hilos de baja resistencia o grosor irregular	5.10%	56.12%

Cód.	Descripción del problema	% Individual	% Acumulado
CR9	Falta de supervisión directa en línea de producción	5.10%	61.22%
CR14	Falta de registros sobre defectos y reprocesos	5.10%	66.33%
CR18	Espacios reducidos sin flujo productivo definido	5.10%	71.43%
CR1	Telas con imperfecciones visibles	4.08%	75.51%
CR8	Alta rotación del personal operativo	4.08%	79.59%
CR13	No se utilizan indicadores de calidad ni productividad	4.08%	83.67%
CR17	Desorden en el área de trabajo	4.08%	87.76%
CR3	Accesorios con defectos de origen	3.06%	90.82%
CR12	Tensión del hilo incorrecta por ajuste manual	3.06%	93.88%
CR15	Ausencia de retroalimentación sobre desempeño operativo	3.06%	96.94%
CR16	Iluminación deficiente en áreas de costura	3.06%	100.00%

Se muestra que los principales problemas de la empresa se originan por la falta de estandarización, mantenimiento preventivo y control de calidad, además de deficiencias en capacitación, supervisión y registros.

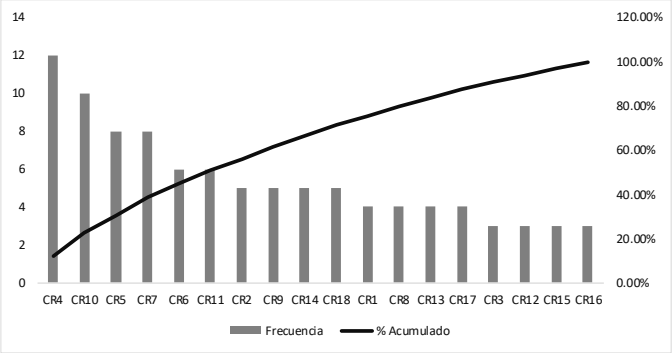


Fig. 2 Diagrama de Pareto de la empresa Intervenida

El análisis de Ishikawa permitió organizar las causas de los problemas de calidad según método, mano de obra, maquinaria, materiales y condiciones del proceso, mientras que Pareto permitió priorizarlas según su frecuencia y contribución acumulada. Las causas de mayor incidencia fueron seleccionadas para orientar las acciones de estandarización, inspección en la fuente, autocontrol y poka-yoke del Sistema de Control de Calidad Cero.

B. Medición de la productividad de las empresas del sector textil – Pretest

Se empleó el instrumento de registro documental para medir la productividad de ambas empresas textiles durante 26 días del mes de junio del 2025, considerando las dimensiones de eficiencia y eficacia. El análisis se realizó bajo sus condiciones reales de operación: la empresa intervenida con 6 operarios y jornadas de 10 horas diarias, y la empresa de control con 5 operarios bajo el mismo horario. La medición incluyó la producción planificada y real en unidades, el consumo de insumos y la cantidad de productos conformes y no conformes, permitiendo calcular los indicadores de eficiencia, eficacia y productividad. A continuación, se presenta la medición correspondiente a la empresa de control e intervenida:

TABLA III
MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD - PRETEST

Días	Productividad de la empresa de Control (%)	Productividad de la empresa Intervenida (%)
1	80%	80%
2	85%	92%
3	80%	88%
4	75%	80%
5	80%	88%
6	85%	92%
7	85%	84%
8	85%	88%
9	80%	88%
10	85%	88%
11	85%	84%
12	80%	88%
13	75%	80%
14	85%	92%
15	85%	88%
16	80%	88%
17	85%	84%
18	80%	92%
19	85%	88%
20	85%	84%
21	80%	88%
22	85%	88%
23	75%	84%
24	85%	88%
25	80%	88%
26	85%	88%

C. Diseño del Sistema de Control de Calidad Cero

El Sistema de Control de Calidad Cero se implementó mediante un protocolo organizado en etapas consecutivas: diagnóstico, estandarización, capacitación, aplicación de controles preventivos y seguimiento. La intervención se concentró en las operaciones de confección, principalmente en costura, e incorporó autocontrol del operario, inspección en la fuente, guías visuales, referencias de posición, dispositivos poka-yoke y una lista de verificación (checklist). Estos mecanismos permitieron verificar las condiciones de trabajo durante la operación, facilitar la estandarización y detectar o corregir oportunamente las desviaciones.

