

ESCUELA DE POSGRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE OPERACIONES Y CADENA
DE ABASTECIMIENTO**

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS
EQUIPOS (OEE) EN LAS GRANDES EMPRESAS
MANUFACTURERAS DEL PERÚ EN EL 2023**

Tesis para optar el grado de **MAESTRO** en:

DIRECCIÓN DE OPERACIONES Y CADENA DE ABASTECIMIENTO

Autor

Bachiller Alexander Zevallos Silva

Asesor

Maestro Miguel Angel Santivañez de Osambela

<https://orcid.org/0009-0006-2860-721X>

Perú

2023

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Desarrollo Sostenible y Gestión Empresarial

SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión de MYPE y PYME. Planeamiento Tributario. Econometría

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Dr. ALBERTO CARLOS MENDOZA DE LOS SANTOS	17434055
Presidente	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	Dr. RONAL SANTOS PAREDES VARGAS	09565844
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	MG. JORGE GUILLERMO CALIZAYA PORTAL	44158053
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Informe similitud

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.theibfr.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%

Fecha de entrega: 11-sep-2023 12:30p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2022217763

Nombre del archivo: Le_n.docx (21.41M)

Total de palabras: 24773

Total de caracteres: 138155

Resumen

Las empresas buscan permanentemente establecer ventajas competitivas para mejorar su rentabilidad y ser sostenibles en el tiempo; esta realidad también se vive en el Perú, donde nuestras empresas se encuentran todavía muy lejos de los benchmarks de productividad globales debido en parte a la gran oportunidad existente en el perfeccionamiento de los procesos productivos. En este contexto la presente investigación tuvo como objetivo determinar la relación existente entre Lean Manufacturing a través de la implementación de sus distintas herramientas para la mejora de los procesos productivos y la productividad expresada como la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú. El estudio fue de tipo correlacional, con un diseño no experimental de corte transversal, que utilizó un muestreo no probabilístico. Se trabajó con una muestra de 24 empresas manufactureras de todo el Perú. Se utilizó como técnica de recolección de datos, la encuesta a través de un cuestionario, para medir el nivel de madurez de las herramientas que componen Lean Manufacturing y el impacto que éstas tuvieron sobre la productividad de las empresas estudiadas en términos de Eficiencia Global de los Equipos.

El análisis de correlación estadístico presentó un valor de $P 0.000$ el cual permitió establecer que, sí existe relación entre Lean Manufacturing y la productividad expresada como Eficiencia Global de los Equipos en las empresas estudiadas; adicionalmente el análisis arrojó un coeficiente de Spearman rho de 0.842 determinando que la relación existente es directa y muy significativa. Esto permite concluir que las empresas estudiadas presentaron un impacto positivo y significativo en la productividad a través de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing.

Abstract

Companies constantly seek to obtain competitive advantages to improve their profitability and be sustainable over time, this also occurs in Perú, here companies are still far from the global productivity benchmarks, due to the lack of improvement of the productive processes. In this context, the objective of this research was to determine the relationship between Lean Manufacturing through the implementation of its different tools for the improvement of production processes and productivity expressed as Overall Equipment Effectiveness (OEE) in large manufacturing companies in Perú. The study was of the correlational type, with a non-experimental cross-sectional design, which used non-probabilistic sampling. A sample of 24 manufacturing companies from all over Perú was used. The survey through a questionnaire was used as a data collection technique, to measure the level of maturity of the tools that make up Lean Manufacturing and the impact that these had on the productivity of the companies studied in terms of Overall Equipment Effectiveness.

The statistical correlation analysis presented a value of $P 0.000$ which allows establishing that, if there is a relationship between Lean Manufacturing and productivity expressed as Overall Equipment Effectiveness in the companies studied, additionally the analysis gave as a result a Spearman rho coefficient of 0.842, determining that the existing relationship is direct and significant. This allows us to conclude that the companies studied had a positive and significant impact on productivity through the implementation of Lean Manufacturing tools.

Dedicatoria y Agradecimientos

Dedicado a mi familia que siempre me apoyó, en especial a mis padres, a mi esposa Vilma y mi hijo Alejandro que me llenaron de motivación y aliento para completar este trabajo de investigación y cumplir con esta meta personal y profesional.

Agradezco a las personas que me ayudaron en la presente investigación a través de las encuestas, con sus recomendaciones y sugerencias, muchos de ellos excepcionales excompañeros de trabajo, hoy en día líderes de grandes empresas peruanas. A mi asesor de investigación Miguel Angel Santivañez de Osambela y al profesor Wesley Rudy Balbin Ramos por su apoyo académico, por los conocimientos compartidos y su magnífica buena voluntad para ayudarme a completar esta investigación.

Tabla de contenidos

Línea y Sub-Línea de Investigación.....	ii
Jurado Evaluador	iii
Informe Similitud	iv
Resumen	v
Abstract.....	vi
Dedicatoria y agradecimiento.....	vii
Tabla de contenidos.....	viii
Índice de tablas y figuras.....	x
I. Introducción.....	1
I.1. Realidad Problemática	1
I.2. Pregunta de Investigación.....	7
I.2.1. Pregunta General	7
I.2.2. Preguntas Específicas.....	7
I.3. Objetivos de la Investigación	8
I.3.1. Objetivo General.....	8
I.3.2. Objetivos Específicos.....	8
I.4. Justificación de la Investigación	9
I.5. Alcance de la Investigación	10
II. Marco Teórico.....	12
II.1. Antecedentes.....	12
II.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	12
II.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i>	14
II.2. Marco Conceptual (terminología).....	17
II.2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	17
II.2.2. <i>Eficiencia Global de los Equipos (OEE)</i>	19
II.3. Bases Teóricas.....	20
II.3.1. <i>Gran empresa manufacturera en el Peru: Definiciones.</i>	20
II.3.2. <i>Lean Manufacturing: Reseña histórica</i>	20
II.3.3. <i>Lean Manufacturing: Conceptos Generales</i>	22
II.3.4. <i>Lean Manufacturing: Estructura del Sistema</i>	24

II.3.5.	<i>Lean Manufacturing: Principios del Sistema</i>	28
II.3.6.	<i>Lean Manufacturing: Herramientas</i>	29
II.3.7.	<i>Productividad</i>	68
II.3.8.	<i>Eficiencia Global de los Equipos.</i>	71
II.3.9.	<i>Glosario</i>	76
III.	Hipótesis.....	79
III.1.	Declaración de Hipótesis.....	79
III.1.1.	<i>Hipótesis General</i>	79
III.1.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	79
III.2.	Operalización de Variables.....	81
IV.	Descripción de Métodos y Análisis	82
IV.1.	Tipo de Investigación	82
IV.2.	Nivel de Investigación	82
IV.3.	Diseño de Investigación	82
IV.4.	Método de Investigación	83
IV.5.	Población.....	83
IV.6.	Muestra.....	83
IV.7.	Técnicas de Recolección de Datos	86
IV.7.1.	<i>Técnica</i>	86
IV.7.2.	<i>Instrumento</i>	86
IV.8.	Presentación de Resultados.....	90
V.	Resultados.....	90
V.1.	Objetivo General de la Investigación	90
V.2.	Objetivos Específicos de la Investigación.....	91
V.3.	Resultados Complementarios de la Investigación	101
VI.	Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.....	112
VI.1.	Discusión	112
VI.2.	Conclusiones	114
VI.3.	Recomendaciones	117
	Referencias.....	118
	Apéndice	121

Índice de figuras

Figura 1: Producto bruto interno en el Perú según actividad económica 2017-2021.....	3
Figura 2: Población económicamente activa ocupada en el Perú 2019-2021.....	3
Figura 3: Tributos internos recaudados en el Perú por actividad económica 2019-2021.....	4
Figura 4: Evolución de la producción manufacturera en el Perú 2017-2022.....	5
Figura 5: Los desperdicios en Lean Manufacturing.....	21
Figura 6: Lean Manufacturing y sus métodos según diferentes autores.....	22
Figura 7: Adaptación de la casa de producción Toyota.....	23
Figura 8: Los Pasos de la técnica 5S's.....	28
Figura 9: Instalaciones productivas antes de la aplicación de herramienta 5S's.....	29
Figura 10: Instalaciones productivas después de la aplicación de herramienta 5S's.....	30
Figura 11: Esquema con los pasos que utiliza la metodología SMED.....	33
Figura 12: Modelo de una instrucción de trabajo.	35
Figura 13: Procedimientos de trabajo a pie de máquina.....	36
Figura 14: Siluetas de herramientas para la fácil organización en el trabajo.	36
Figura 15: Estándares para la regulación de variables en máquina.	37
Figura 16: Las seis grandes pérdidas en los equipos productivos.....	39
Figura 17: Actividades básicas del Mantenimiento o cuidado autónomo.	40
Figura 18: La fábrica oculta, la pirámide de ocurrencia de fallos.	41
Figura 19: Ejemplo de Control Visual de indicadores de desempeño en pie de máquina.....	42
Figura 20: Mecanismos de Control Visual que suelen implementarse en un proceso productivo.....	43
Figura 21: Ejemplos de mecanismos para el Control Visual.	44
Figura 22: Dispositivos para el control visual.....	46
Figura 23: Control de Calidad automático en línea de fabricación de pañales infantiles.....	47
Figura 24: Control de Calidad en línea a cargo de operador de máquina de fabricación de pañales...47	47
Figura 25: Dispositivos visuales para indicar existencia de un problema en la producción.....	48
Figura 26: Esquema funcional de la Matriz de Autocalidad.	50
Figura 27: Etapas del Ciclo PDCA.....	50
Figura 28: Diferencias entre organizaciones Seis Sigma y organizaciones tradicionales.....	54
Figura 29: La Metodología DMAIC para el desarrollo de proyectos Seis Sigma.	55
Figura 30: Equipo multifuncional realizando evento Kaizen.	57
Figura 31: Grupo autónomo de producción en reunión de revisión de desempeño en una sala.....	58
Figura 32: Grupo autónomo de producción en reunión de revisión de desempeño en la máquina.....	58

Figura 33: Flujo de la Producción en una Célula de trabajo en U.	60
Figura 34: Ejemplo del cálculo del tiempo Takt.	62
Figura 35: Esquema de nivelación del Mix de Producción.	63
Figura 36: Esquema del funcionamiento del sistema Kanban.	66
Figura 37: Tipos de desperdicios que afectan la productividad.....	69
Figura 38: Componentes y análisis del OEE.....	71
Figura 39: Esquema del Cálculo del OEE.....	73

Índice de tablas

Tabla 1: Perfil de las empresas seleccionadas para la investigación.....	82
Tabla 2: Perfil de los profesionales que colaboraron con la investigación, pertenecientes a las empresas seleccionadas.....	83
Tabla 3: Criterios de evaluación del Nivel de Madurez de herramientas LM.....	85
Tabla 4: Criterios de evaluación del Nivel de impacto en OEE.....	86
Tabla 5: Validación de expertos.....	87
Tabla 6: Alfa de Cronbach para la variable LM (Madurez).....	87
Tabla 7: Alfa de Cronbach para la variable OEE (Impacto en la Productividad)	87
Tabla 8: Análisis de Correlación entre Lean Manufacturing y el OEE.....	88
Tabla 9: Análisis de Correlación entre la herramienta 5S's y el OEE.....	89
Tabla 10: Análisis de Correlación entre la herramienta SMED y el OEE.....	90
Tabla 11: Análisis de Correlación entre la herramienta Estandarización y el OEE	91
Tabla 12: Análisis de Correlación entre la herramienta TPM y el OEE.....	92
Tabla 13: Análisis de Correlación entre la herramienta Control Visual y el OEE.....	93
Tabla 14: Análisis de Correlación entre la dimensión la herramienta Jidoka y el OEE.....	94
Tabla 15: Análisis de Correlación entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE.....	95
Tabla 16: Análisis de Correlación entre la herramienta Sistemas de participación de Personal y el OEE	96

Tabla 17: Análisis de Correlación entre la herramienta Heijunka y el OEE.....	97
Tabla 18: Análisis de Correlación entre la herramienta Kanban y el OEE.....	98
Tabla 19: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en 5S's por las empresas.....	99
Tabla 20: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en SMED por las empresas.....	100
Tabla 21: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Estandarización por las empresas.....	100
Tabla 22: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en TPM por las empresas.....	101
Tabla 23: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Control Visual por las empresas.....	101
Tabla 24: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Jidoka por las empresas.....	102
Tabla 25: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Técnicas de Calidad por las empresas.....	102
Tabla 26: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Participación del Personal por las empresas.....	103
Tabla 27: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Heijunka por las empresas.....	103
Tabla 28: Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Kanban por las empresas.....	104
Tabla 29: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por 5S's en las empresas.....	105

Tabla 30: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por SMED en las empresas.....	105
Tabla 31: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Estandarización en las empresas.....	106
Tabla 32: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por TPM en las empresas.....	106
Tabla 33: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Control Visual en las empresas.....	107
Tabla 34: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Jidoka en las empresas.....	107
Tabla 35: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Participación del Personal en las empresas.....	108
Tabla 36: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Técnicas de Calidad en las empresas.....	108
Tabla 37: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Heijunka en las empresas.....	109
Tabla 38: Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Kanban en las empresas.....	109

I. Introducción

Se conoce que cada empresa desarrolla sus propios procesos y prácticas de manufactura y que éstas se encuentran en permanente evolución por las exigencias propias del mercado y del sector industrial a la que pertenecen, tratando de alcanzar la excelencia operacional y así mantenerse rentables y sostenibles en el tiempo. Este escenario desafía a las organizaciones a buscar permanentemente metodologías y herramientas para ser más eficientes y competitivas en toda su extensión. Esta realidad no es diferente en el Perú, donde las empresas enfrentan diversas dificultades para mejorar de manera sostenible.

En este contexto Lean Manufacturing (LM), originada en la filosofía japonesa tienen por principal objetivo hacer más con menos, se constituyen en una alternativa a ser tomada en cuenta por las empresas que busquen ser más competitivas. A nivel mundial y en el Perú el interés por esta metodología está en aumento, aunque por el momento aún se presenta un fuerte nivel de desconocimiento, sobre todo en la pequeña y mediana empresa.

La presente investigación se enfoca en establecer la relación existente entre LM y la productividad expresada como la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) y en identificar cuales herramientas de esta metodología actualmente son aplicadas en las empresas manufactureras del Perú; así mismo, identificar qué resultados favorables han generado en su implementación.

I.1. Realidad Problemática

Existen varias definiciones de productividad; tomemos en cuenta la definición del Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2017) “La productividad se define como la relación que existe entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad denota el uso eficiente de recursos en la producción de diversos bienes y servicios”.

Actualmente las empresas peruanas y en la región andina en general, presentan diversas dificultades que no le permiten mejorar su productividad, señala el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2018), los países de la región Andina necesitan mejorar el uso de sus recursos para incrementar su productividad, para lo cual es necesario que se creen nuevas empresas y mejoren las existentes con enfoque en la eficiencia y la productividad, se debe promover la innovación e incorporar nuevas tecnologías en los procesos y desarrollar a la fuerza laboral capacitándolos en nuevas metodologías y habilidades.

Las empresas peruanas presentan varios factores que les impiden mejorar su productividad, lo señala el Ministerio de Economía y Finanzas [MEF] 2018) “al nivel de las empresas, la productividad depende de calidad de la gestión de los recursos, así como de la capacidad de adopción y desarrollo de nuevas tecnologías, procesos y productos”.

La industria manufacturera, como parte de las empresas peruanas, es muy importante en la economía nacional, debido a que representa una fuente de financiamiento para desarrollar nuestra sociedad, posicionándose en estos últimos años como la primera actividad económica, manufactura representó el 13.2% del PBI Nacional del 2021 como se puede visualizar en la Figura 1.

También este sector de la industria es importante por la cantidad de empleos que genera; las personas que trabajan en empresas de manufactura llegaron a ser 1 527 800, lo cual representa el 9.0% del total de la población ocupada en el país el 2021 de acuerdo con la Figura 2.

Finalmente, el sector manufactura es uno de los que más contribuyó a la recaudación tributaria del Perú en los últimos años, representando el 15.8% de la recaudación de tributos internos durante el 2021 ver Figura 3.

Figura 1

Producto bruto interno en el Perú según actividad económica 2017-2021

Año	Producto Bruto Interno	Agricultura	Pesca	Extracción de Petróleo y Minerales	Manufactura	Electricidad y Agua	Construcción	Comercio	Adm. Pública y Defensa	Otros servicios ^{1/}
2017	100.0	5.2	0.3	13.1	13.1	1.8	5.8	10.5	5.1	45.1
2018	100.0	5.4	0.5	12.4	13.3	1.8	5.9	10.4	5.1	45.3
2019P/	100.0	5.4	0.4	12.1	12.8	1.9	5.9	10.4	5.1	46.0
2020P/	100.0	6.1	0.4	11.8	12.6	2.0	5.6	10.1	6.0	45.4
2021E/	100.0	5.6	0.4	11.3	13.2	1.9	6.7	10.4	5.5	45.0

Nota: Adaptado de *Cuentas Nacionales Anuales*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2023, (<https://m.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>). Todos los valores están expresados en porcentajes.

Figura 2

Población económicamente activa ocupada en el Perú 2019-2021

Ramas de actividad	III Trimestre						
	2019	2020	2021	Variación			
				2021/2019		2021/2020	
			Porcentual (%)	Absoluta (Miles)	Porcentual (%)	Absoluta (Miles)	
Total	17 199,5	14 507,6	16 964,2	- 1,4	- 235,3	16,9	2 456,6
Sector primario 1/	4 244,0	4 891,4	4 525,6	6,6	281,6	- 7,5	- 365,8
Manufactura	1 532,9	1 308,0	1 527,8	- 0,3	- 5,1	16,8	219,8
Construcción	1 008,4	988,2	1 226,2	21,6	217,8	24,1	238,0
Comercio	3 258,5	2 337,4	3 295,5	1,1	37,0	41,0	958,1
Servicios 2/	7 155,7	4 982,7	6 389,2	- 10,7	- 766,5	28,2	1 406,5

Nota: Adaptado de *Estudios Económicos, Reporte Macroeconómico* por Sociedad Nacional de Industrias, 2023, (<https://sni.org.pe/coyuntura-industrial-febrero-2022/>). 1/ El sector primario incluye a la agricultura, pesca y minería. 2/ Incluye transportes y comunicaciones. Intervención financiera, actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler, enseñanza, actividades de servicios sociales y de salud.

Figura 3

Tributos internos recaudados en el Perú por actividad económica 2019-2021

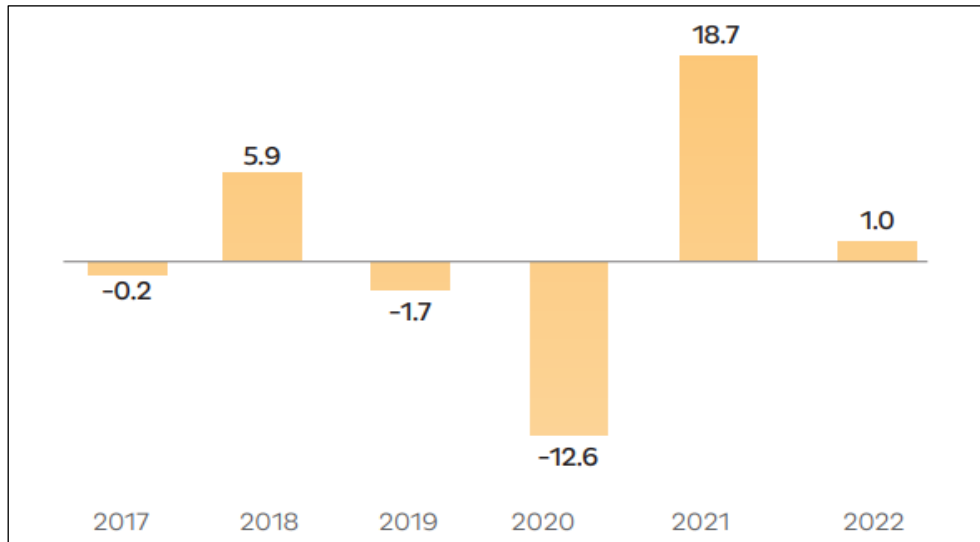
Sector/ peso en la recaudación	IS-2019	IS-2020	IS-2021
Agropecuario (1.2%)	617.1	496.9	702.8
Pesca (0.5%)	341.8	96.9	300.9
Minería e Hidrocarburos(16.8%)	6,092.8	3,977.2	9,689.7
Manufactura (15.8%)	7,675.4	6,184.7	9,070.5
Construcción (6.4%)	3,366.0	2,325.3	3,660.5
Comercio (16.8%)	7,988.0	6,116.2	9,649.2
Otros Servicios (42.5%)	25,562.0	22,806.1	24,482.1
Total impuestos internos	51,643.1	42,003.3	57,555.9

Nota: Adaptado de *Tributos internos recaudados en el Perú*, por Superintendencia Nacional de Administración Tributaria, 2021, (<https://gestion.pe/economia/mineria-y-otros-servicios-lideran-aportes-tributarios-con-mas-de-s-34000-millones-en-primer-semestre-nndc-noticia/>). Todos los valores están expresados en miles de soles.

Al analizar la productividad de la industria manufacturera en el Perú de los últimos años, se puede observar que fue muy variable con algunos resultados negativos como los presentados entre los años 2017, 2019 y 2020, este último fuertemente impactado por las múltiples repercusiones de la pandemia del Coronavirus. Esta data demuestra que es una problemática vigente, aún no resuelta, según el reporte de producción manufacturera emitido por PRODUCE en febrero del 2023 ver Figura 4.

Figura 4

Evolución de la producción manufacturera en el Perú 2017-2022



Nota: Adaptado de *Reporte de Producción Manufacturera* (p. 20), por Ministerio de la Producción, 2023, (<https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeo-documentos-publicaciones/boletines-industria-manufacturera/item/1104-2023-febrero-report-de-produccion-manufacturera>). Todos los valores expresan la variación porcentual interanual.

Las empresas están buscando permanentemente perfeccionar sus procesos productivos, para mejorar continuamente su productividad y en este contexto LM es una opción para alcanzar este propósito.

Concluye Socconini (2019) que una empresa Lean buscará obtener los mejores resultados y beneficios aun en un entorno cambiante como propone el mundo globalizado actual, ya que será capaz de adecuarse a los cambios apoyada en el uso de herramientas de mejora, enfoque en la prevención y solución de problemas, además de generar hábitos de mejora continua en todas las personas de la compañía, incluyendo el involucramiento de los altos directivos motivando el cambio y el crecimiento permanentemente.

LM ofrece algunas alternativas a las empresas, basadas en la implementación de herramientas simples y con costos relativamente bajos, las cuales buscan eliminar de

manera sistemática sus desperdicios, mejorando sus costos de producción, eficiencia y permitiéndole sostenibilidad.

De acuerdo con Bednarek y Santana (2017) se puede obtener una empresa más eficiente y eficaz sin utilizar métodos tan laboriosos o complejos a través de la implementación de LM, el cual plantea reducir los desperdicios utilizando un conjunto de herramientas simples. Se puede implementar LM con bajos costos y en empresas de diferentes dimensiones y de diferentes sectores industriales.

El principal indicador para evaluar la implementación de LM es el OEE. Muñoz, Zapata y Medina (2022) concluyen que el macro indicador para medir la productividad de una planta de fabricación y de la filosofía Lean es el OEE. Este indicador está basado en tres dimensiones que son Disponibilidad, Desempeño y Calidad. El OEE es el indicador más utilizado para la medición y análisis del desarrollo de un proyecto de LM.

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, ¿Será posible determinar si las empresas manufactureras en el Perú han implementado LM como estrategia para elevar su productividad expresada a través del OEE?; adicionalmente, si se analizan las experiencias existentes, se podrá establecer, ¿Cuáles son las herramientas de LM más utilizadas? y ¿Cuáles de estas herramientas son las que mayores beneficios aportan a las empresas en términos de incremento de la productividad u OEE?

Al responder estas preguntas de investigación se logrará que las empresas manufactureras peruanas y empresas de otros rubros puedan mejorar su productividad y competitividad al utilizar LM como un mecanismo para conseguirlo.

Esta investigación también ofrecerá una hoja de ruta para las empresas que se encuentran en la búsqueda de la mejora de la productividad ya que establecerá cuales son las herramientas de LM que mas impacto han generado en la experiencia actual de las empresas manufactureras peruana con la finalidad de realizar implementaciones eficientes y exitosas.

Los trabajadores de las empresas también se pueden beneficiar con la implementación de LM ya que las diversas herramientas que la componen impactan positivamente sobre la seguridad en el trabajo, la ergonomía, el clima laboral y los sueldos o utilidades.

Adicionalmente, el presente trabajo de investigación propone un instrumento para recolectar o analizar datos sobre LM y la productividad que puede servir como punto de partida para para futuros estudios relacionados con el tema.

I.2. Pregunta de Investigación

I.2.1. Pregunta General

¿Qué relación existe entre Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

I.2.2. Preguntas Específicas

Hernández y Vizán (2013) mencionan que “Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementado con éxito en empresas de muy diferentes sectores y tamaños”. Por lo tanto, para evaluar LM evaluaremos la existencia de las herramientas que proponen los teóricos y su relación con la productividad u OEE, en las empresas que forman parte de la presente investigación.

¿Qué relación existe entre la herramienta 5s y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta SMED y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta de Estandarización y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta TPM y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta Control Visual y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta Jidoka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta Sistemas de Participación del Personal y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta Heijunka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

¿Qué relación existe entre la herramienta Kanban y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?

I.3. Objetivos de la Investigación

I.3.1. Objetivo General

Determinar la relación que existe entre Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

I.3.2. Objetivos Específicos

Determinar la relación que existe entre la herramienta 5s y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta SMED y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta Estandarización y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta TPM y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta Control Visual y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta Jidoka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta Sistemas de Participación de Personal y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta Heijunka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Determinar la relación que existe entre la herramienta Kanban y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

I.4. Justificación de la Investigación

El presente trabajo de investigación tiene como propósito aportar conocimientos sobre la relación existente entre LM y la productividad expresada OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023. Éste puede beneficiar a las empresas estudiadas, a las empresas manufactureras en general en el Perú que decidan implementar LM; además, los resultados de esta investigación pueden ser un punto de partida o referencia para realizar estudios similares en empresas de otras dimensiones y sectores, convirtiéndose en un antecedente para otras investigaciones relacionadas con el tema.

La investigación es pertinente porque permitirá establecer cuáles son las principales herramientas de LM que actualmente se han implementado en las empresas analizadas en presente estudio y los impactos obtenidos en la productividad, medida a través del OEE a

partir de dicha implementación, permitiéndole a estas empresas mantenerse competitivas en el rubro, alcanzando sus metas y objetivos institucionales.