TABLA IV
DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD CERO

Etapa	Actividades del protocolo	Aplicación
1. Diagnóstico	Identificación y priorización de las causas de los problemas de calidad mediante Ishikawa y Pareto.	Empresa intervenida
2. Estandarización	Definición de criterios de operación, referencias de posición y condiciones de trabajo para las operaciones priorizadas.	Empresa intervenida
3. Capacitación	Orientación al personal sobre los procedimientos estandarizados, autocontrol y detección de errores en la fuente.	Empresa intervenida

Etapa	Actividades del protocolo	Aplicación
4. Implementación	Aplicación de inspección en la fuente, guías visuales, referencias de posición y dispositivos poka-yoke en las operaciones de costura.	Empresa intervenida
5. Seguimiento	Verificación del cumplimiento de los controles y registro de los errores identificados durante la operación.	Empresa intervenida
6. Evaluación	Comparación de los resultados del pretest y postest mediante los indicadores de productividad establecidos.	Empresa intervenida y empresa de control

La Tabla IV presenta la secuencia de actividades aplicada durante la intervención, desde el diagnóstico hasta la evaluación, estableciendo las acciones, el ámbito de aplicación y los criterios de seguimiento necesarios para su replicación.

TABLA V
ACCIONES DE INTERVENCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD CERO

Problema identificado	Acción ZQC	Aplicación del control
Errores de posición y alineación en costura	Guías visuales y referencias de posición	Facilitan la ejecución uniforme de la operación
Errores de medida	Referencias de posición y verificación durante la operación	Permiten comprobar las condiciones establecidas antes de continuar
Selección incorrecta de insumos	Identificación visual de materiales	Facilita la selección correcta de los insumos
Detección tardía de defectos	Inspección en la fuente y corrección inmediata	Permite identificar y corregir desviaciones en el punto donde se generan
Falta de autocontrol	Checklist de verificación durante la operación	Permite al operario comprobar y registrar las condiciones establecidas
Errores repetitivos en la operación	Uso de dispositivos poka-yoke	Previenen o facilitan la detección de errores durante el proceso

La Tabla V relaciona los problemas identificados durante el diagnóstico con las acciones de prevención y control aplicadas mediante el Sistema de Control de Calidad Cero. Estas acciones integraron la inspección en la fuente, el autocontrol del operario y los controles visuales y preventivos durante las operaciones priorizadas.

D. Medición de la productividad de las empresas del sector textil – postest

Para medir la productividad después de la intervención, se aplicó el mismo procedimiento de registro documental en ambas empresas, recopilando información sobre producción planificada y real, horas trabajadas, insumos utilizados y productos conformes y no conformes. El postest se desarrolló bajo las mismas condiciones de registro utilizadas en el pretest, permitiendo comparar la variación de productividad entre la empresa intervenida y la empresa de control.

TABLA VI
MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD - POSTEST

Días	Productividad de la empresa de Control (%)	Productividad de la empresa Intervenida (%)
1	80%	96%
2	85%	96%
3	85%	92%
4	90%	92%
5	80%	96%
6	90%	96%
7	85%	96%
8	90%	96%
9	85%	96%
10	90%	100%
11	85%	104%
12	80%	96%
13	85%	100%
14	85%	96%
15	90%	96%
16	85%	92%
17	85%	96%
18	90%	104%
19	75%	100%
20	90%	96%
21	85%	96%
22	90%	104%
23	80%	100%
24	90%	96%
25	85%	100%
26	90%	96%

Los registros del postest muestran la productividad diaria de ambos grupos durante el periodo de evaluación. La comparación de los promedios obtenidos entre el pretest y el postest se presenta en la Fig. 3.

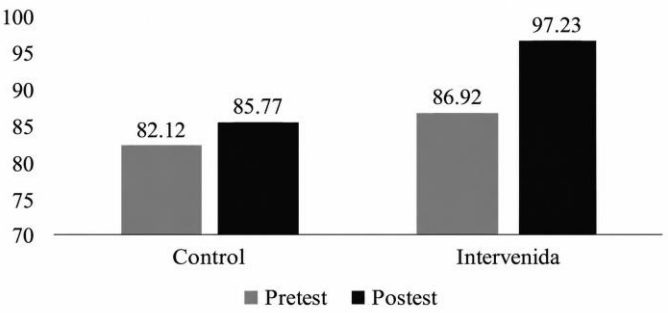


Fig. 3 Comparación de productividad en pretest y postest.

Los resultados muestran que la productividad promedio del grupo de control pasó de 82,12% en el pretest a 85,77% en el postest, mientras que en el grupo intervenido pasó de 86,92% a 97,23%.

TABLA VII
COMPARACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD ENTRE PRETEST Y POSTEST

Tipo de empresa	Pretest (%)	Postest (%)	Δ (puntos porcentuales)
Control	82,12%	85,77%	+3,65 pp
Intervenida	86,92%	97,23%	+10,31 pp
Diferencia de cambios			+6,65 pp

Debido a la diferencia inicial de 4,80 puntos porcentuales entre ambos grupos, la comparación principal se realizó sobre Δ = postest − pretest. La empresa intervenida presentó una variación de 10,31 puntos porcentuales, frente a 3,65 puntos porcentuales en la empresa de control.

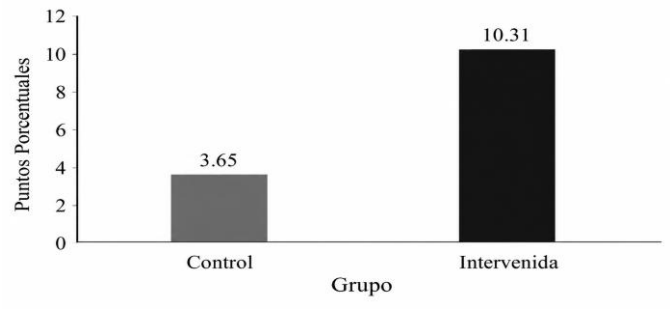


Fig. 4 Variación de productividad por grupo

La Fig. 4 muestra una variación de 3,65 puntos porcentuales en el grupo de control y de 10,31 puntos porcentuales en el grupo intervenido, evidenciando gráficamente la diferencia de Δ posteriormente contrastada con el análisis inferencial.

E. Contraste de Hipótesis

Para determinar la prueba inferencial adecuada, se evaluó la normalidad de la variación de productividad (Δ = postest − pretest) mediante la prueba de Shapiro–Wilk. En ambos grupos se evidenció ausencia de normalidad: empresa de control (W = 0,833; p < 0,001) y empresa intervenida (W = 0,907; p = 0,022). Por ello, se empleó la prueba U de Mann–Whitney para comparar la variación de productividad entre ambas empresas.

TABLA VIII
PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA VARIACIÓN DE PRODUCTIVIDAD

Tipo de empresa	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Empresa de control	0,833	26	< 0,001
Empresa intervenida	0,907	26	0,022

La prueba U de Mann–Whitney se aplicó sobre las 52 observaciones, correspondientes a 26 registros por empresa. Los resultados evidenciaron una diferencia estadísticamente significativa entre las variaciones de productividad (U = 117,000; p = 0,000024; r = 0,57). La variación fue de 10,31 puntos porcentuales en la empresa intervenida y de 3,65 puntos porcentuales en la empresa de control, con una diferencia de 6,65 puntos porcentuales entre ambos grupos.

TABLA IX
PRUEBA ESTADÍSTICA U DE MANN–WHITNEY

ESTADÍSTICOS DE PRUEBA	VALOR
U de Mann–Whitney	117,000
W de Wilcoxon	468,000
Z	-4,109
p exacta (bilateral)	0,000024
Tamaño del efecto (r)	0,57

V. DISCUSIÓN

La presente investigación evaluó la implementación de un Sistema de Control de Calidad Cero en dos empresas textiles mediante un diseño cuasiexperimental. La empresa intervenida pasó de una productividad promedio de 86,92% en el pretest a 97,23% en el postest, correspondiente a una variación de 10,31 puntos porcentuales, mientras que la empresa de control pasó de 82,12% a 85,77%, con una variación de 3,65 puntos porcentuales. La diferencia entre ambas variaciones fue de 6,65 puntos porcentuales. Este comportamiento es consistente con el enfoque preventivo del ZQC propuesto por Shingo [9], basado en la detección de errores en la fuente y su corrección antes de que avancen hacia etapas posteriores del proceso.

La innovación de la propuesta no radica en el concepto de ZQC en sí mismo, sino en su adaptación operativa a un entorno textil MYPE con procesos predominantemente manuales y recursos tecnológicos limitados. La intervención combinó controles preventivos, autocontrol, referencias visuales y mecanismos poka-yoke dentro de una secuencia de implementación orientada a prevenir errores en el punto de generación.

El análisis inferencial mostró una diferencia estadísticamente significativa entre las variaciones de productividad de ambos grupos (U = 117,000; p = 0,000024; r = 0,57). La empresa intervenida presentó una variación de 10,31 puntos porcentuales, frente a 3,65 puntos porcentuales en la empresa de control. No obstante, debido a la diferencia inicial de 4,80 puntos porcentuales y al carácter cuasiexperimental del estudio, estos resultados deben interpretarse como una mayor variación observada en la empresa intervenida durante el periodo estudiado, sin atribuir causalidad absoluta a la intervención.