Es relevante para las personas, ya que a través del conocimiento que brinda esta investigación se puede promover la implementación de las herramientas de LM y estas también brindan beneficios sobre los colaboradores de las empresas que decidan implementarlas en aspectos como la seguridad en el trabajo, ergonomía, estandarización del trabajo e incluso en el clima laboral.

I.5. Alcance de la Investigación

El estudio está delimitado para analizar empresas del sector manufacturero, específicamente las grandes empresas peruanas e identificar las herramientas de LM y su impacto en la productividad expresada como el OEE de los procesos productivos.

Una limitación del presente estudio está relacionado con el aspecto cuantitativo, esto debido a que existe información considerada confidencial a cerca de las empresas que son objeto de la investigación, como estados financieros, volúmenes de ventas, a los cuales no se pudo acceder para realizar análisis estadísticos y de resultados que puedan respaldar la investigación en ese sentido, esta investigación ofrece resultados cualitativos sobre el impacto en la productividad generada por las herramientas de LM en las empresas investigadas.

Otra limitación es que la investigación comprende el estudio de 24 empresas del perfil elegido, seleccionadas por un muestreo por conveniencia, con una muestra no probabilística, así como estudios previos investigados sobre LM en el ámbito nacional e internacional. Las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación están limitados a los resultados y hallazgos obtenidos de las fuentes mencionadas.

Se realizó el contacto inicial y solicitud de información a través de la encuesta para la presente investigación, con por lo menos una empresa de cada sector que compone el rubro manufacturero según la segmentación propuesta por PRODUCE, resultando positivo

para los siguientes sectores que representan el 52% de los sectores totales y en los cuales están basados los resultados y conclusiones de este trabajo:

Elaboración de productos alimenticios.

Elaboración de bebidas.

Fabricación de productos textiles.

Fabricación de prendas de vestir.

Fabricación de papel y productos de papel.

Actividades de impresión y reproducción de grabaciones.

Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y de productos botánicos.

Fabricación de productos de caucho y plástico.

Fabricación de otros productos minerales no metálicos.

Fabricación de metales comunes.

Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques.

Otras industrias manufactureras.

Mientras que no se obtuvo respuesta, o la respuesta no estaba completa en el 48% restante de sectores que componen el rubro manufacturero, estos sectores fueron:

Fabricación de cueros y productos conexos.

Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables.

Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo.

Fabricación de sustancias y productos químicos.

Fabricación de productos derivados del metal, excepto maquinaria y equipo.

Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos.

Fabricación de equipo eléctrico.

Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.

Fabricación de otros tipos de equipo de transporte.

Fabricación de muebles.

Reparación e instalación de la maquinaria y equipo.

II. Marco Teórico

II.1. Antecedentes

II.1.1. Antecedentes Internacionales

Baldeón (2022) en su trabajo de investigación *Diseño de un modelo de gestión de procesos con la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento en la producción en una microempresa del sector de las artes gráficas*, para el cual planteó como objetivo de investigación mejorar la producción de la empresa en mención a través de la implementación de un modelo de gestión de procesos que utilice las herramientas de LM. El tipo de investigación es cualitativa de campo o documental, no experimental transversal descriptiva, utiliza como muestra todas las áreas de la organización ubicada en la ciudad de Quito en el Ecuador. Esta investigación concluye que las herramientas de LM son fundamentales para la mejora de la productividad y el modelo de gestión propuesto obtuvo una mejora entre el 15% y 16% de OEE. Adicionalmente propone que las herramientas de LM deben ser parte de la cultura de una organización formando parte del ADN de todo el personal que la conforma.

Cañón (2021) realizó una investigación titulada *Evaluación de la aplicación del impacto de herramientas de Lean Manufacturing en la productividad del proceso de calzado convencional en la empresa CROYDON COLOMBIA S.A.*, la cual tuvo como objetivo establecer cuál es el impacto después de la implementación de herramientas de LM en la empresa sujeto de investigación, partiendo por el establecimiento de un diagnóstico actual del proceso de calzado, luego definiendo y aplicando las herramientas más adecuadas. El

tipo de investigación es aplicada explicativa, experimental transversal correlacional. La presente investigación concluye que la aplicación de LM logró reducir la fatiga de las personas, se redujeron los tiempos de los procesos y sus costos, todo esto se vio reflejado en una mejorar la productividad medido a través del método Sumanth, adicionalmente señala que este proyecto tuvo un impacto organizacional, económico, social y ambiental favoreciendo a clientes, consumidores, empleados, proveedores y sociedad en general.

Pinto (2020) llevó a cabo un trabajo de investigación con el título *Aplicación de herramientas Lean para la mejora de un proceso productivo en una empresa de la industria mobiliaria* en Portugal, cuyo objetivo principal fue mejorar un proceso productivo a través de la aplicación de herramientas Lean Production, el proyecto parte con la revisión bibliográfica existente del tema, continúa con el estudio detallado de la situación actual de la empresa para identificar un problema específico y efectuar una intervención, finalmente con la implementación de las mejoras se consiguió la estandarización de los procesos, ahorros en tiempos, reducción de distancias recorridas por los operadores y ahorros monetario. El tipo de investigación utilizado fue de investigación-acción, el cual se define como una intervención a pequeña escala dentro de una organización donde se realizan análisis con constante monitoreo y validación sobre los efectos de la intervención. La presente investigación concluye que se obtuvieron mejoras en los procesos y la productividad de la empresa sujeto de investigación a través de la aplicación de algunas herramientas Lean, además señala que al inicio del proyecto se observó cierta resistencia por parte de los operadores con relación a los cambios propuestos pero que esta resistencia se redujo cuando se explicaron las razones de los cambios y se comenzaron a ver los resultados y beneficios de las mejoras.

Apushón (2019) en su investigación con el título *Incremento de la productividad del área de costura de la línea de producción de calzado escolar en el segmento femenino en Plasticaucho Industrial S.A. utilizando la metodología de Lean Manufacturing*, para el cual estableció como objetivo incrementar la productividad en el área de costura de compañía a

través de la utilización de las herramientas de LM. El tipo de investigación es aplicada explicativa, experimental transversal correlacional, utiliza como muestra el área de costura de la empresa industrial dedicada a la fabricación de calzado escolar en Ecuador. La presente investigación concluye que se pueden obtener procesos ágiles y eficientes con la implementación de sistemas Lean y sus herramientas, permitiendo con esto mejorar la satisfacción de los clientes como consecuencia de la mejora de los costos y tiempos de entrega. Este trabajo demostró una mejora de la productividad en el proceso estudiado del 33.3% y una disminución del 27.9% en el tiempo de ciclo en la fabricación de cada par de calzados.

Rufino (2019) comparte su investigación titulada *Implementación de Manufactura Esbelta en empresas de diferentes tamaños y sectores: características, similitudes y diferencias*, que tuvo como objetivo principal estudiar la implementación de Manufactura Esbelta en diferentes empresas de Brasil, de diferentes tamaños y sectores con la finalidad de identificar como éstas llevaron a cabo la implementación, adicionalmente validar las similitudes y diferencias, entender como las diferentes herramientas, métodos y prácticas influenciaron en el resultado obtenido de cada empresa y explorar cuales son los factores críticos para el éxito. El tipo de investigación es aplicada cualitativa, no experimental correlacional combinando la investigación de campo y la documental existente. El método utilizado es un estudio de casos a través de entrevistas realizadas a dos trabajadores con distintas posiciones de cada una de las tres empresas brasileñas objetos de la investigación. Este trabajo confirma que es posible alcanzar resultados positivos, tales como el aumento de la productividad, en cualquier tipo de empresa donde se implemente Manufactura Esbelta, independientemente del tamaño o sector de ésta.

II.1.2. Antecedentes Nacionales

Ortiz (2022) realizó una investigación con título *Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de*

confección de ropa anti-flama de Lima – Perú, la cual tuvo como objetivo principal mejorar la productividad de la empresa estudiada, a través de la implementación de herramientas LM. Se analizaron los procesos del área de confección para poder detectar los problemas y elaborar un plan de mejoras y así lograr un beneficio para la empresa y también para el cliente. El tipo de investigación es aplicada explicativa, preexperimental, cuantitativa, utiliza como unidad de análisis el área de producción. Como resultado de la implementación de herramientas LM este trabajo de investigación concluyó que se logró incrementar la productividad del área de confecciones de la empresa TREXSA E.I.R.L., de 0.10 unidades/hora hombre a 0.12 unidades/hora hombre, lo que representa un aumento del 20% respecto al nivel inicial, también se logró aumentar el OEE del área de confecciones en un 50%.

Rodriguez (2022) en su investigación titulada *Propuesta de mejora de indicadores de productividad en una empresa metal mecánica, mediante herramientas de Lean Manufacturing*, cuyo objetivo principal fue proponer una solución integral para mejorar la baja utilización de la capacidad instalada en la empresa, donde en la situación inicial ocurren pérdidas de tiempo en trabajo de regulación de máquinas, se presentan con frecuencia paradas no programadas en los procesos, así como existencias de productos defectuosos. El tipo de investigación es aplicada explicativa, experimental transversal correlacional, utiliza como muestra todos los equipos productivos de la empresa metalmecánica peruana. El trabajo concluye que se pudo incrementar la capacidad de la máquina a un 76%, se pudo reducir los tiempos de ajuste del torno con control numérico por computador (CNC) a 0.5% del total de horas trabajadas y las paradas de máquina se redujeron a 1% del total de horas trabajadas, además recomienda continuar con la implementación de LM para la mejora continua de los procesos, asegurando el liderazgo del equipo gerencial para alimentar el espíritu de los colaboradores recurrentemente.

Espinoza (2021) señala en su trabajo de investigación *propuesta de mejora de la confiabilidad en la generación de vapor mediante el uso de herramientas Lean*

Manufacturing en planta de evaporación de leche, el cual tuvo como objetivo presentar una propuesta de la aplicación de LM en un área de servicios industriales, en una empresa manufacturera de consumo masivo, del sector de productos alimenticios, cuya principal operación es la evaporación de leche, con el propósito de eliminar desperdicios y mejorar los procesos. El tipo de investigación es aplicada explicativa, experimental transversal correlacional, utiliza como muestra todos los equipos productivos del área de generación y distribución de vapor. Como resultado se obtuvo una mejora en la confiabilidad del área objetivo de la investigación, logrando reducir significativamente las paradas técnicas no programadas (PTNP) y elevar el Mean Time Between Failures o tiempo medio entre averías (MTBF). Además, el estudio establece que es muy importante que la alta gerencia este comprometida con la implementación ya que esto permitirá contar con los recursos necesarios y los espacios de comunicación adecuados.

Palma (2021) llevó a cabo su trabajo de investigación titulado *Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la fabricación de muebles para oficina en melamina*, esta investigación tuvo como objetivos reducir los tiempos de entrega en la fabricación de muebles para oficina hechos en melamina, reducir los inventarios de producción en proceso y la reducción de paradas no programadas en las máquinas, generando una mejora de la productividad mediante la aplicación de LM, específicamente las herramientas 5S, Sistema Pull y Mantenimiento autónomo. El tipo de investigación es aplicada explicativa, cuasi experimental cuantitativa, utiliza como población el área de producción de la empresa y como muestra la línea de fabricación de muebles de oficina en melamina. Esta investigación concluye que se pudo elevar la productividad mensual de escritorios en un 58.59% con la implementación de las herramientas LM y que esta metodología puede lograr cambios significativos en todo tipo de procesos, logrando una ventaja competitiva para las empresas.

Pachas (2019) en su investigación acerca de la *Aplicación de un programa de mejora continua utilizando Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en el nivel de gestión*

del proceso de cartonera de la empresa la Calera en la provincia de Chincha, la cual tuvo como objetivo implementar un modelo de excelencia LM, utilizando las herramientas mapa de valor, eventos Kaizen y Mantenimiento productivo total (TPM) que permitiera mejorar las eficiencias, aumentar la productividad y brindar un flujo continuo en los procesos, en la empresa La Calera del rubro avícola que se dedica a la crianza de gallinas, fabricación de bandejas y producción de huevos frescos para el mercado peruano. El tipo de investigación es aplicada explicativa, cuasi experimental cuantitativa, utiliza como muestra a 60 trabajadores del área de cartonería. Los resultados de esta investigación demostraron que las herramientas de LM aplicadas correctamente ayudan a tener modelos de excelencia en producción generando menores costos y mayores utilidades para la empresa y que para mantener estas mejoras la empresa debe realizar un monitoreo constante de las mismas y establecer metas anuales al respecto.

II.2. Marco Conceptual (terminología)

II.2.1. Lean Manufacturing

Algunos de los principales investigadores de LM comparten las siguientes definiciones:

El Lean Manufacturing ha demostrado ser una metodología que logra mejorar los niveles de eficiencia, productividad y rentabilidad de las empresas que lo han implementado. Su objetivo principal es la eliminación de los desperdicios que se generan al interior de los procesos productivos. El Lean Manufacturing requiere que las personas adopten una cultura de mejora continua, y siempre se esté pensando en ejecutar las tareas de una forma más inteligente, donde se focaliza el trabajo en aquellas operaciones que agregan valor al producto, concluyen Muñoz, Zapata y Medina (2022),

LM es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicios o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no

agregan valor en un proceso, pero sí generan costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas. Debemos entender que Lean Manufacturing es una tarea incansable e ininterrumpida para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes. El verdadero poder de Lean Manufacturing radica en descubrir continuamente las oportunidades de mejora que esconde toda empresa, pues siempre existirán desperdicios que podrán ser eliminados. Se trata de crear una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre serán un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos. Socconini (2019)

LM es en muchos casos considerada una filosofía de trabajo que busca permanentemente optimizar y mejorar los sistemas de fabricación utilizando para esto la identificación y sobre todo la eliminación de todo tipo de desperdicios, entendiendo como desperdicio a todas las actividades y procesos que utilizan más recursos de los que necesitan. Los principales desperdicios que podemos observar en las organizaciones son: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. LM busca también identificar actividades y procesos que no agregan valor a los clientes y plantea eliminarlos. Para poder conseguir esto LM propone el uso de sistemático varias herramientas que en la práctica abarcan todas las áreas operativas, trabajando en mejorar la organización de los puestos de trabajo, mejorar la gestión de la calidad, mejorar la gestión del mantenimiento de equipos e instalaciones, mejorar los flujos de producción, mejorar la logística de entradas y salidas según concluyen Hernández y Vizán, (2013).

Rajadell (2021) define a LM como un conjunto de herramientas que permiten obtener sistemas productivos ágiles y flexibles con capacidad para adaptarse a las necesidades cambiantes de los clientes, los sistemas productivos obtenidos se consideran Lean porque utilizan menos recursos si son comparados con la producción en masa, los sistemas Lean buscan eliminar desperdicios y lo que no agrega valor. Actualmente existe un mercado

interés por las organizaciones en conocer las herramientas de LM debido a que la fabricación es una de las actividades que concentran los mayores costos, un porcentaje muy elevado de las utilidades obtenidas por las empresas son invertidas en los procesos de fabricación, por lo tanto, la implementación LM se constituye en una gran oportunidad para mejorar su rentabilidad y sostenimiento en el tiempo.

II.2.2. Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

A continuación, algunas de las principales definiciones del OEE que comparten los teóricos:

La Efectividad Total de los Equipos - OEE (siglas en inglés de Overall Equipment Effectiveness) es una medición indispensable para darnos cuenta de la capacidad real para producir sin defectos. El OEE representa entonces el tiempo que realmente se trabaja, sin tiempos muertos, a la capacidad establecida y sin defectos. También es la fracción de tiempo aprovechable a partir del tiempo disponible según establece Socconini (2019).

El OEE es un indicador, que se calcula diariamente para cada equipo y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido (si todo hubiera ido perfectamente) y las unidades que realmente se han producido. Para la utilización de este indicador se dispone de los siguientes índices: Índice de Disponibilidad, Índice de Eficiencia e Índice de Calidad. El OEE es el producto de estos tres índices, de manera que: $OEE = \text{Índice de Disponibilidad} \times \text{Índice de Eficiencia} \times \text{Índice de Calidad}$, señalan Rajadell (2021).

El OEE en una empresa o proceso productivo fue desarrollada por Seiichi Kakajima.

Muñoz, Zapata y Medina (2022) comparten que la implementación de LM tiene como propósito mejorar los índices del OEE, Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. Las

herramientas de LM son utilizadas para mejorar cada uno de estos índices, a continuación, se presentan las principales herramientas para cada índice.

Disponibilidad: 5`s, SMED, TPM, Control Visual.

Eficiencia: 5`s, TPM, Heijunka, Kanban.

Calidad: Técnicas de Calidad, Jidoka, Control Visual,

II.3. Bases Teóricas

II.3.1. Gran empresa manufacturera en el Peru: Definiciones.

El Instituto Nacional de Estadística (INEI) en su investigación Perú estructura empresarial 2020, define a la actividad de manufactura como toda aquella que se relaciona con la transformación física y química de materiales y componentes en nuevos productos, ya sea que el trabajo de transformación se realice con máquina o a mano, en una fábrica o o en alguna instalación domiciliaria.

El INEI también señala que la estratificación de las unidades económicas es importante porque permite conocer el aporte de la producción nacional según el tamaño de empresa. En el Peru las empresas se agrupan en cuatro segmentos según su tamaño de acuerdo con los siguientes criterios:

Microempresa: Tiene un nivel de venta anual menor a 150 UIT.

Pequeña empresa: Tiene un nivel de venta anual a partir de 150 UIT hasta 1 700 UIT.

Mediana empresa: Tiene un nivel de ventas anuales superior a 1 700 UIT hasta 2 300 UIT.

Gran empresa: Tiene un nivel de ventas anual superior a 2 300 UIT.

II.3.2. Lean Manufacturing: Reseña histórica

Las herramientas que promueven la organización de la producción aparecieron a inicios del siglo XX al darse a conocer los distintos conceptos de fabricación en serie por F.W. Taylor y Henry Ford. Taylor fue el primero en aplicar lo que actualmente conocemos

como método científico a los procesos, equipos y personas. Luego Henry Ford introdujo la normalización de productos, la simplificación de movimientos y recorridos y la especialización del trabajo. Ambos propusieron ideas innovadoras para la época relacionados con organización de los procesos productivos en un tiempo donde lo usualmente frecuente era la producción de grandes lotes y con procesos muy rígidos de acuerdo con Hernández y Vizán (2013).

Según señala Socconini (2019) en 1902, en Japón se encuentra el primer vestigio del pensamiento Lean, cuando Sakichi Toyoda, quien luego fuera cofundador de la Corporación Toyota Motor Company, diseñó un dispositivo para una máquina textil, el cual detenía la máquina cuando esta presentaba una rotura de hilo e inmediatamente se activaba una señal visual que alertaba al operador para que estos pudieran atender el problema. Esta simple innovación permitió que un solo operador pudiera atender varias máquinas textiles con la consecuente mejora de la productividad, dando inicio así a la búsqueda de nuevos métodos de trabajo. Sakiichi Toyoda con a su hijo Kiichiro fundaron la empresa automotriz Toyota, como muchas empresas japonesas, Toyota tuvo que enfrentar el complicado escenario posterior a la segunda guerra mundial, donde Japón se encontraba en posición desfavorable en cuanto a su economía y contaba con pocas materias primas. En este escenario fue que la compañía Toyota realizó un trabajo intensivo de investigación de prácticas o métodos productivos ya existentes. Es así como Eiji Toyoda quien era sobrino de Kiichiro junto a Taiicho Ohno, a quien posteriormente se le reconoce como el padre de LM viajaron a Estados Unidos para estudiar y analizar las principales empresas automovilísticas. Ellos concluyeron que el sistema americano enfocado en la producción de grandes lotes y pocos modelos no era viable para Japón y propusieron por lo contrario trabajar lotes pequeños con poco stock, buscando minimizar todo tipo de despilfarro y aprovechando al máximo la capacidad humana.

De acuerdo con Madariaga (2021) Ohno formuló las bases del nuevo sistema de gestión Justo a tiempo (JIT/Just in Time), también conocido como Toyota Manufacturing

System (TPS). El principio fundamental del sistema era: “producir solamente en función a la cantidad demandada y en el momento en que el cliente lo solicite”. Los aportes de Ohno tuvieron un complemento ideal con las ideas de Shigeo Shingo, ingeniero de Toyota, quien propuso cambiar las operaciones productivas en flujos continuos, con el fin de ofrecerle a los clientes solamente lo que requerían, se enfoca en la reducción en los tiempos de preparación de máquinas antes de iniciar la producción de un nuevo producto, por lo cual también se le reconoce como el creador de la herramienta SMED. Apoyados en la filosofía JIT se desarrollaron nuevas técnicas o herramientas como Kanban, Jidoka, Poka-Yoke, que aportaron a seguir fortaleciendo el sistema Toyota. El éxito del sistema se hizo notorio con la crisis del petróleo de 1973, donde Toyota destacó por encima de otras empresas, esto determinó que el Gobierno de Japón fomentara la metodología a nivel nacional, a partir de este momento la industria en el Japón se empezó a destacar por sobre la industria occidental.

Hernández y Vizán (2013) señalan que durante los años noventa, cuando se publicó el libro “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos, el modelo japonés tuvo su auge a nivel mundial, el libro comparaba los sistemas de producción de Japón, Europa y Estados Unidos y donde los japoneses se exponían como creadores de un nuevo sistema de producción más eficiente, flexible y con alta calidad. En este libro es donde por primera vez se le denomina al sistema LM.

En resumen, LM nace en Japón en épocas muy difíciles, cuando se decidió adoptar una cultura orientada a la eliminación de desperdicios o despilfarros, buscando de manera obsesiva nuevas formas de hacer las cosas mejor, manteniendo un contacto directo con el lugar donde ocurren los problemas y apoyándose en los colaboradores a todo nivel de la organización concluyen Hernández y Vizán (2013).

II.3.3. Lean Manufacturing: Conceptos Generales

Hernández y Vizán (2013) definen LM como una filosofía, enfocada en personas, que busca mejorar y optimizar los sistemas productivos a través de la identificación y

eliminación de desperdicios, para lo cual debemos entender los desperdicios como actividades o procesos que utilizan más recursos de los que realmente necesitan para ser ejecutados. De manera general podemos categorizar los desperdicios de la siguiente manera: Sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento, defectos, en los últimos tiempos se ha sumado el concepto de desperdicio del intelecto, tal cual se muestra en con más detalle en la figura 5.

Figura 5

Los desperdicios en Lean Manufacturing



Nota: Adaptado de Mapeo del Flujo de Valor (VSM): Identificar los residuos para crear más valor, por Safety Culture, 2022. (<https://safetyculture.com/es/temas/value-stream-mapping/>).

Rajadell (2021) señala que LM identifica dentro de las organizaciones aquellas actividades o procesos que no agregan valor para los clientes y busca eliminarlos, para lograr este propósito aplica un conjunto de herramientas de manera organizada y sistemática sobre las áreas operativas de producción. El propósito es generar dentro de la organización una cultura de mejora continua, que se sostenga a lo largo del tiempo basado en la buena comunicación y en el trabajo en equipo. LM permanentemente propone descubrir nuevas formas de trabajar para que las actividades o procesos puedan ser cada vez más ágiles, flexibles y menos costosos. El concepto LM no permanece invariable a través del tiempo, más bien evoluciona de manera permanente a partir de los aprendizajes

que se adquieren durante las implementaciones y con la aplicación de las herramientas a los distintos contextos industriales.

II.3.4. Lean Manufacturing: Estructura del Sistema

Hernández y Vizán (2013) concluyen que LM ofrece varias herramientas enfocadas especialmente en la detección y eliminación del desperdicio. La implementación de LM busca también un cambio cultural dentro de las organizaciones, principalmente un elevado compromiso de los funcionarios del más alto nivel, ya que esto es clave para el éxito. Es importante mencionar que de manera general los académicos y consultores no se ponen totalmente de acuerdo cuando se trata de establecer si una herramienta es o no de LM, aquí lo más importante es tener un conocimiento claro de los conceptos y una voluntad firme que busque cambiar permanentemente las actividades y procesos de las organizaciones intentando ejecutarlos de una mejor manera.

Figura 6

Lean Manufacturing y sus métodos según diferentes autores

Metodos	Ohno	Shingo	Womack Jones	Liker	Dennis	Strategos	Imai
Autores							
Kaizen	X	X	X	X	X		X
SMED	X	X	X	X	X	X	X
JIT	X	X	X	X	X	X	X
Kanaban	X		X	X	X	X	X
Poka Yoke	X	X		X	X	X	X
Heijunka	X	X	X	X	X	X	
Visualización	X	X	X	X	X	X	X
5S	X		X	X	X	X	X
Andon	X	X	X	X			
TPM	X			X	X	X	X
Reducción de inventario	X	X		X	X	X	X
Jidoka	X	X		X	X	X	
SPC							X
Hoshin Kanri				X	X	X	X
Resolución de Problemas	X	X			X	X	X
VSM	X			X	X	X	

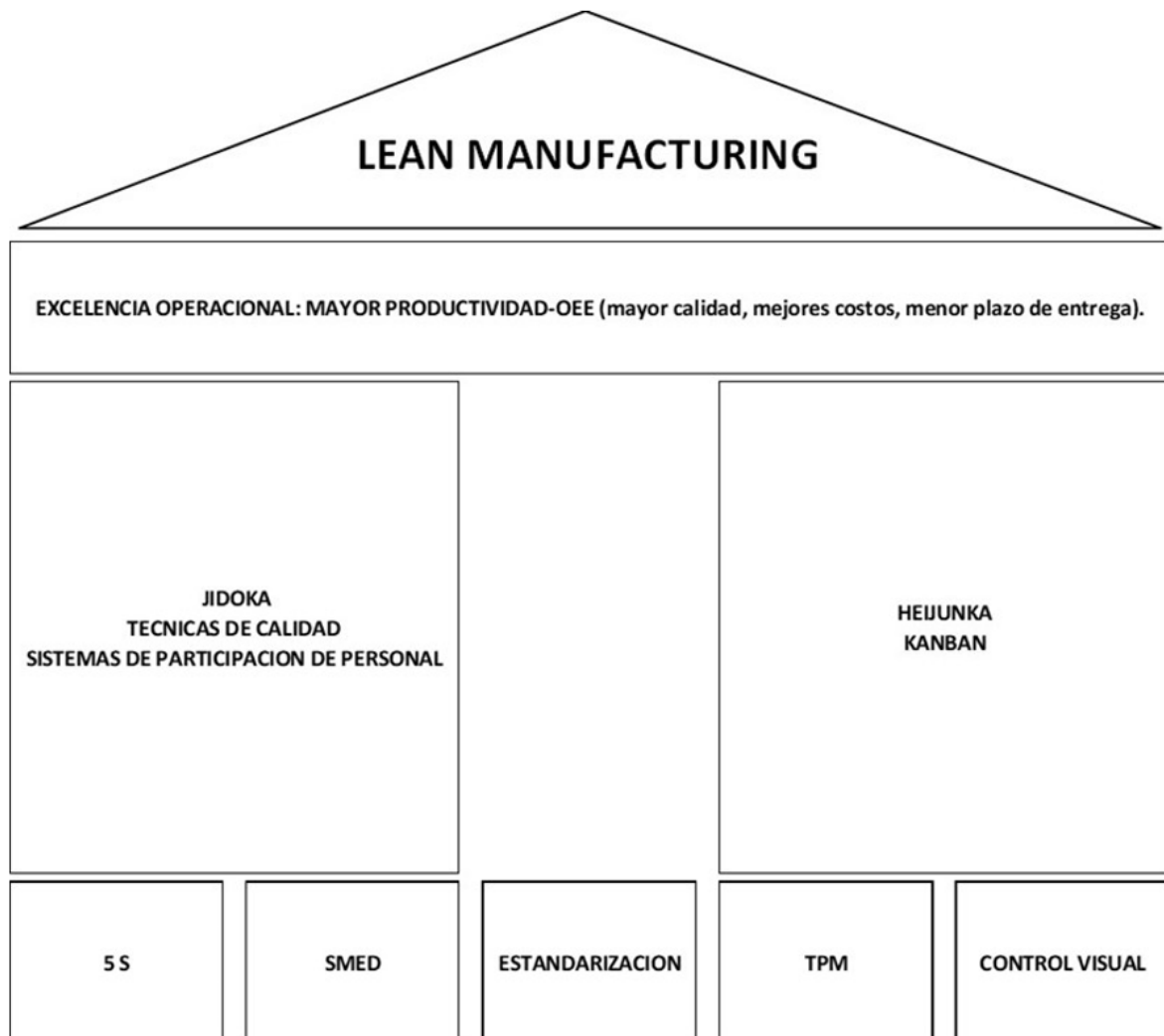
Nota: Adaptado de *La aplicación de Lean Manufacturing: casos de Polonia, México y Chile.*

(p. 34), por Colegio de ingenieros de Chile, 2017.