Durante la intervención, las acciones implementadas estuvieron orientadas a detectar y corregir errores en etapas tempranas del proceso. En las operaciones de costura se incorporaron listas visuales de verificación, controles de medidas, guías físicas de alineación y referencias visuales para estandarizar la ejecución de las operaciones. Asimismo, los mecanismos poka-yoke se utilizaron como controles preventivos para facilitar la detección y corrección de desviaciones durante el proceso. Estas acciones complementaron la inspección en la fuente y el autocontrol del operario dentro de las operaciones priorizadas.

Sin embargo, la implementación también presentó dificultades operativas. Durante los primeros días se observó resistencia inicial al cambio, asociada con la costumbre de trabajar mediante métodos tradicionales y realizar las correcciones al finalizar la producción. Asimismo, la aplicación de controles y registros de autocontrol requirió un periodo de adaptación por parte del personal. Para facilitar esta transición se realizaron capacitaciones breves, supervisión y retroalimentación inmediata durante la intervención. Estas acciones favorecieron la adaptación progresiva al nuevo sistema de trabajo y son consistentes con el enfoque de Crosby [11] y Deming [55], que resalta la importancia de la

participación del personal y del compromiso organizacional en la gestión de la calidad.

Por otro lado, el análisis de Ishikawa y Pareto identificó que las principales causas de baja productividad estaban relacionadas con la falta de estandarización, deficiencias en mantenimiento preventivo, variabilidad operativa y ausencia de controles en el proceso. Estas problemáticas coinciden con investigaciones recientes en la industria textil, donde se señala que la inexistencia de sistemas formales de control incrementa la variabilidad del proceso y favorece la generación de defectos [32], [33]. Estas causas fueron consideradas prioritarias para la intervención y su tratamiento coincidió con la mejora observada en la productividad durante el periodo de estudio.

A pesar de los resultados observados, la investigación presenta algunas limitaciones. Entre las principales se encuentran el tamaño reducido de la muestra, conformada por dos empresas seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, lo que limita la generalización estadística. Asimismo, factores propios de las MYPES textiles, como rotación de personal, antigüedad de la maquinaria, cambios en los pedidos y disponibilidad de materiales, pueden influir en la productividad. El periodo de intervención fue relativamente corto, por lo que no se evaluó la sostenibilidad de los resultados a largo plazo. También debe considerarse la posible influencia de efectos de aprendizaje u observación de los trabajadores durante la intervención. Finalmente, no se realizó un análisis de costos ni una evaluación costo-beneficio, por lo que la viabilidad económica requiere estudios posteriores.

En cuanto a las implicancias del estudio, los resultados aportan evidencia empírica sobre el comportamiento de la productividad asociado a la implementación de mecanismos preventivos de control de calidad en las empresas estudiadas. La propuesta puede constituir una referencia para MYPE textiles con características operativas similares, aunque su aplicabilidad a otros contextos requiere estudios con muestras mayores y periodos de seguimiento más amplios. Como línea futura, podrían incorporarse herramientas digitales y tecnologías de Industria 4.0 para fortalecer la detección temprana de fallas y el seguimiento de los procesos [20], [28], [45].

VI. Conclusiones

La empresa intervenida presentó una variación de productividad de +10,31 puntos porcentuales entre el pretest y el postest, al pasar de 86,92% a 97,23%. En la empresa de control, la variación fue de +3,65 puntos porcentuales, al pasar de 82,12% a 85,77%. La diferencia entre ambas variaciones fue de 6,65 puntos porcentuales, observándose una mayor variación en la empresa intervenida durante el periodo estudiado.

El diagnóstico inicial permitió identificar como principales causas asociadas al desempeño productivo la falta de estandarización, la inspección tardía, la ausencia de registros de control, las deficiencias de mantenimiento y las limitaciones en capacitación y supervisión. Estas causas fueron priorizadas mediante los análisis de Ishikawa y Pareto y orientaron la selección de las acciones preventivas del Sistema de Control de Calidad Cero.

La intervención incorporó inspección en la fuente, autocontrol, estandarización, guías visuales, referencias de posición y dispositivos poka-yoke, principalmente en las operaciones de confección y costura. Estas acciones estuvieron orientadas a detectar y corregir los errores en el punto donde se generan y a prevenir su traslado hacia etapas posteriores del proceso.