Hernández y Vizán (2013) también mencionan que es bastante frecuente utilizar el esquema de la Casa del Sistema de Producción Toyota para poder entender con mayor facilidad la filosofía LM y las distintas herramientas de las que dispone para su aplicación. La casa permite entender de manera sencilla LM, ya que representa un sistema estructural que se mantendrá firmemente de pie mientras las bases o cimientos y las columnas que la soportan sean sólidas y por lo contrario si alguna de estas partes está en mal estado se debilitaría todo el sistema y finalmente este terminará fallando.

Figura 7

Adaptación de la casa de producción Toyota



Nota: Adaptado de Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación (p. 34), por Hernandez, J.C. & Vizán, A, 2013.

Hernández y Vizán (2013) concluyen que para tener una visión simple y ordenada se pueden agrupar las herramientas de LM en tres distintos grupos.

El primer grupo reúne a aquellas herramientas que se destacan por su facilidad de entendimiento e implementación que las hacen aplicables a todo tipo de empresa, producto o sector. Las herramientas de este primer grupo se caracterizan por estar basadas en sentido común y tienen un uso práctico, por lo cual se puede afirmar que deberían ser de uso obligatorio en cualquier organización que tenga como prioridad ser competitiva, aun cuando no haya formalizado la implementación del sistema LM.

Las 5S's. Herramienta que busca mejorar las condiciones de organización, orden y limpieza en las áreas de trabajo.

SMED. Herramienta utilizada para la disminución de los tiempos de preparación de máquinas antes de iniciar la producción de una nueva referencia, producto o talla.

Estandarización. Herramienta que busca generar referencias escritas o gráficas que indiquen la mejor forma conocida de realizar una actividad u operar un proceso.

TPM. Herramienta de múltiples acciones relacionadas al mantenimiento de los equipos productivos cuyo objetivo principal es eliminar las pérdidas que se generan por los tiempos de parada de las máquinas.

Control Visual. Herramienta compuesta por un conjunto de técnicas que promueven el control y comunicación visual para simplificar el trabajo de los colaboradores permitiéndoles conocer el estado de sus procesos y el seguimiento a las acciones para la mejora.

El segundo grupo lo conforman las herramientas, que pueden aplicarse también a cualquier tipo de empresa o situación; sin embargo, requieren de un compromiso mayor y además un cambio cultural de todas las personas en la organización, desde los operadores, mandos medios y hasta los directivos.

Jidoka. Herramienta que busca implementar en los sistemas y procesos productivos mecanismos automáticos, de tal manera que las máquinas tengan la capacidad de identificar errores.

Técnicas de calidad. Herramienta que fomenta el despliegue de técnicas que tienen como objetivos principales disminuir o eliminar los defectos de calidad.

Sistemas de participación del personal (SPP). Herramienta basada en la organización de equipos de trabajo que estén a cargo de la supervisión y mejora continua del sistema LM.

En el tercer grupo están las herramientas mucho más complejas y específicas relacionadas a la planificación, programación y control de la producción y toda la cadena de abastecimiento. Estas herramientas están asociadas al Just in time (JIT) que ha tenido una basta implementación en la industria automovilística. Se diferencian de las herramientas de los dos grupos anteriores, principalmente por su elevada complejidad y porque demandan personal especializado para su ejecución.

Heijunka. Herramienta que tiene como objetivo organizar la planificación y nivelar la demanda de los clientes en cuanto a las cantidades y la variedad de productos que permitan a la empresa mantener un flujo continuo llegando inclusive al nivel de pieza a pieza.

Kanban. Es una herramienta cuyo objetivo es controlar y mantener una programación sincronizada de la producción mediante la utilización de un sistema basado en tarjetas.

Las metas de la organización se grafican como el techo de la casa; estas metas pueden ser: mejor calidad de los productos, menor tiempo de entrega y mejores costos de los procesos. Este esquema debe ser utilizado de una manera flexible para poder tener una aproximación básica al pensamiento LM. El esquema de la casa es una forma de hacer visible todas las herramientas del sistema.

De acuerdo con Socconini (2019) para la implementación de LM es necesario que cada una de las empresas u organizaciones, tomando en cuentas sus propias necesidades, perfil organizacional, aprendizajes previos, entorno, capacidades y estrategias de negocio, elaboren un plan específico con objetivos alcanzables pero desafiantes; realizando una selección e implementando las herramientas más apropiadas.

Rajadell (2021) señalan que la implementación de las herramientas de LM debe estar enfocada principalmente en el desarrollo de las personas y promover el pensamiento y cultura de mejora continua. LM busca un profundo cambio cultural a largo plazo. Por lo tanto, iniciar la implementación con solo una herramienta o algunas pocas buscando un pequeño éxito es una opción válida.

II.3.5. Lean Manufacturing: Principios del Sistema

Hernández y Vizán (2013) plantean que adicionalmente a la casa de Toyota, es muy frecuente ver que los expertos utilicen para explicar LM los principios en los que está basado el éxito de este sistema. Estos principios tienen un enfoque en el factor humano, ya que las personas que son parte las organizaciones tienen que ver específicamente con las formas de pensar, actuar y trabajar de estas. Estos principios son:

Estar presente permanentemente en el lugar de trabajo y observar cómo ocurren las cosas.

Asegurar la formación de agentes de cambio que lideren a los equipos en la implementación del sistema y que puedan enseñar a otros miembros de los equipos.

Formar una cultura de semiautónoma en los equipos para detener la producción cuando estos sea necesario.

Crear una cultura de aprendizaje constante mediante la reflexión y el análisis.

Asegurar el involucramiento de las personas para poder obtener sostenibilidad a filosofía LM en la empresa.

Respeto por los proveedores y colaboradores de la promoviendo su aprendizaje y crecimiento a través de retos permanentes.

Revisar permanentemente las funciones y los procesos de la organización para y eliminar aquellos que no son necesarios.

Fomentar que los equipos y las personas se desarrollen de manera multifuncional.

Fomentar que la toma de decisiones no se realice de manera centralizada en los equipos de liderazgo sino en los diferentes niveles de la organización.

Desarrollar sistemas de información para agilizar los procesos.

Conseguir el compromiso efectivo y participativo de la alta dirección con LM.

II.3.6. Lean Manufacturing: Herramientas

Herramienta 1: Las 5S's. La herramienta 5S's consiste en la implementación de manera sistemática de buenas prácticas de orden y limpieza en los puestos de trabajo. El nombre deriva de las iniciales de las palabras en japonés que componen las etapas del sistema: Seiri (eliminar lo innecesario), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar e inspeccionar), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (crear hábitos), según Madariaga (2021).

Para la implementación de las 5S's es necesario que la dirección de la organización esté involucrada y se debe contar con un material de entrenamiento didáctico y sencillo para explicar al personal operativo la importancia y los conceptos básicos de la metodología. Es recomendable comenzar la implementación con un área, que se convierta en el piloto y punto de partida para la implementación en todas las áreas, por lo general el área escogida debe presentar una alta probabilidad de éxito, de tal manera que se convierta en una historia de cambio positivo que se pueda difundir y replicar según Rajadell (2021).

Las principales actividades para cada una de las etapas de la herramienta 5S's se muestran de manera sintética en la Figura 8.

Figura 8

Los Pasos de la técnica 5S's

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcas áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación* (p. 41), por Hernandez, J.C. & Vizán, A, 2013.

Hernández y Vizán (2013) mencionan que los conceptos de 5S's no deberían ser una novedad para ninguna organización, pero muchas veces sí lo es. Existe evidencia de que esta herramienta se ha aplicado en todo el mundo conteniéndose buenos resultados debido a que es muy sencilla de entender e implementar ya que no se necesitan conocimientos especializados ni inversiones significativas, por lo cual es usual que se

recomiende iniciar con esta herramienta en cualquier implementación de LM. El objetivo de esta herramienta es identificar, disminuir o eliminar los siguientes problemas:

Suciedad en las instalaciones: máquinas, áreas de trabajo, talleres, etc.

Desorden: pasillos obstaculizados, piezas sueltas, materias primas en lugar inapropiado, etc.

Elementos deteriorados: muebles, pisos, escaleras, vidrios, etc.

Ausencia de instrucciones de trabajo.

Frecuentes averías en las máquinas y equipos.

Falta de interés de los colaboradores por mantener en buenas condiciones su área de trabajo.

Excesivos movimientos de personas, materiales, equipos y repuestos.

Figura 9

Instalaciones productivas antes de la aplicación de herramienta 5S's



Nota: Adaptado de *Reaxion revista de divulgación científica* (año 7, numero 1), por Universidad Tecnológica de Leon, 2019.

(http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Implementacion_de_la_metodologia_5S_en_un_almacen_de_refacciones.html)

Figura 10

Instalaciones productivas después de la aplicación de herramienta 5S's



Nota: Adaptado de *Reaxion revista de divulgación científica* (año 7, numero 1), por Universidad Tecnológica de Leon, 2019.

(http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Implementacion_de_la_metodologia_5S_en_un_almacen_de_refacciones.html)

Herramienta 2: Cambio rápido de herramientas SMED. SMED son las siglas del nombre en inglés de la herramienta: Single-Minute Exchange of Dies. Esta metodología tiene por objetivo reducir los tiempos empleados para preparar una máquina para comenzar a producir un siguiente producto. La disminución de estos tiempos se logra analizando minuciosamente los procesos y realizando cambios en los mismos, algunos de estos cambios pueden ser, eliminar ajustes, estandarizar las actividades del cambio, cambiar algunos mecanismos de centrado, ajuste, anclaje por otros que sean de cambio rápido según afirman Muñoz, Zapata y Medina (2022).

Esta metodología es sencilla y fácil de aplicar, con ella se pueden conseguir resultados positivos rápidamente; por lo general, no requiere de mucha inversión, pero sí es necesario adherencia al método y disciplina para ser constante. Con esta herramienta se pueden eliminar la posibilidad de errores, disminuir los defectos disminuyendo así las

inspecciones de calidad y finalmente se puede aumentar la capacidad y eficiencia de las máquinas. Si la utilización de las máquinas está al 100% en una empresa, SMED es una opción para aumentar la capacidad de la organización sin tener que adquirir nuevos activos, según concluyen Hernández y Vizán (2013).

Hernández y Vizán (2013) también señalan algunas posibles causas que pueden producir elevados tiempos de cambio:

No se cuenta con un estándar o procedimiento para realizar la preparación del cambio.

No se cuentan con el equipos o herramientas suficientes o estos no son los adecuados para el cambio.

Los materiales y las herramientas no se han organizado o no se encuentran disponibles antes de iniciar la preparación del cambio.

Elevado número de actividades de ajuste de máquina.

Falta de evaluación de las actividades de preparación para el cambio

Los tiempos generales de preparación para el cambio presentan una elevada variabilidad.

Hernández y Vizán (2013) comparten que para implementar SMED, se deben realizar estudios de tiempos y movimientos a las actividades críticas de la preparación del cambio para completar las cuatro fases del método.

Fase 1: Diferenciación de la preparación externa y la interna. La preparación interna, está relacionada con aquellas actividades que necesariamente se deben realizar con la máquina detenida, mientras que se conoce como preparación externa a todas aquellas actividades que tienen la posibilidad de realizarse mientras la máquina este operando. La metodología plantea identificar y separar las actividades internas de las externas y además buscar convertir lo más que se pueda actividades de preparación interna en externa para lo cual se debe trabajar lo siguiente:

Organizar antes de la preparación todo lo requerido: Procedimientos, Herramientas y materiales. Etc.

Llevar a cabo la mayor cantidad posible de mediciones externamente.

Revisar el buen estado de herramientas y materiales antes de la intervención de máquina.

Elaborar tablas de soporte con parámetros para realizar la preparación del cambio.

Mantener limpias y ordenadas las áreas de trabajo para la preparación del cambio.

Fase 2: Mejorar las actividades de la preparación interna con foco en las actividades. No todas las actividades internas tienen la posibilidad de convertirse en actividades externas, éstas deben de trabajarse para mejorarlas, para lo cual debemos ejecutar los siguientes pasos:

Identificar el número de personas que se necesitan para ejecutar cada actividad interna.

Colocar dispositivos para mediciones dentro de máquina.

Simplificar la forma en que se ingresan los parámetros o seteos de los procesos.

Implementar registros estandarizados para documentar la data del proceso.

Implementar mecanismos para la comprobación rápida de la calidad y precisión de los ajustes.

Fase 3: Mejorar las actividades de la preparación interna con foco en las máquinas y equipo. Esta fase busca mejorar los tiempos de preparación interna realizando mejoras en las máquinas o equipos como, por ejemplo:

Realizar modificaciones en las máquinas o equipos de tal manera que actividades internas puedan ser convertidas en externas.

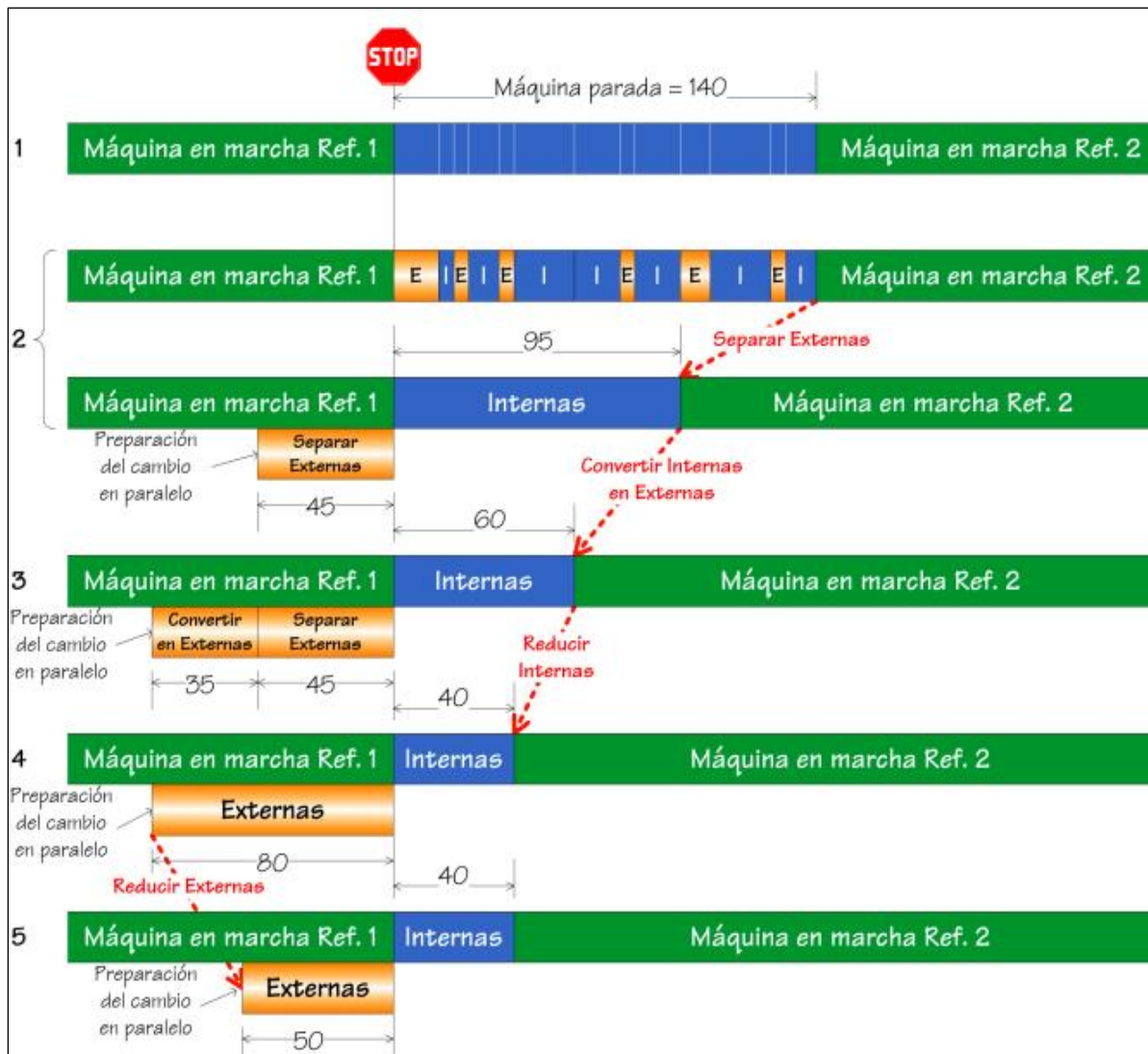
Modificar las máquinas o equipos de tal manera que se reduzcan los tiempos de preparación y de la puesta en marcha.

Diseñar e implementar en las máquinas o equipos dispositivos que brinden facilidad para regular alturas o distancias con plantillas o troqueles.

Fase 4: Preparación Cero. El objetivo final ideal es conseguir un tiempo de preparación igual a cero, por lo que es importante para la organización tener en cuenta esto desde el diseño o compra de una maquinaria o equipo, incorporando en estas tecnologías adecuadas o flexibles que permitan cada vez acercarse más al tiempo cero.

Figura 11

Esquema con los pasos que utiliza la metodología SMED



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing exposición adaptada a la fabricación de repetitiva de familia de productos mediante procesos discretos*. (p. 138), por Madariaga, A.N., 2021.

Herramienta 3: Estandarización. La Estandarización también es un pilar de LM, sobre el cual se sostienen las otras herramientas del sistema. En general, los estándares son representaciones gráficas o escritas que facilitan el conocimiento técnico sobre los procesos, máquinas, materiales, métodos y mediciones con la finalidad de obtener productos de buena calidad, operando los procesos de manera segura y rápida a un buen costo como lo señalan Hernández y Vizán (2013).

Los estándares son el punto de partida y el punto final de la mejora continua; un estándar es la mejor forma conocida de realizar una actividad, hasta que ésta se mejora y nuevamente se vuelve a estandarizar. En esencia, la mejora continua se consigue repitiendo este ciclo una y otra vez. Se debe entender que los estándares deben ser elementos vivos, utilizados permanentemente y con un enfoque adecuado a los usuarios. Todos los procesos críticos de una empresa requieren estándares concluye Socconini (2019).

De acuerdo con Madariaga (2021) para LM un estándar es una referencia con la cual podemos comparar y mejorar la forma en la que realizamos las actividades o procesos de una organización, dentro de la gama de estándares podemos encontrar:

Los procedimientos, instrucciones, normas, especificaciones. Por ejemplo: Instrucciones de trabajo, procedimientos para el cambio de piezas de máquina, instrucciones de inspección de calidad, normas de seguridad, actividades de mantenimiento autónomo, instrucciones de arranque y parada de equipos, instrucciones de manipulación de materiales, procedimientos de limpieza.

Un símbolo. Por ejemplo, el dibujo de la silueta de una herramienta mecánica en un panel que se encuentre cercano a un puesto de trabajo.

Una marca que permita visualizar un nivel. Por ejemplo, dos marcas pintadas en un tanque o tolva de almacenamiento que permitan identificar visualmente cual es el inventario mínimo y máximo permitidos.

Una cantidad o un valor. Por ejemplo, el valor objetivo en el cual debe estar regulada una variable de proceso, como la temperatura de un horno o la presión de un tanque de aire comprimido.

Hernández y Vizán (2013) establecen que algunas características necesarias de un estándar son:

Simplicidad y fácil entendimiento en la descripción de las mejores formas o métodos para ejecutar la producción.

Los estándares deben nacer a partir de mejoras realizadas.

Se debe tener mecanismos de seguimiento para asegurar el cumplimiento de los estándares.

Antes de realizar cualquier mejora, tomar como punto de partida el estándar actual.

Figura 12

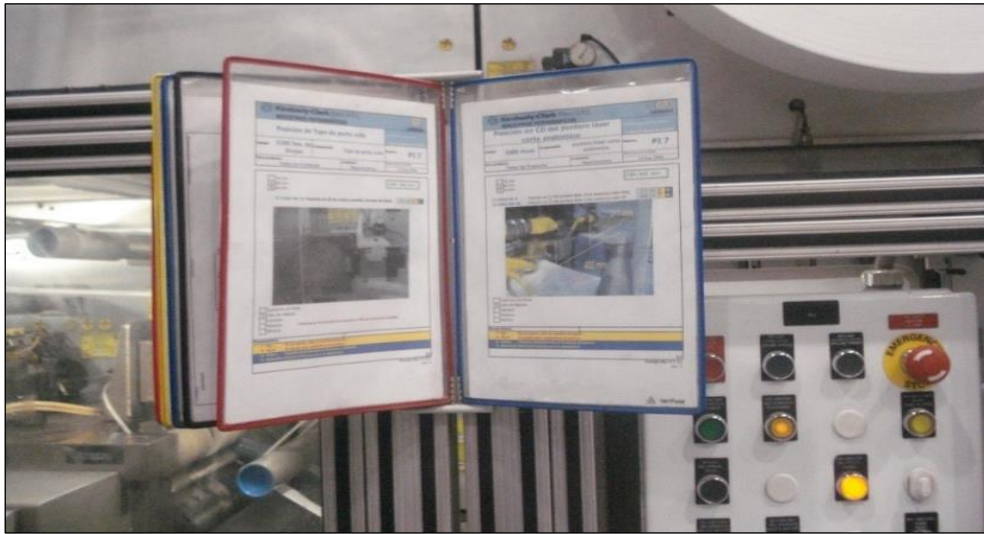
Modelo de una instrucción de trabajo.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 13

Procedimientos de trabajo a pie de máquina.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 14

Siluetas de herramientas para la fácil organización en el trabajo.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 15

Estándares para la regulación de variables en máquina.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Herramienta 4: Mantenimiento Productivo Total TPM. TPM de acuerdo con Muñoz, Zapata y Medina (2022) se compone de un grupo de actividades que tienen como finalidad la eliminación de averías en las máquinas o equipos y que para conseguirlo se necesita el involucramiento de todos los trabajadores de la compañía. Estas actividades promueven el buen mantenimiento y mejora de los activos productivos valiéndose de la participación de todas las funciones de la organización desde las funciones directivas hasta los operarios.

Hernández y Vizán, A. (2013) consideran que los cuatro principales objetivos de TPM son:

Mejorar lo máximo posible la eficiencia de máquinas y equipos eliminando las principales pérdidas asociadas a su mantenimiento.

Implementar un sistema de mantenimiento que incluya toda la vida útil de máquinas y equipos, es decir, desde el diseño de la máquina, que debe contemplar el menor esfuerzo para el mantenimiento, así como los planes de mantenimiento para toda la existencia del activo incluyendo la fácil disponibilidad de repuestos y mantenimiento preventivo.

Involucrar en el sistema todos los stakeholders relacionados con la planificación, diseño, utilización y mantenimiento de las máquinas y equipos.

Asegurar la participación de toda la organización, desde los directivos hasta los operadores, buscando ejecutar acciones para el mantenimiento autónomo a cargo de grupos de trabajo debidamente entrenados, facilitándoles los recursos necesarios para su ejecución.

Para Hernández y Vizán (2013) las principales pérdidas en las máquinas y equipos productivos se muestran de manera detallada en la Figura 16.

Figura 16

Las seis grandes pérdidas en los equipos productivos

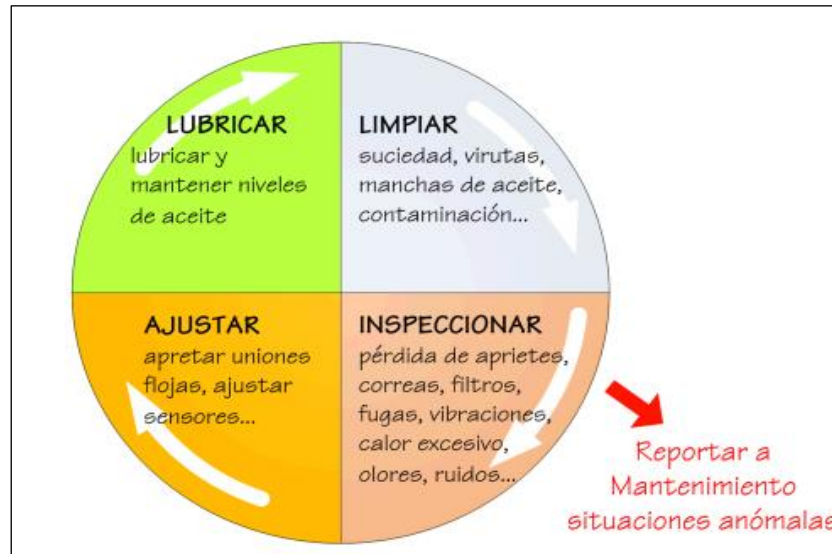
Tipo	Pérdida
Tiempo Muerto	1 Averías dedidas a fallos en equipos. 2 Preparacion y ajustes. Ejemplos, cambios de utillajes, moldes, ajustes herremientas.
Perdidas de velocidad	3 Tiempo en vacío y paradas cortas (operación anormal de sensores, bloqueo de trabajo en rampas, etc.). 4 Velocidad reducida (diferencia entre la velocidad nominal y la velocidad real)
Defectos	5 Defectos en proceso y repetición de trabajos (desperdicios y defectos de calidad que requieren reparación). 6 Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y producción estable.

Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación* (p. 48), por Hernandez, J.C. & Vizán, A, 2013.

Un beneficio de implementar TPM, es la concientización de los operarios sobre su responsabilidad en el mantenimiento básico de sus máquinas y equipos, además de generar en ellos la capacidad y disciplina para la detección de pequeñas anomalías antes de que estas se puedan convertir en una avería. TPM promueve las actividades de limpieza, la lubricación y la inspección visual como actividades básicas del Cuidado Autónomo concluye Madariaga (2021). Todas estas actividades ejecutadas permanentemente turno a turno y día a día en los procesos generar un impacto muy significativo en la productividad manufacturera y además generan un sentido de pertenencia y empoderamiento muy alto en los equipos de máquina a través del desarrollo de nuevos conocimientos y habilidades que le permiten sentirse parte de los resultados y en ocasiones mejorando el clima laboral.

Figura 17

Actividades básicas del Mantenimiento o cuidado autónomo.



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing exposición adaptada a la fabricación de repetitiva de familia de productos mediante procesos discretos*. (p. 54), por Madariaga, A.N., 2021.

Durante la implementación de TPM se pueden observar las siguientes fases según Muñoz, Zapata y Medina (2022):

Fase 0 Trabajo preliminar. En esta fase se requiere organizar toda la información relacionada con el mantenimiento, esto incluye la identificación y codificación de máquinas y equipos, de las averías generalmente recurrentes y de las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo.

Fase 1 Devolverle a las máquinas y equipos sus condiciones iniciales. Esta fase tiene como propósito llevara a las máquinas o equipos a sus mejores condiciones, es decir como cuando estaba nueva.

Fase 2 Eliminar las fuentes que producen contaminación o suciedad y mejorar las áreas que presentan difícil acceso para el mantenimiento. Las fuentes de contaminación o suciedad se pueden identificar observando zonas que, aunque se limpien

con frecuencia, siempre vuelven a contaminarse. Generalmente estas fuentes se producen por un mal funcionamiento de alguna parte de las máquinas o equipos.

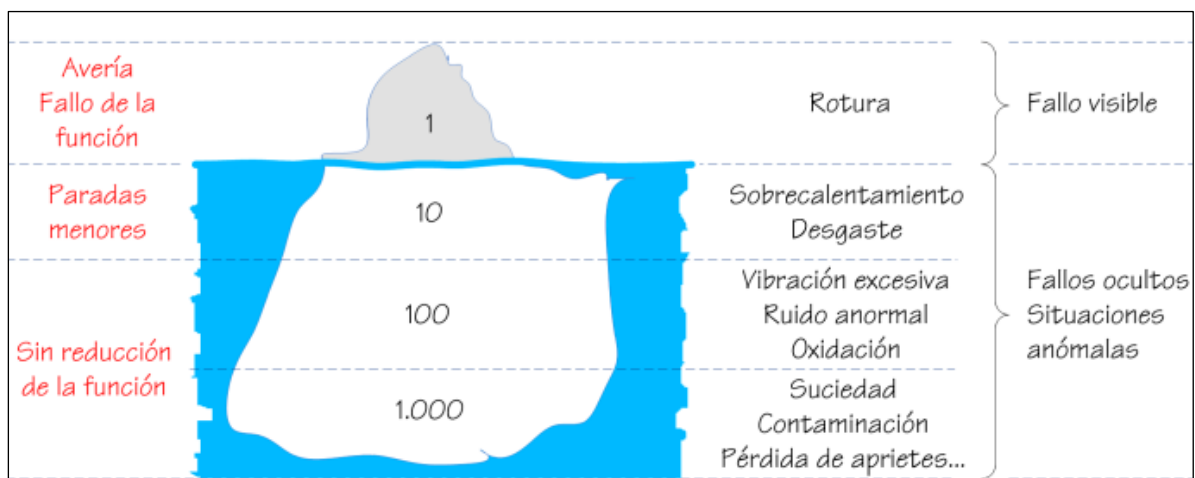
Fase 3 Generar las capacidades para la inspección permanente de las máquinas y equipos. Es muy importante en la implementación de TPM que las personas de producción, que operan las máquinas y equipos se hagan cargo poco a poco de las tareas básicas propias de mantenimiento; para esto es necesario facilitarles los conocimientos necesario sobre su funcionamiento de los procesos productivos y de mantenimiento.

Fase 4 Mejora continua. En esta fase se debe conseguir que los operadores de producción ejecuten las actividades definidas de TPM de forma autónoma; adicionalmente pueden proponer mejoras en el diseño de las máquinas. En esta fase también es importante identificar la causa raíz que produce las averías y la supervisión constante para verificar la ejecución de lo planeado y establecer objetivos, para lo cual deben implementarse diversos indicadores que ayuden a evaluar la efectividad del sistema.

La siguiente gráfica muestra la pirámide de ocurrencia de anomalías en los mecanismos y componentes de máquina antes de que se presente una avería.

Figura 18

La fábrica oculta, la pirámide de ocurrencia de fallos.



Nota: Adaptado de Lean Manufacturing exposición adaptada a la fabricación de repetitiva de familia de productos mediante procesos discretos. (p. 53), por Madariaga, A.N., 2021.

Herramienta 5: Control visual. Se compone de un grupo de prácticas de comunicación, que tienen como foco principal mostrar de manera simple cualquier anomalía o desperdicio en el sistema productivo. Generalmente las empresas cuentan con información estadística, indicadores numéricos, gráficas que son del manejo de personal especializado y que les facilitará la toma de decisiones. Al respecto el Control Visual se encarga de transformar esta información en algunos casos compleja en algo mucho más simple, así de esta manera, se alcanzan todos los niveles de la organización de acuerdo con Hernández y Vizán (2013).

Según Socconini (2019) esta herramienta de LM busca brindar de manera permanente información a los colaboradores de como su trabajo influye directamente sobre los resultados y de esa manera concientizarlos y hacerlos responsables de parte de las metas de la empresa, esto promueve la motivación.

Figura 19

Ejemplo de Control Visual de indicadores de desempeño en pie de máquina.

LOS TABLEROS DE DESEMPEÑO son herramientas de Gestión Visual que muestra el estatus de un proceso y expone las oportunidades.

Los tableros ayudan a dirigir los diálogos de desempeño hacia las pérdidas principales y definir las acciones para resolver los problemas.



Diálogos de Desempeño cada 2 horas

Todos ellos contienen:

- Indicadores clave de desempeño (KPIs).
- Planes de acción (solución, plazo, responsable y estado) para dar seguimiento a los problemas de forma inmediata.

Fuente: *Elaboración Propia.*

Entre los beneficios del Control Visual se encuentra la fácil difusión de mensajes claves y de información relevante para el proceso productivo. Se pueden presentar muchos métodos para la aplicación del Control Visual, su utilización dependerá de los objetivos o problemas que se pretendan abordar según concluyen Hernández, y Vizán (2013).

Figura 20

Mecanismos de Control Visual que suelen implementarse en un proceso productivo

Tipo de Control	Mecanismos
Control visual de espacios y equipos	<ul style="list-style-type: none"> * Identificación de espacios y equipos. * Identificación de actividades, recursos y productos. * Marcas sobre el suelo. * Marcas sobre técnicas y estándares. * Areas de comunicación y descanso. * Información e instrucciones. * Limpieza
Documentación visual en el puesto de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> * Métodos de organización: Hojas de instrucciones, estudios de tiempos/movimientos, planificación del trabajo, autoinspección, recomendaciones de calidad, procedimiento de seguridad. * Recursos y tecnología. Instrucciones de operación y mantenimiento, cambios y ajustes, descripción de procesos y tecnologías. * Productos y materiales. Especificaciones del producto, lista de piezas, requerimientos de empaquetado, identificación de defectos comunes en materiales y productos.
Control visual de la producción	<ul style="list-style-type: none"> * Programa de producción. * Programa de mantenimiento. * Identificación de stocks. * Identificación de reprocesos. * Identificación de trabajos en proceso (cargas, retrasos....). * Indicadores de productividad
Control visual de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> * Señales de monitorización de máquinas. * Control estadístico de procesos. * Registros de problemas.
Gestion de indicadores	<ul style="list-style-type: none"> * Objetivos, resultados y diferencias de indicadores de proceso. * Gestión de la mejora continua. * Actividades de mejoras. * Sugerencias. * Proyecto en marcha.

Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación* (p. 53), por Hernández, J.C. & Vizán, A, 2013.

Figura 21

Ejemplos de mecanismos para el Control Visual.

*La gestión visual es un sistema de comunicación en **"TIEMPO REAL"** del estatus de las áreas claves de producción que ayuda a visualizar los procesos e identificar y prevenir pérdidas.*



Indicadores de Desempeño



Flujos y Seguridad



Control de Proceso



Binario para eliminar confusión (Rojo/ Verde)
Fácil y Rápido de entender (visible en el área)
Localizado en el Puesto de trabajo
Actualizado Regularmente (hora/día/semana)
Dirigido a la Acción

Indicador Visual



Señal Visual



Control Visual



Garantía Visual



Fuente: *Elaboración Propia.*

Según lo mencionado por Hernández y Vizán (2013) no es necesario que una empresa busque implementar todas las herramientas de LM, esto dependerá de las características del proceso productivo y de la cultura organizacional. El éxito de estas herramientas será posible a medida que se consiga un cambio cultural en la organización. Las siguientes recomendaciones pueden ayudar a iniciar el cambio requerido:

Cualquier iniciativa de comunicación visual debe ser validada por las distintas funciones pertinentes de la organización.

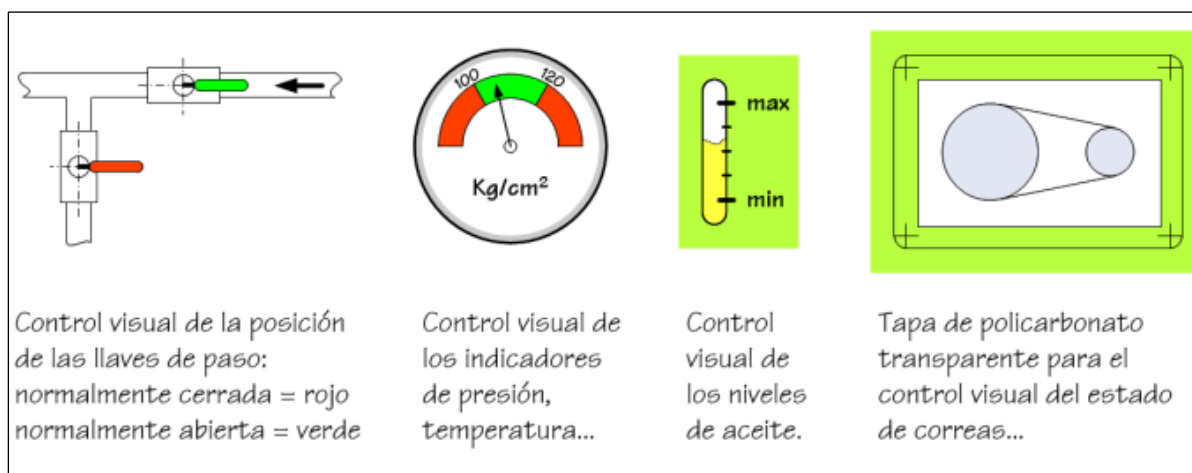
No se debe considerar la comunicación visual solo como una técnica, sino debe ser parte de la estrategia de la compañía.

Al implementar un sistema de indicadores, el enfoque no debe estar únicamente en colocar gráficos y números en las áreas de trabajo, por lo contrario, se debe buscar realizar un análisis profundo de la información que se publicará buscando sea efectivo para los propósitos que se desean alcanzar, para el análisis y toma de decisiones.

Es muy importante hacer participar a los usuarios en el diseño de la comunicación visual.

Figura 22

Dispositivos para el control visual

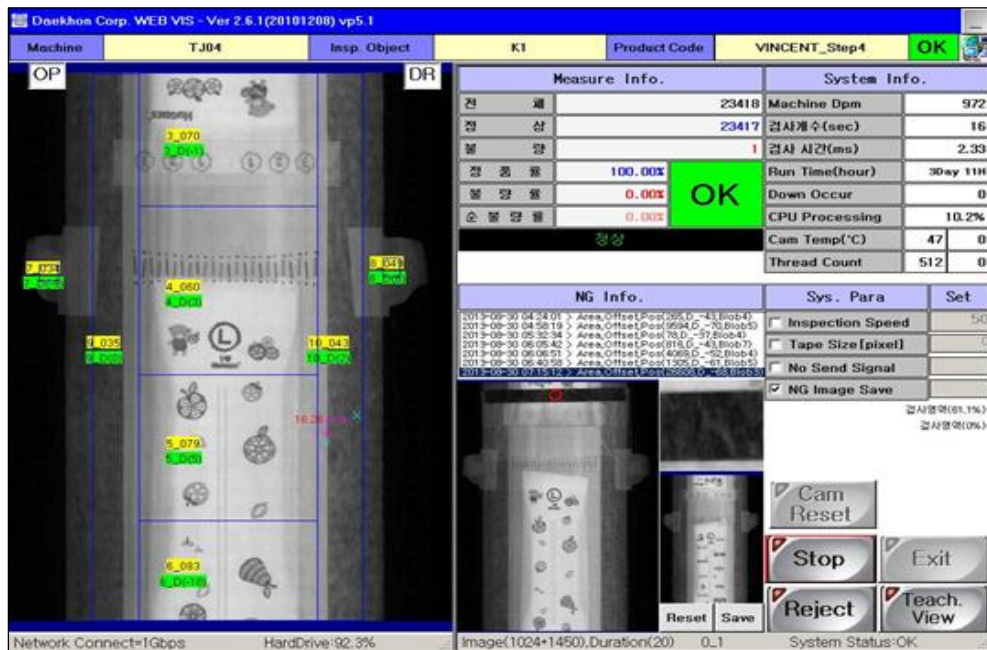


Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing exposición adaptada a la fabricación de repetitiva de familia de productos mediante procesos discretos.* (p. 39), por Madariaga, A.N., 2021.

Herramienta 6: Jidoka. Madariaga (2021) señala que este término en japonés se puede traducir como automatización pero con un toque humano, buscando la autonomía en el control del sistema LM, promoviendo que el proceso desarrolle su propio autocontrol de calidad, para que de esta manera ante cualquier anomalía que pueda presentar el proceso, la máquina se detenga ya sea automáticamente o por intervención del operador, impidiendo la producción de piezas defectuosas rápidamente antes de que pasen a la siguiente etapa del proceso. A través de la herramienta Jidoka se implementa la inspección de la calidad de los productos en la misma línea de producción, a cargo de los mismos operarios, deja de existir la distinción entre operadores de producción e inspectores de calidad, cambia el enfoque de un control para identificar defectos a uno que busca prevenirlos, es decir, se le da prioridad al control del proceso más que el control del producto. Se puede aplicar la herramienta Jidoka de varias formas, siempre buscando que ninguna pieza defectuosa avance en el proceso. Esto se puede conseguir de dos maneras, con una automatización, donde la máquina tiene un sistema o mecanismo de identificación de productos defectuosos en línea, en pocas palabras se adiciona a las máquinas una cualidad de la inteligencia humana, o a través de una automatización, esto es cuando se les brinda a las máquinas la capacidad de trabajar normalmente sin la necesidad de la atención de un operador humano y solo se requiere la intervención de éste cuando se presenta alguna anomalía.

Figura 23

Control de Calidad automático en línea de fabricación de pañales infantiles.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 24

Control de Calidad en línea a cargo de operador de máquina de fabricación de pañales.




Fuente: *Elaboración Propia.*

Algunos factores primordiales para la aplicación de la herramienta Jidoka, como por ejemplo desarrollar capacidades en los operarios de fabricación para detener las líneas productivas, de manera que pulsando un botón puedan detener la operación cuando se producen anomalías en el proceso o se detectan defectos en el producto. Cuando esto ocurre se debe activar una señal visual que indica la existencia del problema en el área específica donde ocurre, de esta manera los operarios de otras secciones o personal de soporte técnico pueden colaborar a encontrar una solución, también mencionan que es clave el desarrollo de mecanismos a prueba de errores también conocidos como Poka-Yoke. Estos dispositivos evitan los defectos en su totalidad, aunque existan errores humanos. Estos dispositivos suelen ser muy simples, sencillos, prácticos y de fácil mantenimiento; es además conveniente hacer participar a los operadores en el diseño de estos, concluyen Hernández y Vizán (2013).

Figura 25

Dispositivos visuales para indicar existencia de un problema en la producción.

Color	Tipo de Alarma
Rojo	Llamado a Mantenimiento
Amarillo	Llamado a Calidad
Verde	Proceso Normal
Azul	Llamado a Materiales
Blanco	Proceso Pausado



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing modelos y herramientas*. (p. 215), por Muñoz, J.A., Zapata, C.A. & Medina, P.D., 2022. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.

Herramienta 7: Técnicas de calidad. Uno de los principales beneficios de LM es la garantía de alta calidad en la fabricación, entendiéndose esto como la ejecución adecuada de todos los procesos de la organización, lo cual permite satisfacer y exceder las expectativas de clientes y consumidores. Para conseguir esto se requiere que cada colaborador actúe como un inspector de calidad, de esta manera se conseguirá corregir de

manera inmediata los defectos o problemas que se presenten en los procesos productivos comparten Hernández y Vizán (2013).

Para alcanzar este objetivo LM promueve el uso permanente de las técnicas de calidad, entre las que se destacan:

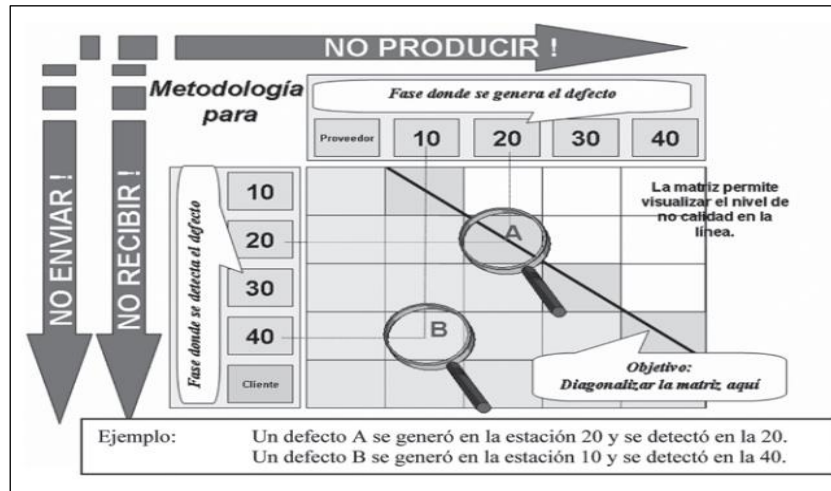
La inspección autónoma. Según Socconini (2019) la inspección autónoma de calidad busca que el mismo personal que realiza la fabricación se haga responsable de la verificación de la calidad, cuando no se pueda aplicar un Poka Yoke. Esta técnica puede ayudar a mejorar la calidad desde cada puesto de trabajo, facilita conocimiento sobre los procesos a los operadores, disminuye y hasta en ocasiones elimina la posibilidad de cometer errores, puede disminuir o evitar ocurrencia de accidentes y permite a los operadores desarrollar la creatividad. Existen tres niveles de Poka Yokes, el primero, detecta el defecto ocurrido y se asegura de que no avance en el proceso de fabricación, el segundo, detecta un error justo en el momento que está ocurriendo y evita que se convierta en un defecto y el tercero, impide que los errores se produzcan por consiguiente elimina la probabilidad de que un defecto ocurra.

La Matriz de Autocalidad (MAQ). Esta técnica ayuda a sostener la calidad, logrando identificar el área específica en el cual se está produciendo un defecto. En la matriz se identifican todas las etapas del proceso en columnas y todos los defectos inherentes al producto en filas. Una vez que se presenta un defecto en la línea de producción los colaboradores retiran el producto defectuoso, lo identifica con una etiqueta y lo coloca en un recipiente de color rojo. Luego con estas incidencias y registros se completa la MAQ y se definen planes de acción que den solución a los defectos. Es así como los operadores de producción dejan de ser solo encargados de la fabricación y juegan un papel importante como soporte del aseguramiento de la calidad. También con esta técnica los supervisores de producción y los líderes de calidad entran en acción, realizando un análisis de causa raíz de los defectos de mayor impacto o los más recurrentes, identificando las

posibles soluciones que permitan eliminar de raíz las causas que están produciendo los defectos de acuerdo con lo que comparten Hernández y Vizán (2013).

Figura 26

Esquema funcional de la Matriz de Autocalidad.

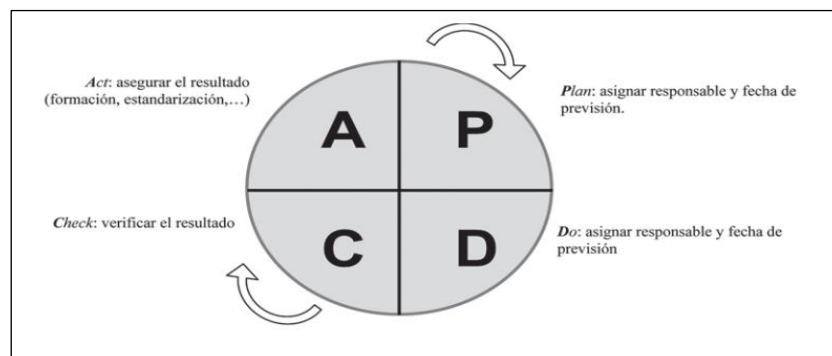


Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing herramientas para producir mejor*. (p. 127), por Rajadell, M., 2021. Ediciones Diaz de Santos.

Ciclo PDCA. Esta herramienta también es conocida como el ciclo de Deming o el ciclo de la calidad; y que es muy útil para identificar y corregir defectos buscando mejorar la calidad y la productividad en las diferentes áreas y niveles de una organización según señala Gutierrez (2014).

Figura 27

Etapas del Ciclo PDCA



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing herramientas para producir mejor*. (p. 268), por Rajadell, M., 2021. Ediciones Diaz de Santos.

Hernández y Vizán (2013) señalan que como parte de la filosofía de LM el ciclo PDCA es la guía para cualquier emprendimiento desde las más sencillas hasta las complejas intentando alcanzar la mejora continua, además señalan que está compuesta por las siguientes etapas:

Analizar la situación inicial. Se pueden utilizar varias herramientas para realizar la evaluación inicial de las áreas de trabajo, esto dependerá mucho de la madurez alcanzada por las empresas en las diferentes herramientas de LM. Lo más básico que se puede utilizar es una encuesta de satisfacción dirigida a los operadores y ejecutar un recorrido en los lugares de trabajo para identificar las oportunidades básicas que se son observables a simple vista.

Planificar y estudiar la viabilidad. Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la etapa inicial, se pueden establecer las principales oportunidades de mejora y se definen las herramientas a emplear. En esta etapa se establece la línea base o indicador de situación inicial, se definen los objetivos y se crean los indicadores a utilizar para medir la evolución o mejora.

Seleccionar línea/área piloto. Se debe seleccionar un área que se convierta en el piloto de la mejora; para esta selección se debe tener en cuenta la alta probabilidad de éxito tomando en consideración la factibilidad económica y también técnica.

Implantación inicial en línea piloto. Una vez seleccionada el área piloto se deben implementar las mejoras en las oportunidades identificadas, utilizando las herramientas de LM que se adecuen a la problemática específica de la situación.

Formar al personal. Realizadas las mejoras se debe estructurar un plan de formación y entrenamiento del personal para desarrollar sus habilidades y motivación con el fin de darle sostenibilidad a las mejoras.

Verificar la efectividad de las mejoras. Luego de la implementación de las mejoras se debe volver a evaluar con las mismas herramientas utilizadas en el análisis de situación inicial para realizar el contraste y verificar si se consiguieron los objetivos planteados. De no

comprobarse esto se deben identificar las causas y establecer acciones que permitan realizar correcciones. Si los resultados son positivos se deberá realizar el trabajo de estandarizar para la sostenibilidad.

Expandir el trabajo a todas las áreas de producción. Tomando como referencia los aprendizajes en la línea piloto generar un plan y desplegar la estrategia en el resto de las líneas de producción y procesos de la compañía.

Cero defectos. De acuerdo con Hernández y Vizán (2013) el objetivo final al implementar las herramientas de calidad es la eliminación de los defectos, cero defectos, con un enfoque en el personal operativo, materias primas, maquinaria, metodología e información. Se debe generar una estrategia general que busque eliminar los defectos implementando las herramientas de LM, esto se puede conseguir completando los siguientes pasos:

Entrenamiento básico (Personas). En muchas ocasiones los defectos tienen como causa raíz de su origen a las personas, por eso es necesario realizar un entrenamiento básico adecuado relacionado con los roles y responsabilidades de todo el personal de la organización, la calidad y el cumplimiento de los procedimientos e instrucciones de trabajo.

Desarrollo de capacidades múltiples (Personas). Generalmente los operadores con buena voluntad intentan fabricar productos sin defectos, pero la falta de habilidades y de conocimiento les impide conseguirlo, por lo cual es muy importante el entrenamiento y la capacitación para brindar habilidades y conocimientos necesarios a cada función de acuerdo con el rol que desempeñan en la organización.

Control visual (Información). Es necesario organizar la gran cantidad de información recolectada en la empresa referida a defectos, para evitar que queden solo como archivos sin utilización, por el contrario, es importante compartir el resultado del análisis de esta información con los trabajadores, de manera simple y grafica que ayude a su fácil entendimiento.

Inspección preventiva (Materiales). La identificación de los defectos una vez que se presenta un lote defectuoso es muy costoso para una empresa, por eso es muy importante actuar de manera preventiva, esto se logra solamente cuando se consigue que los operadores combinen su atención entre las operaciones productivas y las inspecciones de la calidad de los productos en la misma área de trabajo.