El contraste de las variaciones de productividad mostró una diferencia estadísticamente significativa entre la empresa intervenida y la empresa de control mediante la prueba U de Mann–Whitney ($U = 117{,}000$; $p = 0{,}000024$), con un tamaño del efecto de $r = 0{,}57$. Estos resultados evidencian una diferencia estadísticamente significativa en las variaciones observadas entre ambos grupos durante el periodo analizado.

Debe considerarse que la empresa intervenida presentó una productividad inicial superior a la empresa de control en 4,80 puntos porcentuales. Asimismo, debido al diseño cuasiexperimental, la selección por conveniencia y la participación de únicamente dos empresas, los resultados se circunscriben a las unidades estudiadas y no permiten establecer una generalización estadística a todas las MYPES textiles del Perú.

Finalmente, la evidencia obtenida muestra que la adaptación del Sistema de Control de Calidad Cero mediante mecanismos preventivos presentó un comportamiento favorable sobre la productividad de la empresa intervenida durante el periodo estudiado. La evaluación de su sostenibilidad en el largo plazo y su replicación en un mayor número de empresas requieren estudios posteriores con periodos de seguimiento más amplios y muestras de mayor tamaño.

Referencias

[1] International Labour Organization, The future of work and skills in the textiles and clothing sector, Jul. 2025. [Online]. Available: https://www.ilo.org/publications/future-work-and-skills-textiles-and-clothing-sector

[2] International Labour Organization, The future of work in textiles, clothing, leather and footwear, Jul. 2025. [Online]. Available: https://www.ilo.org/publications/future-work-textiles-clothing-leather-and-footwear

[3] F. Psarommatis, G. May, P.-A. Dreyfus, and D. Kiritsis, "Zero defect manufacturing: State-of-the-art review, shortcomings and future directions in research," International Journal of Production Research, vol. 58, no. 1, pp. 1–17, Apr. 2019, doi: 10.1080/00207543.2019.1605228.

[4] F. Psarommatis, G. May, and V. Azamfirei, "Zero defect manufacturing in 2024: A holistic literature review for bridging the gaps and forward outlook," International Journal of Production Research, pp. 1–37, 2024, doi: 10.1080/00207543.2024.2388217.

[5] D. Powell, M. C. Magnanini, M. Colledani, and O. Myklebust, "Advancing zero defect manufacturing: A state-of-the-art perspective and future research directions," Computers in Industry, vol. 136, p. 103596, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.compind.2021.103596.

[6] B. Gal, T. Madreiter, N. Scheder, E. Liesinger, P. Hold, and S. Schlund, "Expanding the boundaries of Zero Defect Manufacturing - A systematic literature review," Procedia CIRP, vol. 122, pp. 336–341, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.procir.2024.01.050.