Mecanismos anti-error (Máquina). Es clave la implementación de mecanismos que permitan la detección de fallas y defectos de manera automática ya que esto permitirá el acercamiento al objetivo de cero defectos.

Mantenimiento preventivo (Máquina). Otro factor clave tiene que ver con las condiciones de máquinas y equipos, ya que anomalías en estos suelen generar defectos en los productos, para eso es necesario que los operadores de producción asuman como su rol las actividades diarias de mantenimiento e inspección de sus máquinas utilizando las técnicas de TPM.

Operaciones estándares (Método). Es necesario que los operadores siempre realicen sus actividades de la forma más eficaz conocida y esto se logra con la manteniendo estandarizadas las actividades de trabajo y los procesos dentro de la organización.

5S's. Para que todas las acciones mencionadas anteriormente puedan ser efectivas, es necesario trabajar sobre las bases del orden y la limpieza, que brinda la técnica 5S's.

Seis Sigma. Es la metodología para mejorar productos o procesos, basada en la disminución de la variabilidad y a partir de esto se puede disminuir inclusive en algunos casos hasta eliminar las fallas y defectos repercutiendo positivamente sobre la calidad y la percepción de los clientes según concluye Gutierrez (2014).

Figura 28

Diferencias entre organizaciones Seis Sigma y organizaciones tradicionales.

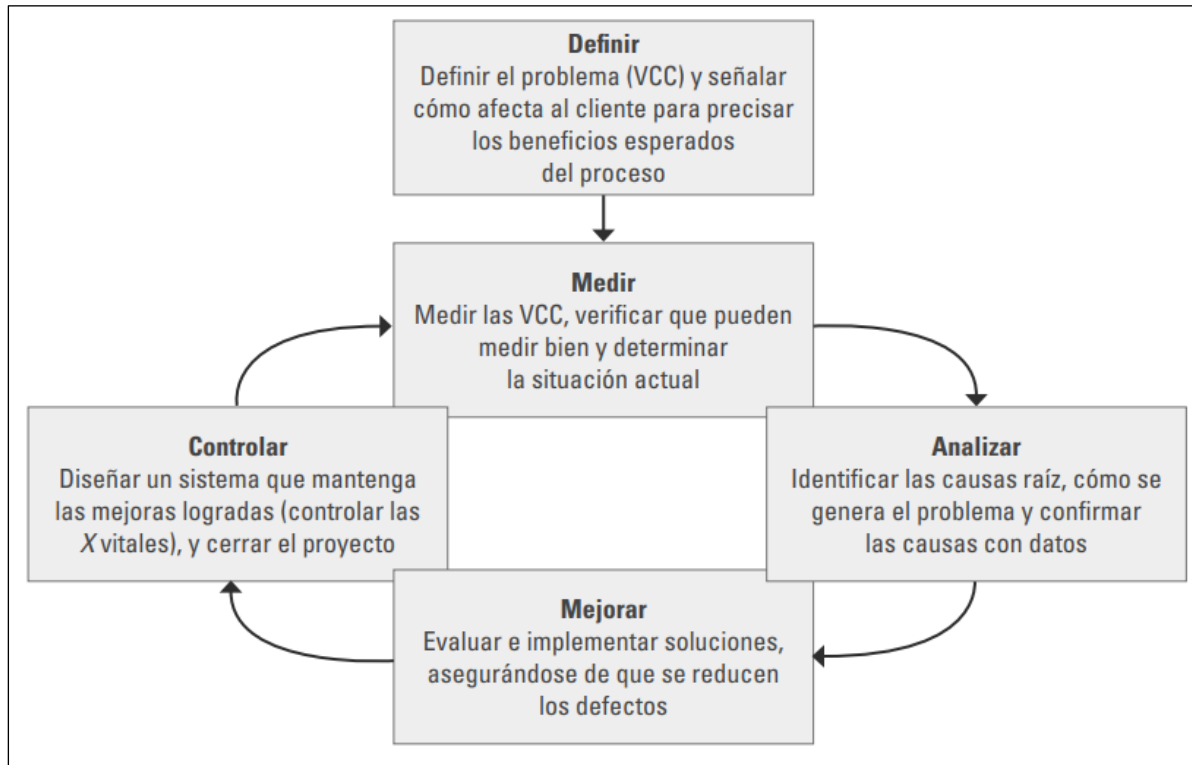
La empresa Tres Sigma	La empresa Seis Sigma
<ul style="list-style-type: none"> • Gasta de 15 a 25% de sus ingresos por ventas, en costos de fallas (costos de no calidad) • Produce 66 807 defectos por cada millón de oportunidades • Confía en sus métodos de inspección para localizar defectos • Considera que la mejor calidad (calidad de clase mundial) es muy cara • No tiene un sistema disciplinado para coleccionar y analizar datos; y para actuar en consecuencia • Considera que 99% es suficientemente bueno • Define internamente las variables críticas para la calidad (VCC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasta sólo 5% de sus ingresos por ventas, en costos de fallas (costos de no calidad) • Produce 3.4 defectos por cada millón de oportunidades • Confía en procesos eficaces que no generan fallas • Reconoce que el productor de alta calidad sigue siendo el productor de costos bajos • Utiliza la metodología DMAMC para ejecutar los proyectos de mejora y la DMADV para diseño • Establece su propia referencia (Benchmark) frente al mejor a nivel mundial • Considera que 99% no es aceptable • Define sus críticos para la calidad • Define las VCC de manera externa, escuchando la voz del cliente

Nota: Adaptado de *Calidad y Productividad*. (p. 289), por Gutierrez, H., 2014, McGraw-Hill.

Hernández y Vizán (2013) mencionan que esta herramienta utiliza técnicas basadas en estadística para analizar la variabilidad, su nombre se desprende de la desviación estándar típica normal donde 6 sigma tiene una equivalencia de 99.99966% de eficiencia o producto dentro de especificación, equivalente a decir que solo se espera 3.4 defectos por millón de oportunidades. Las etapas que conforman un proyecto 6 sigma son: Definir, Medir, Analizar, Introducir Mejoras y Controlar (DMAIC).

Figura 29

La Metodología DMAIC para el desarrollo de proyectos Seis Sigma.



Nota: Adaptado de *Calidad y Productividad*. (p. 285), por Gutierrez, H., 2014, McGraw-Hill.

Herramienta 8: Sistemas de participación del personal. Para LM es muy importante la buena actitud y la participación de las personas a través de un conjunto de actividades que forman parte de un sistema estructurado, cuya finalidad es aprovechar todas las iniciativas que permitan obtener mejoras en la productividad y competitividad de la compañía, identificando oportunidades de mejora y tomando acciones concretas, para lo cual es imprescindible que los equipos de liderazgo impulsen y apoyen estas actividades afirma Madariaga (2021).

Hernández y Vizán (2013) concluyen que los sistemas de participación del personal permiten a los colaboradores proponer sus ideas de mejora para diversas actividades de la organización. Su ejecución no es sencilla ya que conseguir el involucramiento de todo el personal es uno de los retos más desafiantes que deben encarar las empresas, para

conseguir esto, se pueden exponer los siguientes racionales buscando un pleno entendimiento y convicción:

Seguridad en el trabajo. Asegurar la seguridad e integridad de los colaboradores partiendo del cumplimiento de estándares y normas.

Condiciones de trabajo. Crean espacios de trabajo que permitan la satisfacción y motivación de los colaboradores que promuevan la mejora continua.

Formación. Crean un ambiente de permanente aprendizaje, que mejore el perfil profesional y personal de todos los colaboradores, como mecanismo de motivación y generación de compromiso con los objetivos de la organización.

Comunicación personal. Establecer mecanismos de comunicación de puertas abiertas, con espacios el feedback en ambos sentidos de líder a reporte y viceversa, promoviendo un escenario de confianza y eliminando posibilidades de conflictos.

Participación en la mejora. El conocimiento de cada colaborar en una organización es muy valioso, por esto es necesario generar los medios necesario para capturar las ideas de mejora de los colaboradores. A continuación, algunos ejemplos de las iniciativas más usada en la actualidad para promover la participación del personal:

Equipos de mejora (equipos Kaizen). Según define Socconini (2019) los eventos Kaizen son equipos de trabajo, generalmente conformados entre 6 a 8 personas, enfocados en solucionar problemas puntuales o la implementación de nuevas técnicas. Se recomienda que los miembros del equipo provengan de diferentes áreas y de diferentes niveles en la organización. Estas personas deben estar entrenadas en técnicas de resolución de problemas. Los equipos Kaizen trabajan con la premisa de que la situación actual nunca es la mejor posible, de esta manera están enfocados en la mejora continua.

Figura 30

Equipo multifuncional realizando evento Kaizen.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Grupos autónomos de producción (GAP). Hernández y Vizán (2013) nos comparten que estos grupos están conformados por trabajadores de un área específica de la organización, que tiene un enfoque en mejorar los procesos de manera continua. Estos grupos juegan un papel primordial al momento de implementar las herramientas de LM y también en la etapa posterior ya que serán los responsables de asegurar el mantenimiento del sistema, así como conseguir la mejora de los resultados.

Estos dos grupos de trabajo presentan características específicas que los diferencian de otros grupos de trabajo tradicionales como:

Cuentan con estructura de soporte en la operación que le servirá para desplegar las acciones de mejora.

Se soportan en la gestión visual para la ejecución de las actividades, los indicadores claves, el avance en el desarrollo de capacidades del equipo, las ideas de mejora propuestas, los estándares de trabajo generados y el desarrollo o aplicación de buenas prácticas.

Tienen una estructura funcional bien definida y con claridad en los roles de cada miembro, de esta forma se hace más fácil la comunicación y el tomar decisiones.

Utilizan una estructura de reuniones de diferentes niveles, donde se tienen establecidos el tipo de reunión, la frecuencia, los participantes, la agenda de la reunión y el propósito de esta.

Ejecutan las reuniones de desempeño con una dinámica estandarizada (minuta, preparación, tiempo, ítems a revisar, presentación modelo para la reunión) para asegurar la sostenibilidad en el tiempo.

Figura 31

Grupo autónomo de producción en reunión de revisión de desempeño en una sala.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 32

Grupo autónomo de producción en reunión de revisión de desempeño en la máquina.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Programas de sugerencias. El objetivo principal de los programas de sugerencia es aprovechar todas las oportunidades identificadas para la mejora por la totalidad de empleados de la organización. Las sugerencias deben describir una situación actual y situación mejorada de una manera simple y sencilla de entender, las sugerencias además pueden tener la siguiente orientación de acuerdo con Hernández y Vizán (2013):

Mejora de los procesos productivos y no productivos.

Mejora de la calidad de los productos.

Mejora de la seguridad en los puestos de trabajo.

Mejora de los puestos de trabajo desde la perspectiva ergonómica.

Disminuir el desperdicio de materiales.

Reutilización de materiales.

Eliminación de todo tipo de desperdicios.

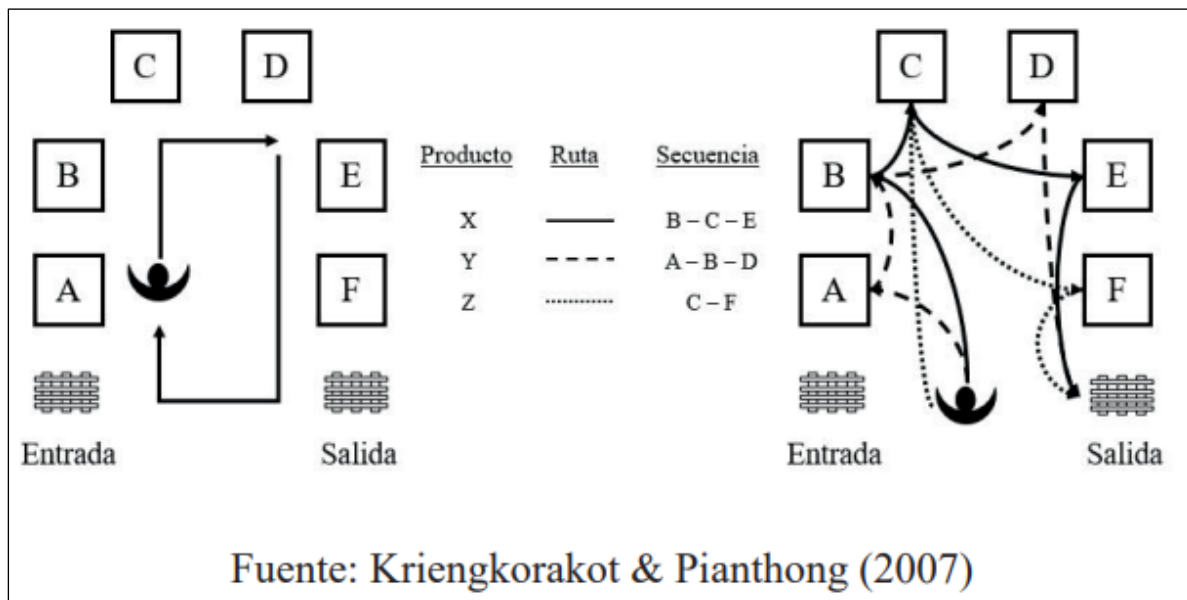
Ahorros de energía y gastos generales.

Técnica 9: Heijunka. De acuerdo con lo propuesto por Rajadell (2021) esta es una herramienta que surge en la industria automotriz y que requiere de un gran compromiso y conocimientos específicos para su implementación, Heijunka se utiliza para la planificación y satisfacción de la demanda de clientes. Para su aplicación es necesario conocer claramente las necesidades de los clientes y entender lo que esto demandará de la empresa. Se deben analizar dos escenarios, el primero donde las variaciones en la producción se originan por los propios procesos internos de la empresa como, la planificación, incidentes en la cadena de abastecimiento, problemas operativos y el tamaño de los lotes, mientras que en el segundo escenario las variaciones son originadas por causas externas a la empresa y es esta la que intenta acomodarse a la demanda, siendo afectada por las variaciones externas. Es así como una producción nivelada continua en pequeños lotes reduce el nivel de desperdicios. Estas son las técnicas que integradas en conjunto conforman la herramienta Heijunka:

Usar células de trabajo. Según Muñoz, Zapata y Medina (2022) el trabajo en este tema radica en la organización del flujo de planta, con una distribución de estaciones de trabajo enfocados en facilitar la fabricación de los productos, es decir las estaciones se disponen una al terminar la anterior y el producto avanza a medida que se completan las operaciones de cada estación, de esta manera se consigue una secuencia eficiente que permite suavizar el flujo o movimiento de materias primas y productos semielaborados hasta completar la fabricación. El diseño más utilizado y que cumple con el concepto de célula de trabajo es la que tiene forma de U, donde el la entrada y salida están ubicadas en el mismo lugar. Cada célula está disponible para producir un solo grupo de partes a la vez, cada una contiene equipos de producción, equipo técnico y personal de soporte especializado para optimizar el proceso, de esta manera las células se convierten en una pequeña fábrica dentro de la fábrica.

Figura 33

Flujo de la Producción en una Célula de trabajo en U.



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing modelos y herramientas.* (p. 170), por Muñoz, J.A., Zapata, C.A. & Medina, P.D., 2022. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.

Es importante considerar los siguientes requerimientos al momento de organizar una célula:

Identificar y organizar los productos por familias y por tecnologías de producción.

Capacitar al personal y conseguir flexibilidad por parte de ellos.

Implementar poka yoke en las estaciones de trabajo que conforman la célula.

Los principales beneficios que se pueden obtener con las células de trabajo son:

Mejoras en la calidad, disminución de inventario de materiales al pie del proceso, reducción de espacios en la fábrica, menor inventario de materias primas y producto terminado.

Mantener un flujo continuo pieza a pieza. Para Hernández y Vizán (2013) este concepto se enfoca la organización del trabajo de tal manera que el producto mantenga un flujo constante e ininterrumpido del proveedor al cliente. Esto se consigue configurando los procesos para que este flujo se corte lo menos posible, para esto se requieren tener en consideración tres aspectos claves:

Flujo de la información estandarizado que permita tomar decisiones adecuadas.

Flujo de materiales suavizados, establecer lotes de producción pequeños con la consiguiente demanda de pequeños lotes de materiales.

Flujo de operarios suavizado. Contando con operadores entrenados en multifunciones y con el compromiso de buscar la flexibilidad en sus procesos.

Producir respecto al Takt time (tiempo de ritmo). Takt es una palabra que significa ritmo en alemán, el concepto del tiempo de ritmo consiste en sincronizar los tiempos de producción con los tiempos de ventas, para conseguir esto se debe determinar el tiempo de ritmo el cual se obtiene al dividir el tiempo disponible de producción entre la demanda del cliente en un rango determinado de tiempo. Este tiempo se convierte en el ritmo al que se debe producir. Si el proceso productivo tiene una velocidad mayor al tiempo de ritmo, tendremos como consecuencia producción en exceso, mientras que si la velocidad del proceso productivo es menor al tiempo de ritmo se formarán cuellos de botella. Como en la realidad el volumen de la demanda es variable, el tiempo de ritmo debe ajustarse

permanentemente para asegurar la sincronización entre producción y demanda concluye Rajadell (2021).

Figura 34

Ejemplo del cálculo del tiempo Takt.

Demanda del cliente:	3.400	unidades/mes
Día de trabajo (8 h x 60 min.):	480	minutos/día
Días laborables de un mes:	19	días
Pausas de descanso [1(30) min. + 2(10) min.]:	50	minutos/día
Disponibilidad de las máquinas:	85%	
Porcentaje actual del ratio de <i>scrap</i> :	3%	

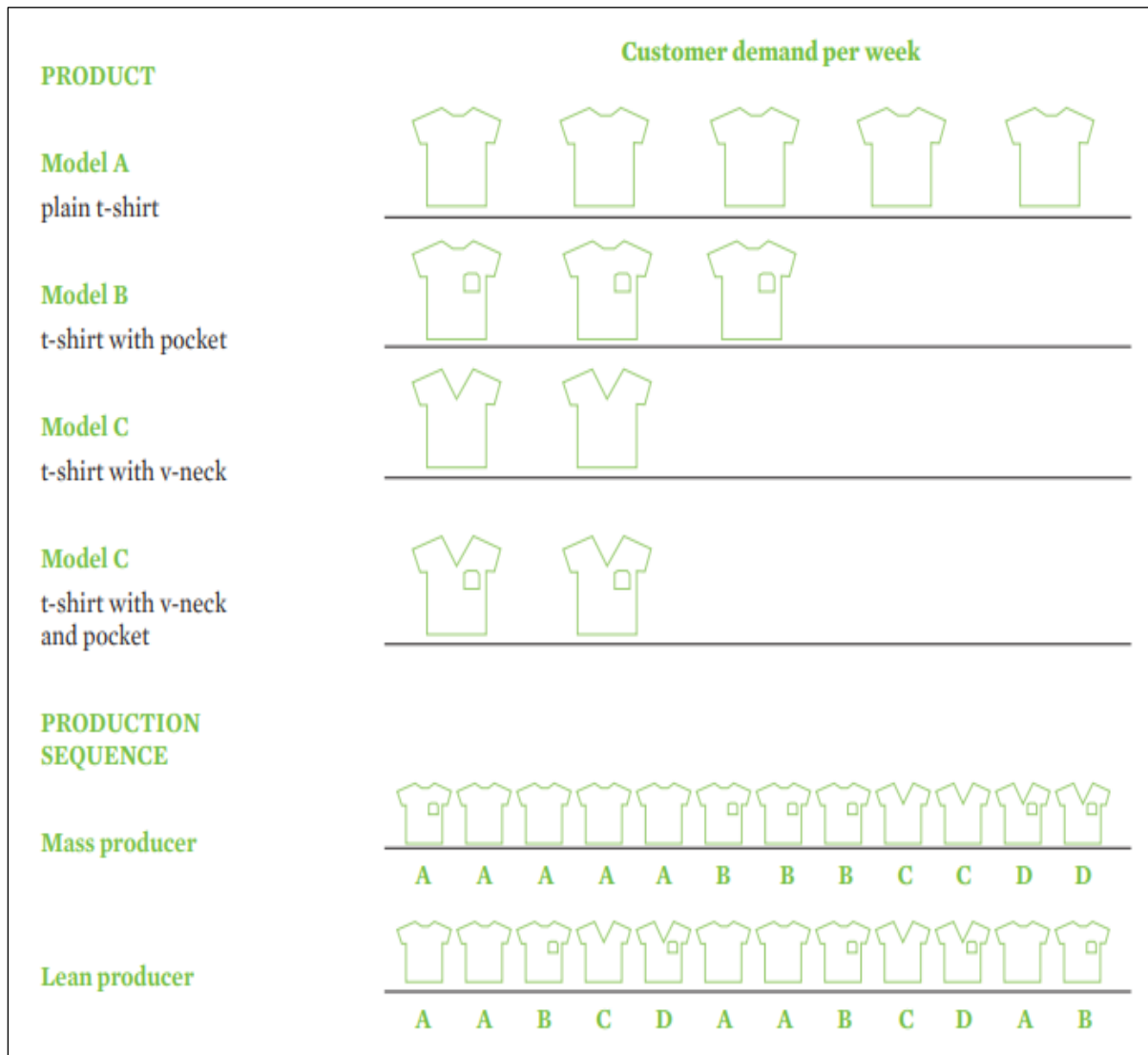
$$TAKT = \frac{[480 \text{ min} - 50 \text{ min}] (0,85)}{\left[\frac{3.400}{19} \right] (1,03)} = \frac{365,5}{184,3} \approx 2 \text{ min / Ud.}$$

Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing herramientas para producir mejor* (p. 179), por Rajadell, M., 2021. Ediciones Diaz de Santos.

Nivelar el mix y el volumen de producción. De acuerdo con Hernández y Vizán (2013) cuando se programan lotes grandes de producción, se generan algunos problemas en los flujos de los procesos, como por ejemplo atender a clientes que solicitan productos diferentes a los que se están produciendo en el momento, también se incrementa el stock de productos terminados y de materiales en proceso. Para nivelar el mix de producción se deben fabricar pequeños lotes, lo cual generará un incremento en el número de cambios en los procesos, para lo cual las organizaciones deben de prepararse con herramientas como SMED.

Figura 35

Esquema de nivelación del Mix de Producción.



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación* (p. 74), por Hernandez, J.C. & Vizán, A, 2013.

Técnica 10: Kanban. Esta herramienta se usa en la sincronización del control y la programación de los procesos productivos mediante la utilización de tarjetas, aunque en la actualidad no solo se limita al uso de tarjetas sino también de otros mecanismos de señalización, esta herramienta permite asegurar la alta calidad y la producción en cantidades adecuadas en el momento adecuado. La herramienta está basada en que cada

uno de los procesos toma únicamente las piezas que son requeridas de los procesos anteriores y a su vez estos procesos inician la producción de las piezas que fueron retiradas, produciendo de esta manera una sincronización del flujo de materiales, que inicia desde el abastecimiento por parte de los proveedores hasta el proceso de final de la operación de fabricación. Las tarjetas Kanban están colocadas en los contenedores de productos o materiales y claramente indican la cantidad mínima y máxima que estos deben contener, es así como las tarjetas se convierten en órdenes de producción en los distintos procesos señala Rajadell (2021).

De acuerdo con Hernández y Vizán (2013) se pueden distinguir dos tipos de tarjetas Kanban:

Las tarjetas Kanban de producción, que contienen la información de que se necesita fabricar y en qué cantidad para atender al siguiente proceso.

Las tarjetas Kanban de transporte, que contienen la información de que materiales o productos en procesos que se necesitan obtener del proceso anterior y las cantidades requeridas.

Muñoz, Zapata y Medina (2022) concluyen que los principales beneficios que se puede obtener con Kanban son:

Evitar la sobreproducción y los sobre inventarios.

Construir un sistema productivo que esté cimentado en la demanda.

Producir la cantidad necesario a tiempo.

Brindar información específica y exacta a los procesos como cantidades necesarias de producción, tiempo necesario para la fabricación y el tipo de transporte que se requiere.

Facilita el control visual para buscar la interacción de los mandos medios y operarios.

Se convierte una herramienta para el mejoramiento continuo

Según Hernández y Vizán (2013) normalmente el uso de las tarjetas Kanban se debe acompañar de los siguientes elementos de gestión de la producción:

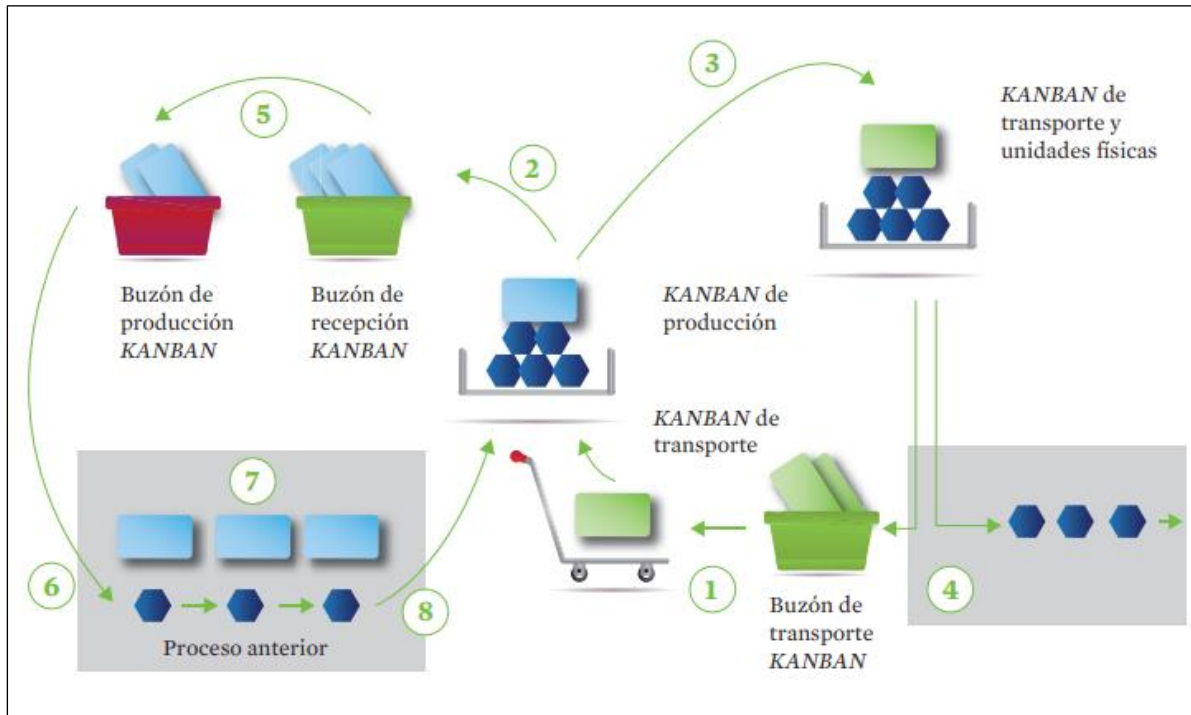
Nivelación de la producción: contrato logística-producción. Es un acuerdo entre ambas áreas para establecer la variedad y cantidades que se deben producir en un mes, además es necesario garantizar el suministro de materiales en función de la demanda de los clientes. Por su parte producción es el área encargada de asegurar la fabricación de las cantidades solicitadas gestionando los recursos del área gestionando los problemas que puedan ocurrir.