[7] OECD, OECD Economic Outlook, Interim Report September 2020. Paris, France: OECD Publishing, 2020, doi: 10.1787/34ffc900-en.
[8] United Nations Industrial Development Organization, Industrial Development Report 2022: The Future of Industrialization in a Post-Pandemic World, 2021. [Online]. Available: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-outlook/volume-2020/issue-1_34ffc900-en.html
[9] S. Shingo, Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System, 1st ed. Routledge, 1986. [Online]. Available: https://taylorfrancis.bibliotecaupn.elogim.com/books/mono/10.4324/9780203733639/zero-quality-control-shigeo-shingo?context=ubx
[10] M. A. Mateo-Casalí, A. Boza, and F. Fraile, "Fabricación con cero defectos y activos digitales en la transformación de la fabricación mediante nuevas tecnologías de la información: revisión de la literatura," Revista de Estudios Empresariales, pp. 33–59, Jan. 2025, doi: 10.17561/ree.n1.2025.9134.
[11] P. B. Crosby, La calidad no cuesta: El arte de cerciorarse de la calidad. México: Compañía Editorial Continental, 1987.
[12] World Bank, Global Value Chain Development Report: Industrial Transformation and Job Creation, 2020. [Online]. Available: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/00_gvc_dev_report_2021_e.pdf
[13] International Labour Organization, Impulsando la productividad en América Latina: Informe regional 2023, 2023. [Online]. Available: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@act_emp/documents/publication/wcms_906015.pdf
[14] M. Castillo and C. Ominami, "Transformación productiva y nueva actualidad de las políticas industriales en América Latina," Estudios Internacionales, vol. 56, no. 207, Apr. 2024, doi: 10.5354/0719-3769.2024.73995.
[15] G. D. Rueda-Carvajal, O. A. Tobar-Rosero, G. J. Sánchez-Zuluaga, J. E. Candelo-Becerra, and H. A. Flórez-Celis, "Opportunities and challenges of industries 4.0 and 5.0 in Latin America," Sci, vol. 7, no. 2, p. 68, May 2025, doi: 10.3390/sci7020068.
[16] A. S. Semercioz-Oduncuoglu and P. A. Luning, "Industry 4.0 technologies in quality and safety control systems in food manufacturing: A systematic techno-managerial analysis on benefits and barriers," Trends in Food Science & Technology, vol. 163, p. 105144, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.tifs.2025.105144.
[17] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, "Nuevas estadísticas sobre la industria manufacturera en América Latina." [Online]. Available: https://www.cepal.org/es/notas/nuevas-estadisticas-la-industria-manufacturera-america-latina
[18] N. Kumar, S. S. Hasan, K. Srivastava, R. Akhtar, R. K. Yadav, and V. K. Choubey, "Lean manufacturing techniques and its implementation: A review," Materials Today: Proceedings, vol. 64, pp. 1188–1192, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.03.481.
[19] J. Trojanowska, J. Husár, S. Hrehova, and L. Knapčíková, "Poka Yoke in smart production systems with pick-to-light implementation to increase efficiency," Applied Sciences, vol. 13, no. 21, p. 11715, Oct. 2023, doi: 10.3390/app132111715.
[20] A. Ozek, M. Seckin, P. Demircioglu, and I. Bogrekci, "Artificial intelligence driving innovation in textile defect detection," Textiles, vol. 5, no. 2, p. 12, Apr. 2025, doi: 10.3390/textiles5020012.
[21] R. Machado, L. A. M. Barros, V. Vieira, F. D. Da Silva, H. Costa, and V. Carvalho, "Textile defect detection using artificial intelligence and computer vision—A preliminary deep learning approach," Electronics, vol. 14, no. 18, p. 3692, Sep. 2025, doi: 10.3390/electronics14183692.
[22] G. Kaur, B. K. Dey, P. Pandey, A. Majumder, and S. Gupta, "A smart manufacturing process for textile industry automation under uncertainties," Processes, vol. 12, no. 4, p. 778, Apr. 2024, doi: 10.3390/pr12040778.
[23] Y. Xu et al., "Zero-defect manufacturing in the textile industry: A review of current advances and challenges," Textile Research Journal, vol. 95, no. 1–2, pp. 194–219, Jun. 2024, doi: 10.1177/00405175241260892.
[24] W. H. Cheung and Q. Yang, "Fabric defect detection using AI and machine learning for lean and automated manufacturing of acoustic panels," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, vol. 238, no. 12, pp. 1827–1836, Nov. 2023, doi: 10.1177/09544054231209782.
[25] S. A. A. M. Zarif, P. J. Deori, U. M. Muna, M. M. R. Mubin, S. Biswas, and R. Rahman, "A deep learning based approach for automated defect detection of fabrics in garment production line," in Proc. 3rd Int. Conf. Computing Advancements (ICCA '24), Oct. 2024, pp. 131–138, doi: 10.1145/3723178.3723196.
[26] V. Fani, I. Bucci, R. Bandinelli, and M. Rossi, "Advancing human-centric zero defect manufacturing: A theoretical framework and practical insights," International Journal of Production Research, pp. 1–18, Oct. 2025, doi: 10.1080/00207543.2025.2579770.
[27] S. Arena, S. Panagou, F. Psarommatis, F. Mancusi, and F. Fruggiero, "Tracing uncertainty in reverse logistics: A decision support system for zero defect remanufacturing quality and quantity control," IFAC-PapersOnLine, vol. 59, no. 10, pp. 2898–2903, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.ifacol.2025.09.487.
[28] D. Shi, P. Liedl, and T. Bauernhansl, "Interoperable information modelling leveraging asset administration shell and large language model for quality control toward zero defect manufacturing," Journal of Manufacturing Systems, vol. 77, pp. 678–696, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.jmsy.2024.10.011.
[29] D. Gauder, J. Gölz, N. Jung, and G. Lanza, "Development of an adaptive quality control loop in micro-production using machine learning, analytical gear simulation, and inline focus variation metrology for zero defect manufacturing," Computers in Industry, vol. 144, p. 103799, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.compind.2022.103799.
[30] F. Psarommatis and V. Azamfirei, "Zero defect manufacturing: A complete guide for advanced and sustainable quality management," Journal of Manufacturing Systems, vol. 77, pp. 764–779, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.jmsy.2024.10.022.
[31] M. Nasim, R. Mumtaz, M. Ahmad, and A. Ali, "Fabric defect detection in real world manufacturing using deep learning," Information, vol. 15, no. 8, p. 476, Aug. 2024, doi: 10.3390/info15080476.
[32] C. Mecheri, N. Q. Nguyen, Y. Ouazene, F. Yalaoui, and T. Scaglia, "Critical factor identification for quality improvement in multi-stage manufacturing: A textile industry case study," Production & Manufacturing Research, vol. 13, no. 1, Aug. 2025, doi: 10.1080/21693277.2025.2542175.
[33] O. Guder, S. Isik, and Y. Anagun, "Fabric defects identification for textile industry with a deep learning approach," Journal of the Textile Institute, vol. 116, no. 8, pp. 1493–1502, Aug. 2024, doi: 10.1080/00405000.2024.2383799.
[34] K. T. Chaka, A. A. Shiferaw, and S. T. Sharew, "Inspection of cotton woven fabrics produced by Ethiopian textile factories through a real-time vision-based system," Journal of Natural Fibers, vol. 20, no. 2, Nov. 2023, doi: 10.1080/15440478.2023.2286615.
[35] H. Mewada, I. M. Pires, P. Engineer, and A. V. Patel, "Fabric surface defect classification and systematic analysis using a cuckoo search optimized deep residual network," Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 53, p. 101681, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.jestch.2024.101681.
[36] Instituto Nacional de Estadística e Informática, Compendio Estadístico Perú 2023, 2023. [Online]. Available: https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4932612-compendio-estadistico-peru-2023
[37] Ministerio de la Producción, Boletín de la producción manufacturera, 2025. [Online]. Available: https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/boletines-industria-manufacturera/item/1277-2025-agosto-reporte-de-produccion-manufacturera
[38] CIEN–ADEX, NC: Textil y confecciones (mayo 2025), 2025. [Online]. Available: https://cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2025/05/NC_TextilyConfecciones_May2025_vf.pdf
[39] Instituto Nacional de Estadística e Informática, Informe de producción, 2024. [Online]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-de-producion.pdf
[40] Sociedad Nacional de Industrias, Perspectivas y análisis del sector textil y confecciones, 2022. [Online]. Available: https://sni.org.pe/wp-content/uploads/2022/01/31-Final_Perspectivas-y-analisis-sector-textil-y-confecciones.pdf