Relación con los proveedores. Como se mencionó, el objetivo final es que solo se fabriquen los productos que requieren los clientes en las cantidades requeridas, para conseguirlo es necesario que el abastecimiento de materiales también responda únicamente a las necesidades de las líneas de producción, para lo cual se deben asegurar entregas frecuentes de parte de los proveedores, lo cual se puede conseguir únicamente construyendo acuerdos ganar-ganar con ellos, basados en la colaboración y la confianza mutua.

Polivalencia de los operarios. Kanban también requiere de contar con operarios que dominen varios procesos para que puedan tener la facilidad y flexibilidad para desempeñarse en varios procesos. También la polivalencia también permite alcanzar un grado de autonomía a los equipos de trabajo, ya que multiplica el conocimiento y las personas se pueden ayudar más entre sí misma.

Figura 36

Esquema del funcionamiento del sistema Kanban.



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación* (p. 76), por Hernandez, J.C. & Vizán, A, 2013.

II.3.7. Productividad

Socconini (2019) señala que todas las empresas emplean insumos en sus actividades, estos se pueden segmentar en cinco grupos comúnmente conocidos como las 5 Ms:

- Materiales
- Máquinas
- Mano de obra
- Método
- Medio ambiente

Cada grupo es diferente a los otros, pero tienen un factor en común que es el costo, por lo que una práctica utilizada en algunas empresas con baja liquidez está orientada a

reducir personal, utilizar materiales de menor calidad o disminuir el mantenimiento a las máquinas. Estas medidas solo generan un alivio temporal, pero no resolverán los problemas de manera sostenible, inclusive pueden ser contraproducentes. En la cadena de valor de una empresa las 5Ms son las entradas que interactúan y convierten finalmente en productos o servicios, esto mediante procesos que deben estar estandarizados, para obtener un adecuado desempeño, las salidas son los productos elaborados, su calidad, el tiempo utilizado para producir, su costo e inclusive su impacto en el medio ambiente.

De acuerdo con lo que establecen Muñoz, Zapata y Medina (2022) podemos considerar que la productividad es la relación que existe entre las salidas y los insumos de entrada. Entonces, si queremos mejorar la productividad necesitamos obtener los mejores resultados en los procesos, la siguiente formula es la que permite calcular la productividad. Es muy importante medir permanentemente la productividad para conocer de manera real el estado de cualquier mejora en el tiempo.

Productividad = Salidas/Entradas.

Socconini (2019) señala lo siguiente sobre las limitantes de la productividad, en todos los procesos se utilizan materiales, personas, recursos naturales, tecnología y recursos financieros para obtener los productos o servicios. Los procesos transforman estos insumos y la eficiencia de estos se mide a través de los indicadores de productividad y esta se afecta por una amplia gama de problemas que impiden aprovechar al máximo los recursos disponibles. En Japón conocen a las limitantes de la productividad como las 3 Mu, esto se debe a que sus nombres en Japones comienzan con la Silaba Mu.

Muri o Sobrecarga. Cuando las personas o los procesos están expuestos a una carga de trabajo que excede su capacidad tiende a disminuir su productividad. Por ejemplo, cuando a una tripulación de operarios se les exige producción por encima de la capacidad para la que fueron diseñadas las líneas de producción, esto finalmente provocará una sobrecarga que afectará a mediano o largo plazo la productividad concluye Madariaga (2021).

Mura O Variabilidad. Para Madariaga (2021) esta se puede generar desde las entradas, es decir los insumos mencionados como materiales, condiciones de máquina, mano de obra, métodos y medio ambiente, adicionalmente se le suma la variabilidad propia de los procesos, esto finalmente se traduce en productos o servicios no uniformes. Esta falta de uniformidad podría afectar a los clientes o consumidores, por eso es primordial identificar esta variabilidad y discriminar si está dentro de los estándares de control o no según señala

Muda o Desperdicio. Literalmente la traducción que más se acerca a la palabra japonesa es exceso. En las empresas se pueden observar siete tipos de desperdicio y todos ellos impactan negativamente a la productividad, por lo que es de vital importancia saber identificarlo para minimizarlos o mejor aún eliminarlos y ese es el principal objetivo de LM. Se debe entender el exceso o desperdicio como el uso de cualquier insumo de entrada en una empresa, que no agregan valor al producto o al servicio, esto eleva los costos y afecta los resultados del negocio según señala Socconini (2019).

Según comparten Hernández y Vizán (2013) existen los siguientes tipos de excesos o desperdicios:

Desperdicio de sobreproducción.

Desperdicio de sobre inventario

Desperdicio de productos defectuosos.

Desperdicio de transporte de materiales y herramientas.

Desperdicio de procesos innecesarios.

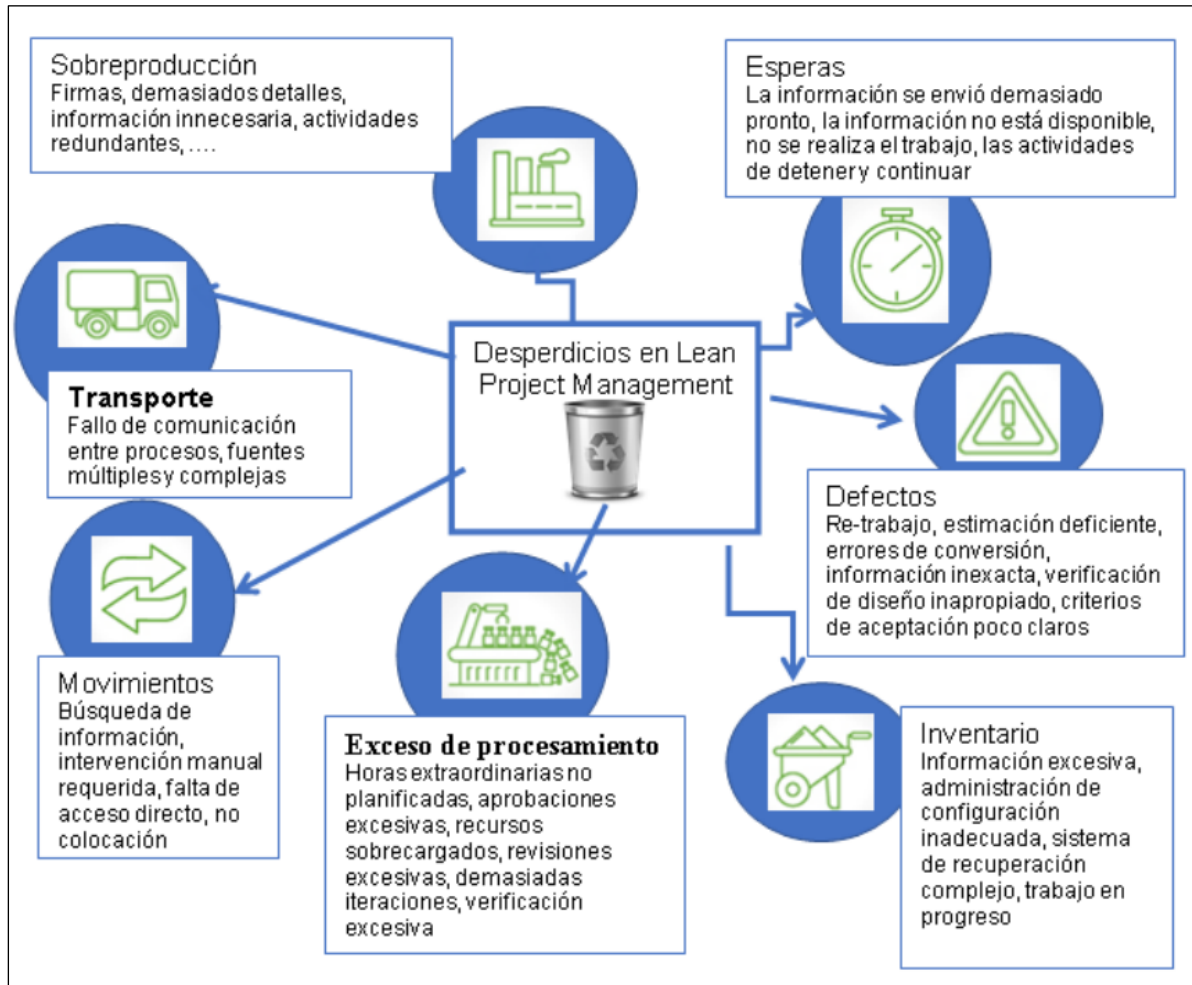
Desperdicio de espera.

Desperdicio de movimientos innecesarios del trabajador.

En los últimos tiempos se ha sumado el concepto de desperdicio del intelecto o talento.

Figura 37

Tipos de desperdicios que afectan la productividad



Nota: Adaptado de *Aplicabilidad de Lean Project Management*, 22nd International Congress on Project Management and Engineering Madrid, 2018,

(http://dSPACE.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1577/AT01-062_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

II.3.8. Eficiencia Global de los Equipos.

Para conseguir que las personas apoyen la implementación de las herramientas de LM es necesario contar con mediciones del impacto de las mejoras obtenidas. Las mediciones y los indicadores deben ser de entendimiento fácil para todos los involucrados. Es importante conocer que los indicadores que mejor se ajustan a una organización serán

aquellos que se adecuen a las características propias de sus procesos, dependiendo de las características particulares del proceso y de cada tipo de industria concluye Rajadell (2021).

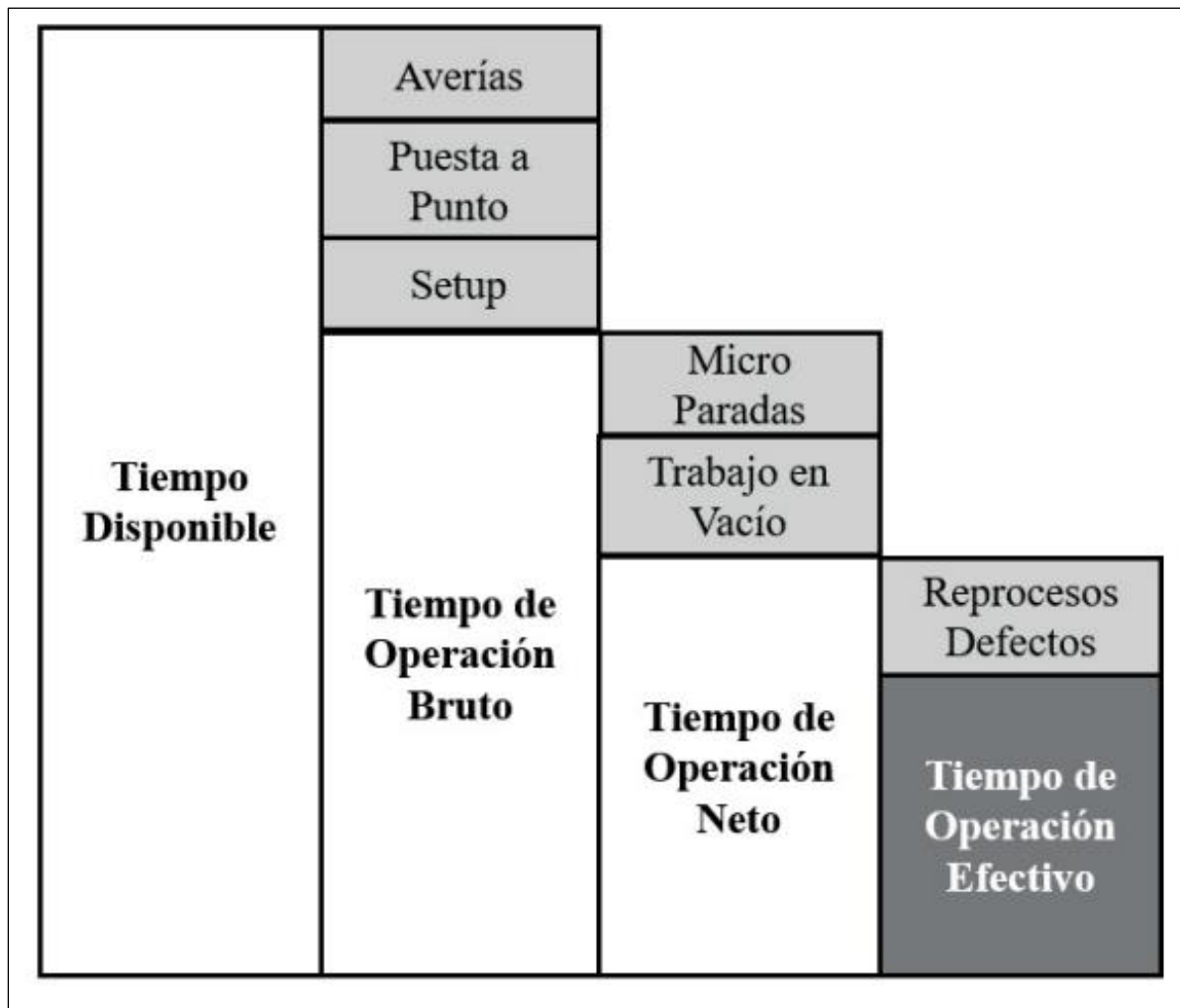
Según lo establecido por Muñoz, Zapata y Medina (2022) el indicador general por excelencia para medir la productividad o eficiencia en una planta industrial y el impacto de la filosofía LM es el OEE, el cual se compone de tres dimensiones que son el Índice de Disponibilidad, Índice de Eficiencia y el Índice Calidad. El OEE es considerado el indicador estrella cuando se debe analizar o evaluar un proyecto de LM, se puede decir que en general los proyectos tienen como objetivo la mejora continua del OEE.

Para Muñoz, Zapata y Medina (2022) podemos entender de mejor manera el OEE y sus componentes con el análisis del siguiente ejemplo. Partiendo desde la asignación de un tiempo para producción de 1000 unidades de un determinado producto, a ese tiempo lo llamaremos tiempo disponible. De manera ideal la totalidad de ese tiempo debería utilizarse para la producción de las 1000 unidades, pero de manera real siempre se pueden presentar tiempos improductivos que generalmente se deben a fallas en los equipos o maquinarias, regulación de seteos en las máquinas o puesta a punto y tareas asociadas al alistamiento de materiales. Es así como estas actividades improductivas no permiten utilizar todo el tiempo disponible para para la producción, si le restamos el tiempo de todas estas actividades al tiempo disponible obtenemos el tiempo de operación bruto. Entonces, ahora este es el tiempo con el cual se cuenta para la fabricación del lote de 1000 unidades, pero en la realidad de los procesos de fabricación suelen ocurrir paradas o mini paradas debido a la falta de materias primas por fallas en el abastecimiento, por falta de balance de líneas de fabricación o por restricciones de diversa índole, restando estos nuevos tiempos improductivos se obtiene un tiempo de operación neto. En la fabricación ocurren de manera real los defectos y productos defectuosos los cuales deben ser reprocesados o se deben volver a fabricar. Si restamos estos últimos tiempos improductivos obtendremos el tiempo de operación efectivo, que en definitiva es el tiempo real que podemos usar para fabricar las

1000 unidades buenas. Con seguridad el tiempo disponible original para fabricar las 1000 unidades será insuficiente por todos los tiempos improductivos. En consecuencia, lo que mide el OEE es la proporción del Tiempo de Operación Efectivo con referencia al Tiempo Disponible.

Figura 38

Componentes y análisis del OEE



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing modelos y herramientas*. (p. 70), por Muñoz, J.A., Zapata, C.A. & Medina, P.D., 2022. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.

De acuerdo con lo señalado por Hernández y Vizán (2013) el OEE es un indicador que permite medir la productividad de un proceso a través de la comparación entre el

número de piezas de producto terminado que teóricamente hubieran podido ser producido, si todas las condiciones del proceso fueran idealmente perfectas, contra el número de piezas de producto terminado que en realidad se han logrado producir, el OEE se puede expresar a través de la siguiente fórmula.

$$\text{OEE} = \text{índice de Disponibilidad} \times \text{Índice de Eficiencia} \times \text{Índice de Calidad.}$$

A continuación, explicaremos el cálculo del OEE y sus índices a través de un ejemplo:

Índice de Disponibilidad en un turno de producción.

Tiempo programado: 8 horas x 60 min = 480 min.

Tiempo disponible: 480 min – 30 min (descanso/refrigerio) = 450 min (A).

30 min (descanso/refrigerio) = paradas programadas.

26 min (averías, falta de material, cambio de producto) = paradas no programadas.

(B).

Tiempo utilizado: (A-B) 450 min – 26 min = 424 min (C).

Índice de Disponibilidad: $(C \cdot 100 / A) 424 \cdot 100 / 450 = 94.2\%$.

Índice de Eficiencia en un turno de producción.

Número total de piezas producida (buenas y malas): 657 piezas (A).

Número de piezas teóricas (condiciones ideales): 100 piezas/h (B).

Tiempo utilizado: 424 min (C). (calculado en Índice de Disponibilidad).

Piezas máximas teóricas: $B \cdot (C / 60) 100 \cdot (424 / 60) = 706$ piezas (D).

Índice de Eficiencia: $(A \cdot 100 / D) 657 \cdot 100 / 706 = 93.1\%$.

Este índice se afecta por paros o micro paros de máquina, producción a velocidad por debajo del estándar, desabastecimiento de materiales, cuellos de botella.

Índice de Calidad en un turno de producción.

Número total de piezas defectuosas: 26 piezas (A).

Número de piezas buenas: 631 piezas/h (B)

Número total de piezas producidas: $(A + B) = 657$ piezas (C).

Índice de Calidad: $(B \cdot 100 / C) = 631 \cdot 100 / 657 = 96.0\%$.

OEE en un turno de producción.

Índice de Disponibilidad en un turno de producción: 94.2%.

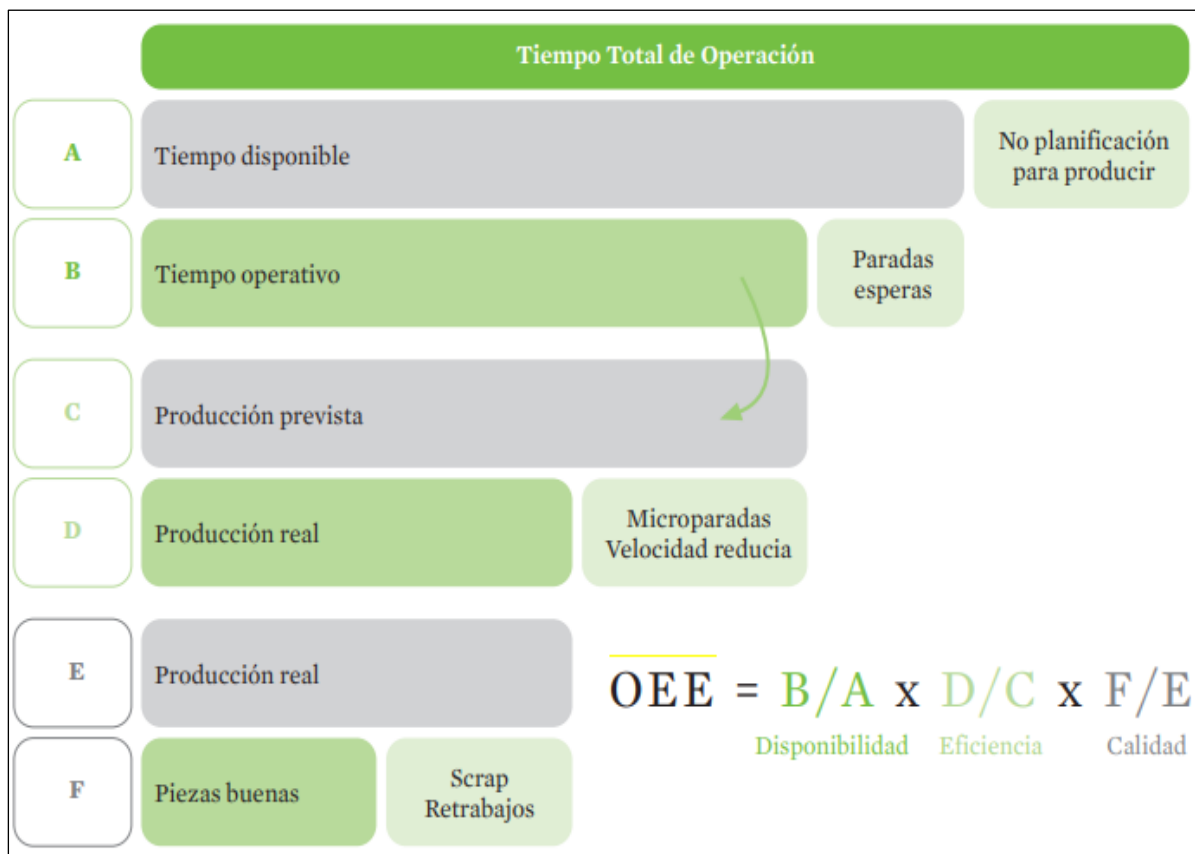
Índice de Eficiencia en un turno de producción: 93.1%.

Índice de Calidad en un turno de producción: 96.0%.

OEE: $(94.2\%) \cdot (93.1\%) \cdot (96.0\%) = 84.2\%$.

Figura 39

Esquema del Cálculo del OEE



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación* (p. 51), por Hernandez, J.C. & Vizán, A, 2013.

II.3.9. Glosario

Benchmark. Es un punto de referencia utilizado para medir el rendimiento de una organización o de algún indicador de desempeño en cualquier actividad empresarial.

Control visual. Herramienta del LM que hace evidente las desviaciones del estándar. A través de información visual como paneles, gráficos, esquemas o instrucciones se hacen visibles los despilfarros, dando a conocer el estándar vigente en cada momento y facilitando la supervisión del cumplimiento del estándar.

5S's. Metodología que persigue cambiar los hábitos en el puesto de trabajo para una mejor seguridad, eficiencia y motivación a partir del orden y la limpieza. Deriva de las cinco palabras japonesas Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Autodisciplina).

5 porqué. Los cinco porqués es una herramienta de análisis busca identificar la causa raíz de un problema. Parte del síntoma del problema y nos preguntamos ¿por qué? sucesivamente hasta que la causa raíz se vuelve evidente. De esta forma se pretende evitar que aceptemos lo que en principio parece la causa del problema.

Defecto. Producto que se desvía de las especificaciones o no satisface las expectativas del cliente, incluyendo los aspectos relativos a seguridad.

Despilfarro. Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente. En japonés, muda.

Espera. Es uno de los "Tipos de Desperdicio". El tiempo que los empleados consumen "esperando", ya sea por falta de material o máquinas/procesos desequilibrados.

Flujo de valor. Las actividades específicas requeridas para diseñar, ordenar y proveer un producto determinado, desde el concepto hasta el lanzamiento, desde la orden de compra a su entrega y desde la materia prima hasta su entrega al cliente.

Inventario. Es uno de los "Siete Tipos de Desperdicio". El Inventario ya sea en materia prima, trabajo en proceso o producto terminado incrementa el capital en circulación,

genera riesgos de obsolescencia y oculta problemas de calidad hasta que ya es muy tarde para corregirlos.

Jidoka. Palabra japonesa que en el entorno del TPS (Toyota Manufacturing System) se viene traduciendo como “automatización con un toque humano”. Es por tanto un automatismo con capacidad para reaccionar, generalmente parando la instalación ante la aparición de un defecto. También es el nombre del sistema de control autónomo de defectos, basado en que un operario puede parar la máquina o línea si algo va mal, lo que implica otorgar la responsabilidad a cada operario para aquello que realiza en su entorno de trabajo.

Just in Time. Consiste en producir los artículos necesarios en el momento preciso y en las cantidades debidas para satisfacer la demanda, combinando simultáneamente flexibilidad, calidad y coste.

Kaizen. Significa “cambio para mejorar”, de manera que no se trata solamente de un programa de reducción de costes, sino que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, lo que se conoce comúnmente como “mejora continua”.

Kanban. Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas o señales, que consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizando todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y éstos, a su vez, con la línea de montaje final.

KPI. Key Performance Indicator (Indicador Clave de Comportamiento). Métricas que permiten el seguimiento de los progresos de la mejora continua en las empresas.

Mantenimiento Productivo Total. TPM tiene como objetivo la maximización de la efectividad del equipo a través de formación de pequeños equipos y actividades autónomas al involucrar a todos en todos los departamentos y de todos los niveles. TPM incluye actividades como sistema de mantenimiento, educación básica en orden y limpieza,

habilidades de solución de problemas y actividades para lograr cero paros y lugar de trabajo libre de accidente.

Muda. Palabra japonesa que significa “Desperdicio”. Una actividad que consume recursos, pero no genera valor.

Poka-Yoke. Dispositivos “a prueba de error” diseñados para prevenir la producción de defectos en la realización de un servicio o fabricación de un producto por medio de la detección y/o bloqueo de las condiciones de error que posteriormente generan el defecto.

Seiketsu. Estandarizar la forma de trabajar.

Seiri. Eliminar o erradicar lo innecesario para el trabajo.

Seiso. Limpiar e inspeccionar el área o entorno de trabajo.

Seiton. Ordenar bajo el lema “cada cosa en su lugar; un lugar para cada cosa

Shitsuke. Disciplina, forjar el hábito de comprometerse.

Six Sigma. Es una metodología para la mejora continua en la gestión industrial y de negocios que facilita métodos y técnicas estadísticas para que ésta se produzca.

SMED. Siglas que corresponden a Single Minute Exchange of Die o cambio rápido de herramienta. Se trata de una metodología de mejora, cuyo objetivo es disminuir el tiempo de preparación o set up.

Sobreproducción. Es uno de los “Tipos de Desperdicio”. Existen dos tipos de sobreproducción: cuantitativa, hacer más producto del que se necesita, y temprana, hacer producto antes de que se necesita.

TPS-Sistema de Producción Toyota. Sistema de Producción nacido en la empresa de automoción japonesa Toyota.

Sigma significa: seis veces la desviación estándar de un proceso. Un proceso con variabilidad Seis Sigma dentro de límites tendrá 3,4 defectos por millón de oportunidades.

Trabajo estándar. Una descripción precisa de cada actividad de trabajo, incluyendo tiempo de ciclo y takt time, la secuencia de cada actividad y la cantidad mínima de

inventario de piezas a la mano para realizar la operación. Es considerada una actividad fundamental para el desarrollo de la fabricación esbelta.

VSM- Value Stream Mapping. Herramienta gráfica de análisis de los procesos de cualquier organización. El flujo del valor y el flujo de información se plasman visualmente en un mapa, haciendo evidente la correlación entre ambos. Los símbolos utilizados son simples y constituyen un lenguaje común para interpretar con facilidad cuáles son las operaciones, sus características, los transportes y la transferencia de información.

III. Hipótesis

III.1. Declaración de Hipótesis

III.1.1. Hipótesis General

Existe relación entre Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

III.1.2. Hipótesis Específicas

Existe relación entre la herramienta 5S's y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta SMED y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta Estandarización y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta TPM y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta Control Visual y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta Jidoka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta Sistemas de Participación de Personal y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta Heijunka el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Existe relación entre la herramienta Kanban y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

III.2. Operalización de Variables

Variable	Tipo de Variable	Operacionalización	Categorías o Dimensiones	Definición	Indicador	Nivel de Medición	
1	Lean Manufacturing	Cualitativa	<p>Definición Conceptual: Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de "desperdicios", definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación. Hernandez & Vizan (2013).</p> <p>Definición Operacional: Lean Manufacturing se puede medir a través del nivel de madurez alcanzado en cada una de sus herramientas en una empresa.</p>	5s	Técnica que busca mejorar las condiciones de organización, orden y limpieza en las áreas de trabajo	Nivel de Madurez de 5S	Nivel de madurez 1: No existe Nivel de madurez 2: En inicios Nivel de madurez 3: Implementada Nivel de madurez 4: Madura Nivel de madurez 5: Excelencia
				Single minute exchange of die (SMED)	Técnica utilizada para la disminución de los tiempos de preparación de máquinas antes de iniciar la producción de una nueva referencia.	Nivel de Madurez de SMED	
				Estandarización	Técnica que busca generar referencias escritas o gráficas que indiquen la mejor forma conocida de realizar una actividad u operar un proceso.	Nivel de Madurez de Estandarización	
				Mantenimiento Preventivo Total (TPM)	Técnica de múltiples acciones relacionadas al mantenimiento de los equipos productivos cuyo objetivo principal es eliminar las pérdidas que se generan por los tiempos de parada de las máquinas.	Nivel de Madurez de TPM	
				Control Visual	Compuesto por un conjunto de técnicas que promueven el control y comunicación visual para simplificar el trabajo de los colaboradores permitiéndoles conocer el estado de sus procesos y el seguimiento a las acciones para la mejora.	Nivel de Madurez de Control Visual	
				Jidoka	Técnica que permite implementar en los sistemas y procesos productivos mecanismos automáticos, de tal manera que las máquinas tengan la capacidad de identificar errores.	Nivel de Madurez de Jidoka	
				Técnicas de Calidad	Técnicas desplegadas por los sistemas de aseguramiento de la calidad cuyo objetivo principal es disminuir o eliminar los defectos.	Nivel de Madurez de Técnicas de Calidad	
				Sistemas de participación de Personal	Esta basado en la organización de equipos de trabajo que estén a cargo de la supervisión y mejora continua del sistema Lean Manufacturing.	Nivel de Madurez de Sistemas de Participación de Personal	
				Heijunka	Técnicas que tienen como objetivo organizar la planificación y nivelar la demanda de los clientes en cuanto a las cantidades y la variedad de productos que permitan a la empresa mantener un flujo continuo llegando inclusive al nivel de pieza a pieza.	Nivel de Madurez de Heijunka	
Kanban	Es una técnica cuyo objetivo es controlar y mantener una programación sincronizada de la producción mediante la utilización de un sistema basado en tarjetas. Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas.	Nivel de Madurez de Kanban					
2	Eficiencia Global de los Equipos OEE	Cuantitativa	<p>Definición Conceptual: La "eficiencia global de los equipos" (OEE) es un indicador, que se calcula diariamente para cada equipo y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido (si todo hubiera ido perfectamente) y las unidades que realmente se han producido. Rajadell, M. (2021)</p> <p>Definición Operacional: La eficiencia global de los equipos se puede medir a través de 03 dimensiones: Índice de Disponibilidad, Índice de Eficiencia e Índice de Calidad.</p>	Disponibilidad	Relación que establece que proporción del tiempo disponible de un equipo es utilizado	Nivel de Impacto	Nivel 1: Ningun Impacto Nivel 2: Mejora de 1% a 3% de OEE Nivel 3: Mejora de 3% a 5% de OEE Nivel 4: Mejora mayor a 5% de OEE
				Eficiencia	Relación que establece que cantidad de piezas se producen realmente respecto a la cantidad de piezas teóricamente se pueden producir		
				Calidad.	Relación que establece que proporción de piezas buenas se produjeron realmente respecto al número total de piezas producidas.		

IV. Descripción de Métodos y Análisis

IV.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es del tipo Básica Sustantiva con enfoque cualitativo, ya que está enfocada en desarrollar el conocimiento sobre las implementaciones de LM en las grandes empresas peruanas y la relación que éstas presentan sobre la productividad expresada como OEE.

La investigación sustantiva es aquella que “se orienta al conocimiento esencial de los fenómenos, tanto a describirlos como a explicarlos. El propósito de la ciencia es la explicación de los hechos” (Sanchez, Reyes y Mejia, 2018, p.81).

La Investigación básica, está “orientada a la búsqueda de nuevos conocimientos sin una finalidad práctica específica e inmediata. Busca principios y leyes científicas, pudiendo organizar una teoría científica” (Sanchez, Reyes y Mejia, 2018, p.79).

IV.2. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es Correlacional, ya que busca describir la relación existente entre las dos variables del estudio.

Este nivel de investigación “tiene como objetivo establecer el grado de correlación estadística que hay entre dos variables en estudio. Funcionalmente permite observar el grado de asociación entre dos variables.” (Sanchez, Reyes y Mejia, 2018, p.51).

Al respecto Hernández, Fernandez y Baptista (2014) señalan que este nivel de investigación busca encontrar la relación que puede existir entre dos o más variables o conceptos en una determinada muestra, estas relaciones entre variables deben someterse a pruebas estadísticas de significación, la principal utilidad del nivel de investigación correlacional es conocer el comportamiento de un concepto o una variable a partir del comportamiento de otras variables vinculadas.

IV.3. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es del tipo no experimental, ya que se no produce manipulación de las variables, además de corte transversal, porque la investigación ha

recopilado datos en un momento único, donde se busca establecer la interrelación entre las dos variables estudiadas.

En el diseño de investigación no experimental, también conocido como Ex post Facto, según Hernández, Fernandez y Baptista (2014) “no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas”

El diseño de Investigación transversal o transeccional es un “Diseño de investigación descriptiva que recoge información de diferentes grupos muestrales a un mismo tiempo para compararlos.” (Sanchez, Reyes y Mejia, 2018, p.81).

IV.4. Método de Investigación

La presente investigación utiliza el método hipotético deductivo, ya que combina la reflexión racional, a través de la formulación de hipótesis y la observación y medición de la realidad. Este método presenta cuatro pasos fundamentales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales de la propia hipótesis y comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

IV.5. Población

La población está conformada por grandes empresas manufactureras del Perú, que asciende a 1 516 entidades, según el Ministerio de la Producción a través de su anuario estadístico 2021.

IV.6. Muestra

Para la presente investigación se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido al gran tamaño de la población existente de grandes empresas en el Perú y a la ausencia de información confiable acerca de cuáles de ellas han implementado LM, otro factor para optar por este tipo de muestreo es la disponibilidad de la red de contactos profesionales con experiencia en procesos productivos manufactureros y que

ocupan una función de liderazgo en las áreas de producción, calidad, mejora continua o gestión de proyectos de sus organizaciones, con los cuales se validó la implementación de manera parcial o total la metodología de LM en sus organizaciones. De esta manera se buscó asegurar la calidad de la información obtenida en este tema específico y especializado, siendo la muestra obtenida 24 empresas donde laboran las personas con el perfil descrito, las cuales proporcionaron la información necesaria para esta investigación.

Tabla 1

Perfil de las empresas seleccionadas para la investigación.

Empresa	Sector manufacturero	Ubicacion
1	Fabricación de metales comunes	Ancash
2	Fabricación de prendas de vestir	Ica
3	Fabricación de productos textiles	Lima
4	Elaboración de productos alimenticios	Costa Peruana
5	Elaboración de productos alimenticios	Ancash
6	Fabricación de papel y productos de papel	Lima
7	Otras industrias manufactureras	Lima
8	Fabricación de metales comunes	Ica
9	Elaboración de productos alimenticios	Lima
10	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Lima
11	Actividades de impresión y reproducción de grabaciones	Lima
12	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales	Lima
13	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Lima
14	Elaboración de bebidas	Piura
15	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semiremolques	Lima
16	Fabricación de productos de caucho y plástico	Lima
17	Elaboración de productos alimenticios	Costa Peruana
18	Otras industrias manufactureras	Lima
19	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales	Lima
20	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Lima
21	Otras industrias manufactureras	Lima
22	Elaboración de productos alimenticios	Arequipa
23	Fabricación de productos de caucho y plástico	Lima
24	Fabricación de papel y productos de papel	Lima

Tabla 2

Perfil de los profesionales que colaboraron con la investigación, pertenecientes a las empresas seleccionadas.

Encuestado	Área de Experiencia	Posición en la Organización	Años de Experiencia
1	Manufactura	Jefe de Excelencia Operacional	Mas de 10 años
2	Manufactura	Gerente de Excelencia Operacional	Mas de 10 años
3	Manufactura	Director de Manufactura	Mas de 10 años
4	Manufactura	Gerente de Operaciones Industriales	Mas de 10 años
5	Mantenimiento	Superintendente de gestión de activos	Mas de 10 años
6	Manufactura	Gerente de Planta	Mas de 10 años
7	Manufactura	Gerente de Planta	Mas de 10 años
8	Manufactura	Jefe de Mejora Continua	8 años
9	Manufactura	Gerente de Planta	Mas de 10 años
10	Manufactura	Jefe de Excelencia Operacional	6 años
11	Manufactura	Gerente de Operaciones	Mas de 10 años
12	Manufactura	Director de Operaciones	Mas de 10 años
13	Manufactura	Gerente de Operaciones	Mas de 10 años
14	Mantenimiento	Gerente de Mantenimiento	Mas de 10 años
15	Calidad	Sub gerente de calidad y procesos	8 años
16	Mantenimiento	Superintendente de mantenimiento	Mas de 10 años
17	Manufactura	Jefe de Excelencia Operacional	Mas de 10 años
18	Mantenimiento	Jefe de Mantenimiento	Mas de 10 años
19	Manufactura	Jefe de Mejora Continua	8 años
20	Proyectos	Gerente de Proyectos	8 años
21	Proyectos	Jefe de Ingeniería y Proyectos	Mas de 10 años
22	Supply Chain	Gerente de cadena de suministro	Mas de 10 años
23	Manufactura	Gerente de planta	Mas de 10 años
24	Manufactura	Jefe de Producción	9 años

IV.7. Técnicas de Recolección de Datos

IV.7.1. Técnica

La técnica para la recolección de datos utilizada en la presente investigación fue la encuesta a través de un cuestionario, construido de acuerdo con las características y dimensiones de las variables de estudio, basadas en las teorías de LM, así como otras investigaciones realizadas utilizadas como antecedentes de este estudio.

El cuestionario es uno de los instrumentos mas utilizados para la recolección de datos en investigaciones científicas. Un cuestionario esta conformado por un conjunto de preguntas que permitirán medir una o más variables. El cuestionario debe estar construido acorde con el problema abordado por la investigación y con la hipótesis según proponen Hernández, Fernandez y Baptista (2014).

IV.7.2. Instrumento

El instrumento empleado para la recolección de datos en la investigación fue un cuestionario para medir ambas variables de investigación, el cual se aplicó a 24 personas, cada una perteneciente a una de las empresas establecidas como muestra del estudio. El instrumento está constituido por 20 preguntas, de las cuales 10 corresponden a la variable independiente LM y las otras 10 están relacionadas con la variable dependiente impacto generado en la productividad (OEE) de las empresas.

Para medir la variable LM a través de sus herramientas, se utilizó una escala de 1 al 5 para calificar el nivel de madurez en la implementación de cada una de ellas como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3
Crterios de evaluación del Nivel de Madurez de herramientas LM.

Nivel	Madurez de la herramienta LM	Características en la organizacion
Nivel 1	No existe	No se ha trabajado la herramienta.
		Ninguno o pobres estándares para la ejecución de la herramienta.
		No se conoce o no existe entrenamiento sobre la herramienta.
		Algunas personas ocasionalmente usan la herramienta en la organización.
Nivel 2	En inicios	No existen objetivos y métricas para la herramienta.
		La herramienta recién se está trabajando (menos de 1 año).
		Existe alguna estandarización para la ejecución de la herramienta.
		Solo se han realizado entrenamiento inicial general en la herramienta.
Nivel 3	Implementada	Se ha ejecutado proyectos piloto en grandes áreas de la organización.
		Se han establecido objetivos y métricas para la herramienta además existe una ligera tendencia positiva.
		La herramienta se ha probado, se ha trabajado más de 1 año.
		Buena nivel de estandarización para la ejecución de la herramienta.
Nivel 4	Madura	Se realizan entrenamientos con frecuencia sobre la herramienta.
		La mayoría de áreas principales y algunas de apoyo han implementado la herramienta.
		Tendencias positivas sobre las métricas de la herramienta en la mayoría de las áreas principales.
		Se realizan algunas mejoras en la implementación de la herramienta.
Nivel 5	Excelencia	Excelente estandarización para la ejecución de la técnica.
		Todos los niveles del personal están adecuadamente entrenados en la herramienta.
		Todas las áreas principales y algunas de apoyo han implementado la herramienta.
		Resultados en las métricas de la herramienta que califican de bueno a excelente en áreas principales.
Nivel 5	Excelencia	Herramienta alcanza niveles de excelencia.
		Mejoras continuas sistematicas a la herramienta.
		Existen especialistas dentro de la organización que capacitan en la herramienta.
		Todas las áreas principales y de apoyo han implementado la herramienta.
Nivel 5	Excelencia	Resultados en las métricas de la herramienta que califican de bueno a excelente en todas las áreas de la organización.

Para medir la variable el OEE, se utilizó una escala del 1 al 4 cada nivel relacionado con el incremento en la productividad observado después de implementada la cada herramienta de LM como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Criterios de evaluación del Nivel de impacto en OEE.

Nivel	Impacto generado por la herramienta de LM	Características del impacto generado en la organización
Nivel 1	Ningún Impacto	La herramienta específica de Lean Manufacturing implementada en tu organización no ha generado ningún impacto o mejora sobre la productividad o el OEE en los procesos donde se ha trabajado.
Nivel 2	Bajo Impacto	La herramienta específica de Lean Manufacturing implementada en tu organización ha generado un impacto o mejora sobre la productividad o el OEE de 1% a 3% en los procesos donde se ha trabajado.
Nivel 3	Mediano Impacto	La herramienta específica de Lean Manufacturing implementada en tu organización ha generado un impacto o mejora sobre la productividad o el OEE de 3% a 5% en los procesos donde se ha trabajado.
Nivel 4	Alto Impacto	La herramienta específica de Lean Manufacturing implementada en tu organización ha generado un impacto o mejora sobre la productividad o el OEE mayor al 5% en los procesos donde se ha trabajado.

El instrumento de medición fue evaluado por un grupo de expertos quienes dieron su opinión sobre la validez y aplicabilidad. Cada experto recibió una comunicación formal escrita solicitándoles su evaluación autorizada, todas las recomendaciones y sugerencias se consideraron hasta obtener finalmente una evaluación favorable. El resultado final de la evaluación de los expertos se resume en la tabla 5.

Tabla 5
Validación de expertos

INDICADORES	Experto 1	Experto 2	Experto 3
	Magister Diana Lorena Li Carmelino	Magister Rosa María Manrique Ramirez	Magister Yesenia Estefanía Maldonado Hernandez
1. Claridad	100%	100%	100%
2. Objetividad	100%	100%	100%
3. Actualidad	100%	100%	100%
4. Organizacion	100%	100%	100%
5. Suficiencia	100%	100%	100%
6. Intencionalidad	100%	100%	100%
7. Consistencia	100%	100%	100%
8. Coherencia	100%	100%	100%
9. Metodologia	100%	100%	100%
Valoracion promedio	100%	100%	100%
Opinion de aplicabilidad	Aplicable	Aplicable	Aplicable

Se realizó el análisis de confiabilidad del instrumento, en el software estadístico SPSS de IBM, obteniendo un alfa de Cronbach igual a 0.949 para la LM (Madurez). Mientras que la variable OEE (impacto en la productividad) presentó un alfa de Cronbach de 0.917. De esta manera validamos la confiabilidad del cuestionario para ser aplicado a la muestra, ya que los resultados indican que el instrumento cuenta con la capacidad para ser aplicado.

Tabla 6
Alfa de Cronbach para la variable LM (Madurez).

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0.949	10

Tabla 7
Alfa de Cronbach para la variable OEE (Impacto en la Productividad).

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0.917	10

IV.8. Presentación de Resultados

Los datos una vez recolectados fueron tabulados en el software Microsoft Excel, luego utilizando el Software estadístico SPSS de IBM, se realizaron el análisis de las variables y la validación de las hipótesis.

V. Resultados

V.1. Objetivo General de la Investigación

Determinar la relación que existe entre Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 8

Análisis de Correlación entre Lean Manufacturing y el OEE.

Correlations			MADUREZ LEAN MANUFACTURING	IMPACTO SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ LEAN MANUFACTURING	Correlation Coefficient	1.000	0.842**
		Sig. (2-tailed)		0.000
		N	24	24
Spearman's rho	IMPACTO SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.842**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.000	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre Lean Manufacturing el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 8 el valor de P es 0.000 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre Lean Manufacturing y el OEE.

Además, por el valor del Spearman's rho de 0.842 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es muy alta.

V.2. Objetivos Específicos de la Investigación

Objetivo Especifico 1:

Determinar la relación que existe entre la herramienta 5S's y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 9

Análisis de Correlación entre la herramienta 5S's y el OEE.

Correlations				
			MADUREZ 5S's	IMPACTO 5S's SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ 5S's	Correlation Coefficient	1.000	0.453*
		Sig. (2-tailed)		0.026
		N	24	24
	IMPACTO 5S's SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.453*	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.026	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta 5S's y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta 5S's y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 9 el valor de P es 0.026 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta 5S's y el OEE.

Además, por el valor del Spearman's rho de 0.453 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es del tipo moderada.

Objetivo Especifico 2:

Determinar la relación que existe entre la herramienta SMED y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 10

Análisis de Correlación entre la herramienta SMED y el OEE.

Correlations				
Spearman's rho	MADUREZ SMED	Correlation Coefficient	1.000	0.670**
		Sig. (2-tailed)		0.000
		N	24	24
	IMPACTO SMED SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.670**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.000	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta SMED y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta SMED y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 10 el valor de P es 0.000 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta SMED y el OEE.

Además, por el valor del Spearman's rho de 0.670 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Objetivo Especifico 3:

Determinar la relación que existe entre la herramienta Estandarización y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 11
Análisis de Correlación entre la herramienta Estandarización y el OEE.

Correlations			MADUREZ ESTANDARIZACION	IMPACTO ESTANDARIZACION SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ ESTANDARIZACION	Correlation Coefficient	1.000	0.438*
		Sig. (2-tailed)		0.032
		N	24	24
	IMPACTO ESTANDARIZACION SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.438*	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.032	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta Estandarización y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta Estandarización y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 11 el valor de P es 0.032 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta Estandarización y el OEE. Además, por el valor del Spearman's rho de 0.438 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es moderada.

Objetivo Especifico 4:

Determinar la relación que existe entre la herramienta TPM y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 12
Análisis de Correlación entre la herramienta TPM y el OEE.

Correlations			MADUREZ TPM	IMPACTO TPM SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ TPM	Correlation Coefficient	1.000	0.624**
		Sig. (2-tailed)		0.001
		N	24	24
	IMPACTO TPM SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.624**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.001	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta TPM y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta TPM y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 12 el valor de P es 0.001 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta TPM y el OEE.

Además, por el valor del Spearman's rho de 0.624 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Objetivo Especifico 5:

Determinar la relación que existe entre la herramienta Control Visual y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 13

Análisis de Correlación entre la herramienta Control Visual y el OEE.

		Correlations		
			MADUREZ CONTROL VISUAL	IMPACTO CONTROL VISUAL SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ CONTROL VISUAL	Correlation Coefficient	1.000	0.736**
		Sig. (2-tailed)		0.000
		N	24	24
	IMPACTO CONTROL VISUAL SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.736**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.000	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta Control Visual y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta Control Visual y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 13 el valor de P es 0.000 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta Control Visual y el OEE. Además, por el valor del Spearman's rho de 0.736 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Objetivo Especifico 6:

Determinar la relación que existe entre la herramienta Jidoka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 14

Análisis de Correlación entre la dimensión la herramienta Jidoka y el OEE.

Correlations				
			MADUREZ JIDOKA	IMPACTO JIDOKA SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ JIDOKA	Correlation Coefficient	1.000	0.519**
		Sig. (2-tailed)		0.009
		N	24	24
	IMPACTO JIDOKA SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.519**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.009	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta Jidoka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta Jidoka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 14 el valor de P es 0.009 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta Jidoka y el OEE.

Además, por el valor del Spearman's rho de 0.519 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es moderada.

Objetivo Especifico 7:

Determinar la relación que existe entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 15

Análisis de Correlación entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE.

Correlations			MADUREZ TECNICAS DE CALIDAD	IMPACTO TECNICAS DE CALIDAD SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ TECNICAS DE CALIDAD	Correlation Coefficient	1.000	0.789**
		Sig. (2-tailed)		0.000
		N	24	24
	IMPACTO TECNICAS DE CALIDAD SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.789**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.000	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 15 el valor de P es 0.000 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta Técnicas de Calidad y el OEE. Además, por el valor del Spearman's rho de 0.789 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Objetivo Especifico 8:

Determinar la relación que existe entre la herramienta Sistemas de Participación de Personal el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 16

Análisis de Correlación entre la herramienta Sistemas de participación de Personal y el OEE.

Correlations			MADUREZ PARTCIPACION DE PERSONAL	IMPACTO PARTICIPACION DE PERSONAL SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ PARTCIPACION DE PERSONAL	Correlation Coefficient	1.000	0.853**
		Sig. (2-tailed)		0.000
		N	24	24
	IMPACTO PARTICIPACION DE PERSONAL SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.853**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.000	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta Sistemas de Participación de Personal y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta Sistemas de Participación de Personal y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 16 el valor de P es 0.000 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta Sistemas de Participación de Personal y el OEE. Además, por el valor del Sperman´s rho de 0.853 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es muy alta.

Objetivo Especifico 9:

Determinar la relación que existe entre la herramienta Heijunka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 17
Análisis de Correlación entre la herramienta Heijunka y el OEE.

Correlations				
			MADUREZ HEIJUNKA	IMPACTO HEIJUNKA SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ HEIJUNKA	Correlation Coefficient	1.000	0.544**
		Sig. (2-tailed)		0.006
		N	24	24
		Correlation Coefficient	0.544**	1.000
	IMPACTO HEIJUNKA SOBRE OEE	Sig. (2-tailed)	0.006	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta Heijunka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta Heijunka y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 17 el valor de P es 0.006 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta Heijunka de Personal y el OEE. Además, por el valor del Spearman's rho de 0.544 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es moderada.

Objetivo Especifico 10:

Determinar la relación que existe entre la herramienta Kanban y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Tabla 18
Análisis de Correlación entre la herramienta Kanban y el OEE.

Correlations				
			MADUREZ KANBAN	IMPACTO KANBAN SOBRE OEE
Spearman's rho	MADUREZ KANBAN	Correlation Coefficient	1.000	0.626**
		Sig. (2-tailed)		0.001
		N	24	24
	IMPACTO KANBAN SOBRE OEE	Correlation Coefficient	0.626**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.001	
		N	24	24

Ho: No existe relación entre la herramienta Kanban y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

Hi: Existe relación entre la herramienta Kanban y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.

En la tabla 18 el valor de P es 0.001 y es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho, concluyendo que si existe relación entre la herramienta Kanban y el OEE. Además, por el valor del Spearman's rho de 0.626 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

V.3. Resultados Complementarios de la Investigación

Madurez de las herramientas de LM alcanzado por las empresas:

Las herramientas de LM que mayor madurez han alcanzado en las empresas consideradas en este estudio, considerando como línea base el Nivel 3 “Implementada”, son: Estandarización; en el 83% de las empresas evaluadas.

Jidoka; en el 79% de las empresas evaluadas.

Control Visual y Sistemas de Participación de Personal; en el 75% de las empresas evaluadas.

Las herramientas de LM que menor madurez han alcanzado en las empresas consideradas de este estudio, considerando como línea base el Nivel 3 “Implementada”, son:

Kanban; solo el 21% de empresas han trabajado esta técnica de manera sistemática.

Heijunka; solo el 8% de empresas han trabajado esta técnica de manera sistemática.

Tabla 19

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en 5S’s por las empresas.

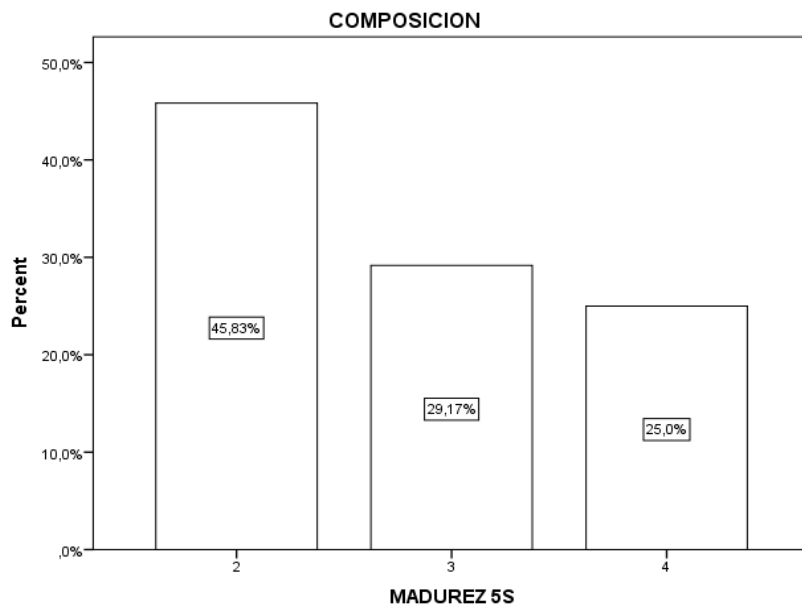


Tabla 20

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en SMED por las empresas.