[41]PRODUCEmpresarial, docTrab_Textil, 2023. [Online]. Available: https://www.producempresarial.pe/wp-content/uploads/2023/12/docTrab_Textil.pdf
[42]F. Psarommatis, G. May, V. Azamfirei, and F. Konstantinidis, "Optimizing efficiency and zero-defect manufacturing with in-process inspection: Challenges, benefits, and aerospace application," Procedia Computer Science, vol. 232, pp. 2857–2866, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.02.102.
[43]W. Zhou and Y. Chen, "Optimal zero-defect solution for multiple inspection items in incoming quality control," Mathematics, vol. 13, no. 9, p. 1449, Apr. 2025, doi: 10.3390/math13091449.
[44]F. Eger et al., "Zero defect manufacturing strategies for reduction of scrap and inspection effort in multi-stage production systems," Procedia CIRP, vol. 67, pp. 368–373, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.procir.2017.12.228.
[45]G. B. Benitez, D. Biondo, J. F. C. Seelent, and D. A. Kai, "Investigating the effect of Industry 4.0 technologies on lean bundles: A stakeholder perspective for quality improvement," Journal of Manufacturing Technology Management, vol. 36, no. 5, pp. 961–984, Mar. 2025, doi: 10.1108/JMTM-07-2024-0409.
[46]A. Erdil, "An evaluation on lifecycle of products in textile industry of Turkey through quality function deployment and Pareto analysis," Procedia Computer Science, vol. 158, pp. 735–744, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.09.109.
[47]R. L. Inocente, Á. O. Ávalos, K. P. Habrahamshon, and G. O. Melchor, "Análisis de las exportaciones del sector textil peruano," Revista de Análisis Económico y Financiero, vol. 3, no. 1, pp. 32–49, Oct. 2020, doi: 10.24265/raef.2020.v3n1.20.
[48]ComexPerú, "Exportaciones textiles crecieron un 31.1 % en enero 2022, pero la competitividad del sector sigue en riesgo," 2022. [Online]. Available: https://www.comexperu.org.pe/public/articulo/exportaciones-textiles-crecieron-un-311-en-enero-2022-pero-la-competitividad-del-sector-sigue-en-riesgo
[49]PRODUCEmpresarial, Las Mipyme en Cifras 2024, 2025. [Online]. Available: https://www.producempresarial.pe/wp-content/uploads/2025/11/La-Mipyme-en-Cifras-2024_.pdf
[50]Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Reporte de Comercio Regional – La Libertad 2023, 2023. [Online]. Available: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6223633/5481990-rcr-la-libertad-anual-2023%282%29.pdf
[51]B. Caiazzo, M. Di Nardo, T. Murino, A. Petrillo, G. Piccirillo, and S. Santini, "Towards Zero Defect Manufacturing paradigm: A review of the state-of-the-art methods and open challenges," Computers in Industry, vol. 134, p. 103548, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.compind.2021.103548.
[52]J. C. H. Matías and A. V. Idoipe, Lean Manufacturing: Concepto, técnicas e implantación. Zaragoza, España: Fundación Confemetal, 2013.
[53]Las herramientas para la mejora continua de la calidad. [Online]. Available: https://books.google.com.mx/books?id=kBaoNI3OheAC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false
[54]J. M. Juran, F. M. Gryna, and R. S. Bingham, Manual de control de la calidad, 2nd ed. Barcelona, España: Editorial Reverté, 1990. [Online]. Available: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788429192704_A41300971/preview-9788429192704_A41300971.pdf
[55]W. E. Deming, Calidad, productividad y competitividad: La salida de la crisis. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 1989.
[56]R. Carro Paz and D. González Gómez, Administración de la calidad total. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2009. [Online]. Available: https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1614/1/09_administracion_calidad.pdf
[57]D. Romero, P. Gaiardelli, D. Powell, T. Wuest, and M. Thürer, "Total quality management and quality circles in the digital lean manufacturing world," in IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2019, pp. 3–11, doi: 10.1007/978-3-030-30000-5_1.
[58]D. R. Kiran, Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies. Butterworth-Heinemann, 2017, doi: 10.1016/C2016-0-00426-6.
[59]A. Permana, H. H. Purba, and N. D. Rizkiyah, "A systematic literature review of total quality management (TQM) implementation in the organization," International Journal of Production Management and Engineering, vol. 9, no. 1, p. 25, Jan. 2021, doi: 10.4995/ijpme.2021.13765.
[60]M. H. Alanazi, "The mediating role of primary TQM factors and strategy in the relationship between supportive TQM factors and organisational results: An empirical assessment using the MBNQA model," Cogent Business & Management, vol. 7, no. 1, p. 1771074, Jan. 2020, doi: 10.1080/23311975.2020.1771074.
[61]J. Prokopenko, La gestión de la productividad: Manual práctico. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo, 1989.
[62]J. A. Cruelles Ruiz, Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. México: Alfaomega-Marcombo, 2013. [Online]. Available: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9786077077787_A43591112/preview-9786077077787_A43591112.pdf
[63]N. Slack, S. Chambers, and R. Johnston, Operations Management, 6th ed. Pearson Education, 2010. [Online]. Available: https://carlbamford.weebly.com/uploads/4/4/1/3/4413567/operations_management_6th_ed.pdf
[64]R. Hernández-Sampieri and C. P. Mendoza Torres, Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2018. [Online]. Available: https://bellasartes.upn.edu.co/wp-content/uploads/2024/11/METODOLOGIA-DE-LA-INVESTIGACION-Sampieri-Mendoza-2018.pdf
[65]H. Ñaupas Paitán, M. Valdivia Dueñas, J. Palacios Vilela, and H. Romero Delgado, Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis, 5th ed. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U, 2018. [Online]. Available: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf
[66]M. C. M. Rodríguez V. and I. P. Cabrera, "Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa," Redalyc.org, 2007. [Online]. Available: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=358741821004
[67]C. Ramos Galarza, "Diseños de investigación experimental," Revista CienciAmérica, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2021. [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7890336.pdf
[68]T. Otzen and C. Manterola, "Técnicas de muestreo sobre una población a estudio," International Journal of Morphology, vol. 35, no. 1, pp. 227–232, 2017. [Online]. Available: https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf
[69]O. Hernández González, "Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen," Revista Cubana de Medicina General Integral, vol. 37, no. 3, 2021. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&tlng=es
[70]M. Medina, R. Rojas, W. Bustamante, R. Loaiza, C. Martel, and R. Castillo, Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. 2023, doi: 10.35622/inudi.b.080.
[71]M. Romanowski and K. Nadolny, "Methods of graphical analysis of production processes," Journal of Mechanical and Energy Engineering, vol. 2, no. 1, pp. 33–42, 2018. [Online]. Available: https://jmee.tu.koszalin.pl/ojs/index.php/jmee/article/view/48/38