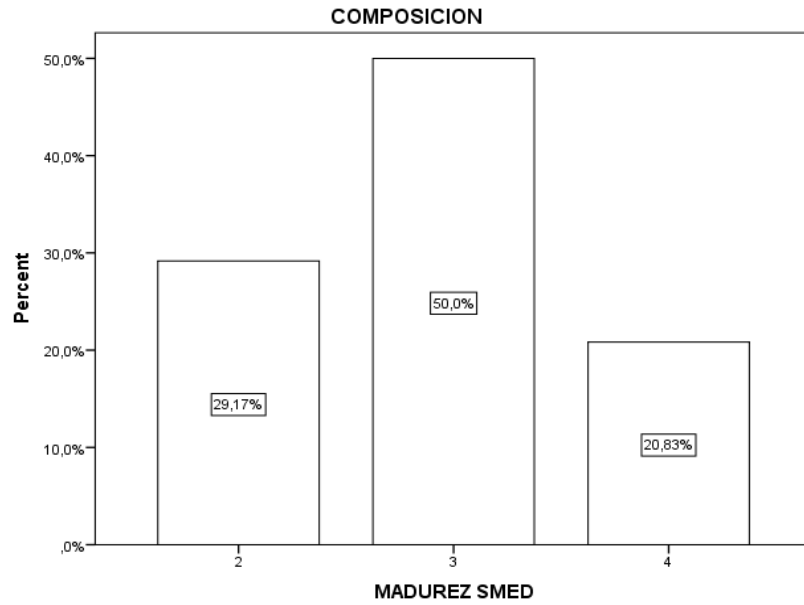


Tabla 21

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Estandarización por las empresas.

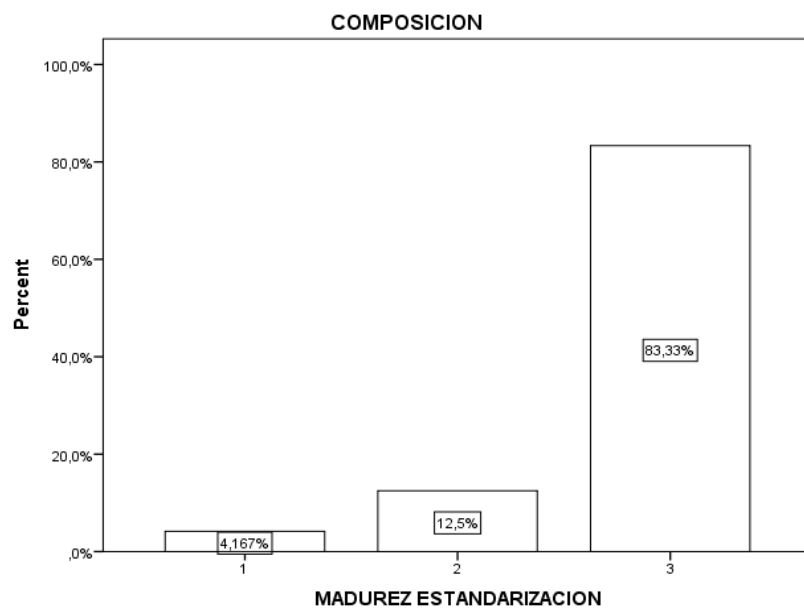


Tabla 22

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en TPM por las empresas.

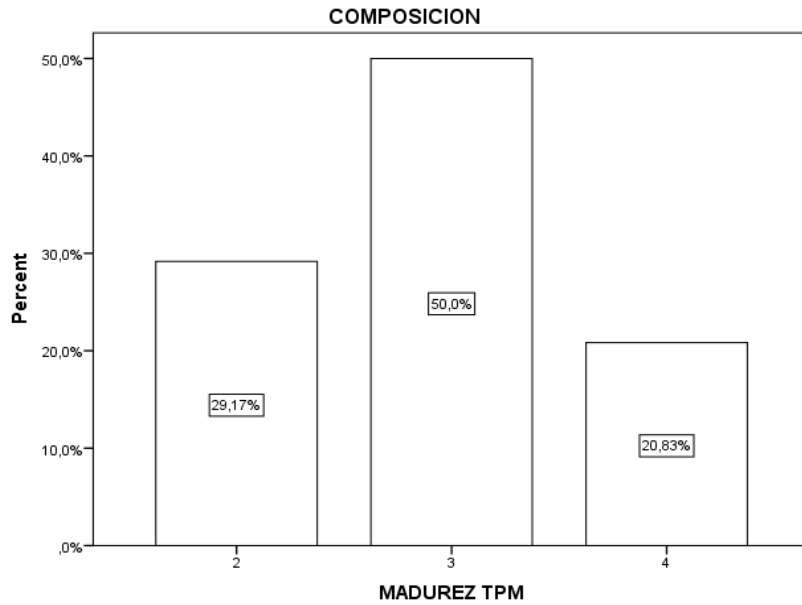


Tabla 23

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Control Visual por las empresas.

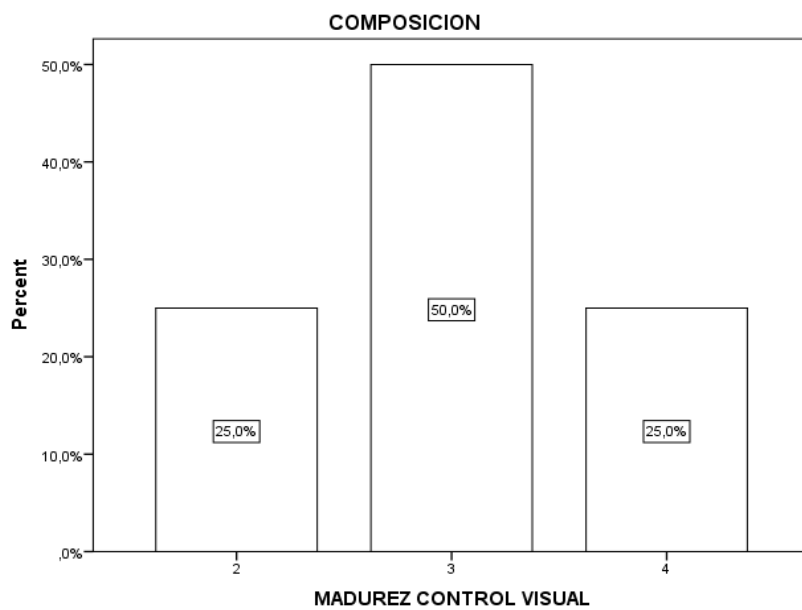


Tabla 24

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Jidoka por las empresas.

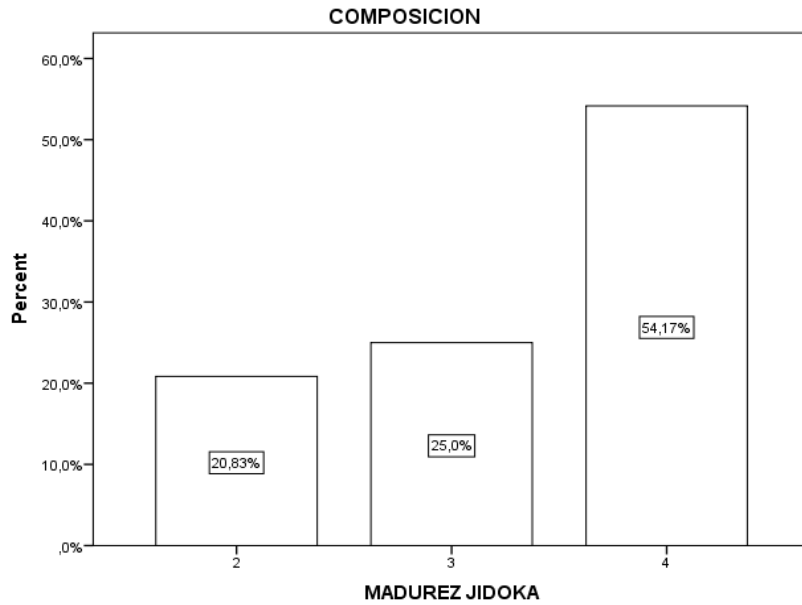


Tabla 25

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Técnicas de Calidad por las empresas.

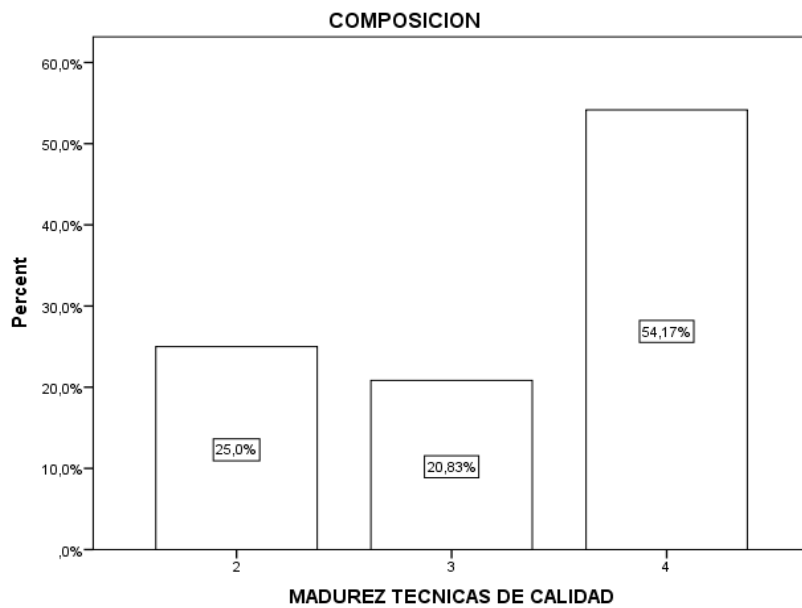


Tabla 26

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Participación del Personal por las empresas.

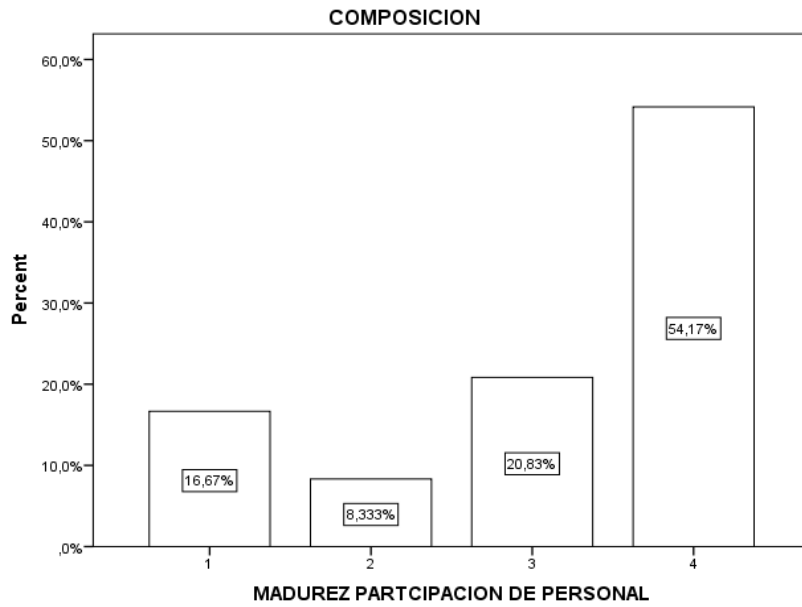


Tabla 27

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Heijunka por las empresas.

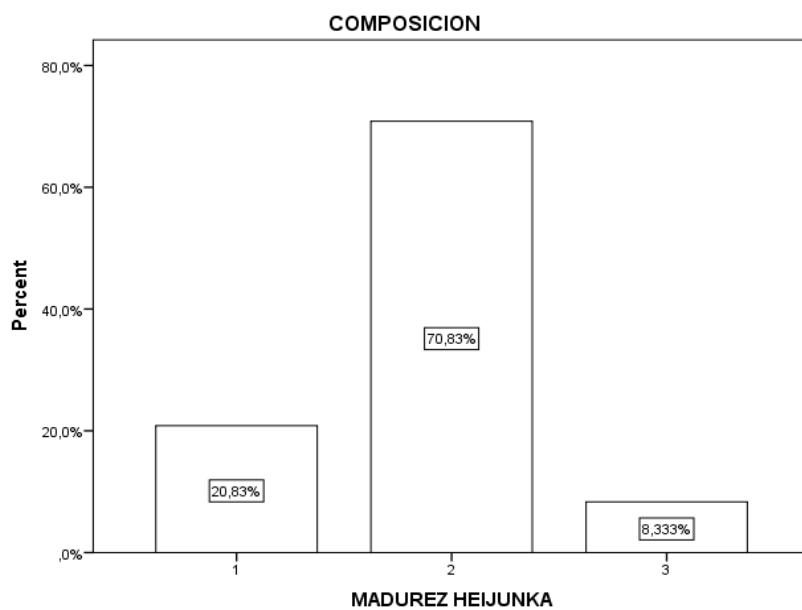
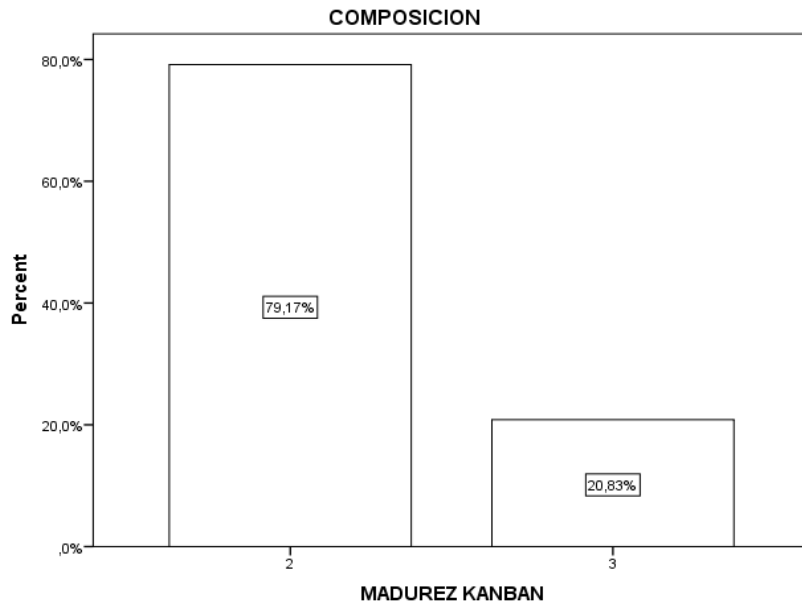


Tabla 28

Composición porcentual de los Niveles de Madurez alcanzados en Kanban por las empresas.



Impacto sobre la productividad-OEE generado por las herramientas de LM en las empresas:

Las herramientas de LM que mayor impacto han generado, Nivel 3 y Nivel 4, mediano y alto impacto, sobre la productividad-OEE son:

Sistemas de Participación de Personal; en el 50% de las empresas evaluadas.

SMED, TPM y Control Visual; en el 46% de las empresas evaluadas.

Las herramientas de LM que menor impacto han generado, Nivel 1 y Nivel 2, ninguno y bajo impacto, sobre la productividad-OEE son:

Hejunka y Estandarización; en el 96% de empresas evaluadas.

Tabla 29

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por 5S's en las empresas.

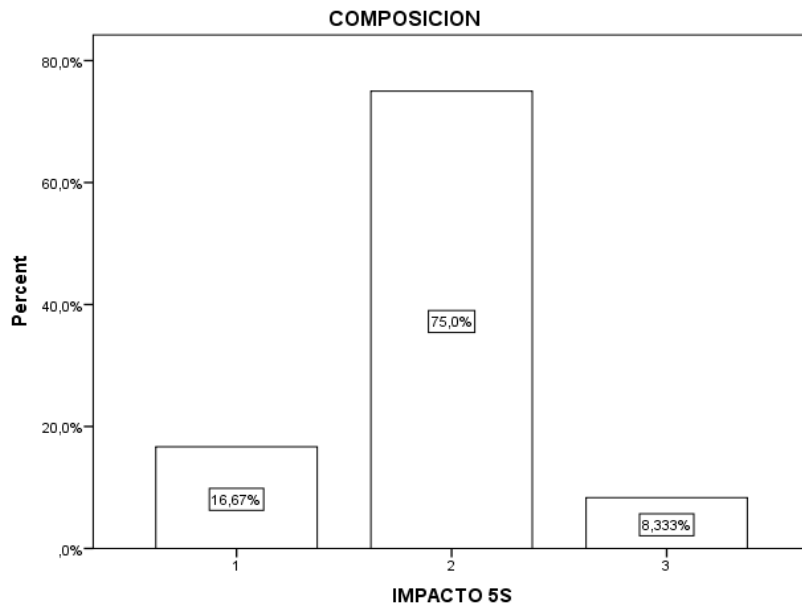


Tabla 30

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por SMED en las empresas.

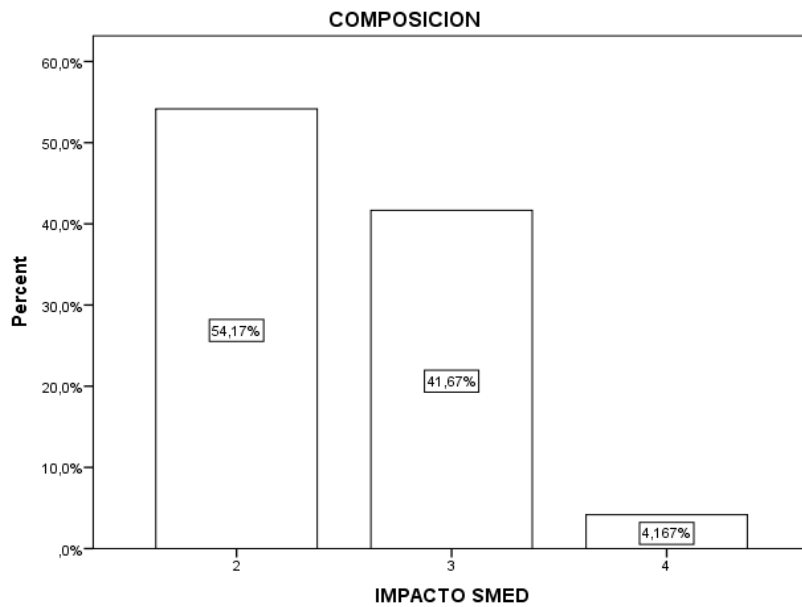


Tabla 31

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Estandarización en las empresas.

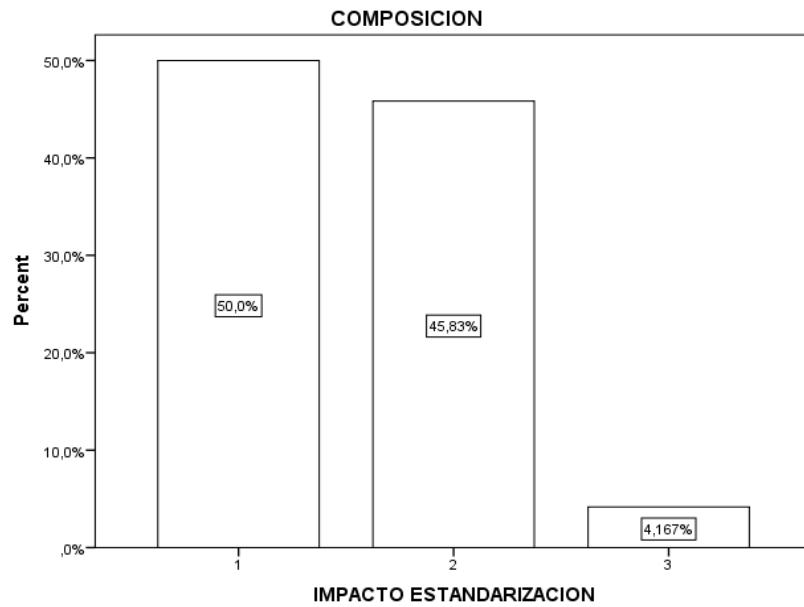


Tabla 32

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por TPM en las empresas.

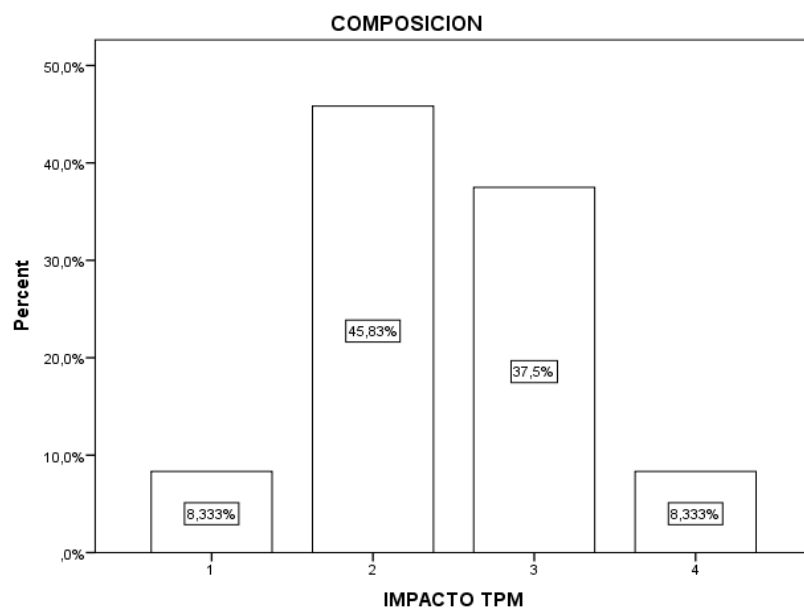


Tabla 33

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Control Visual en las empresas.

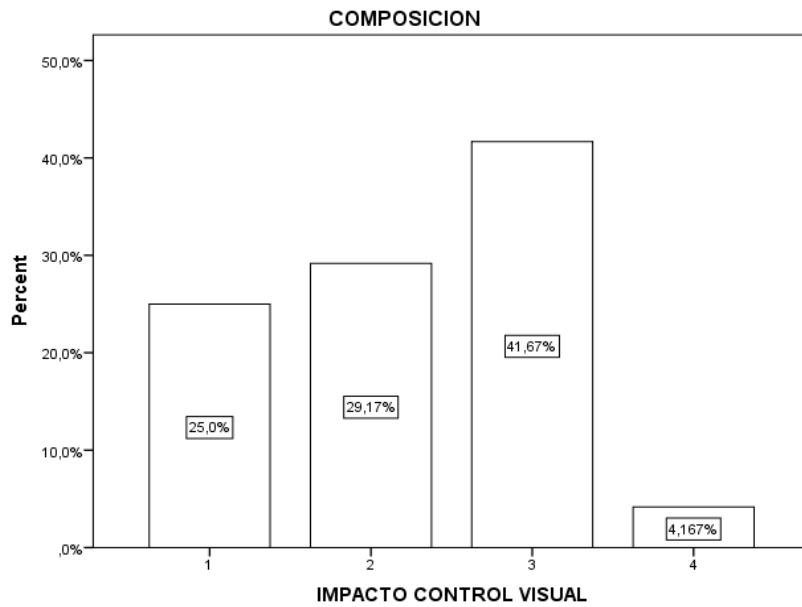


Tabla 34

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Jidoka en las empresas.

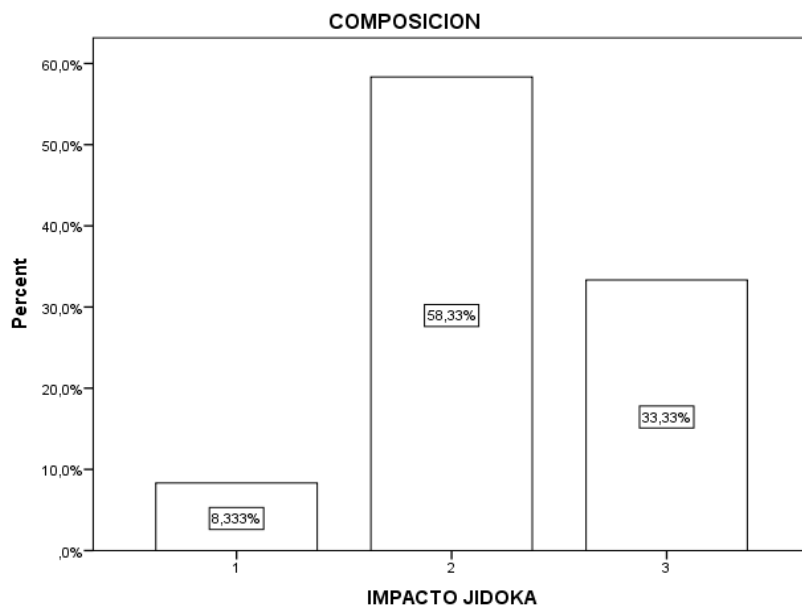


Tabla 35

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Participación del Personal en las empresas.

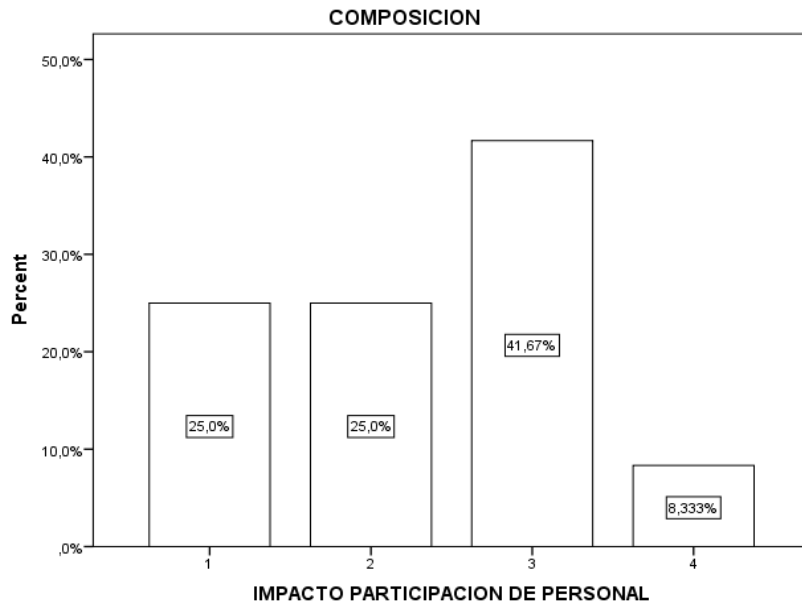


Tabla 36

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Técnicas de Calidad en las empresas.

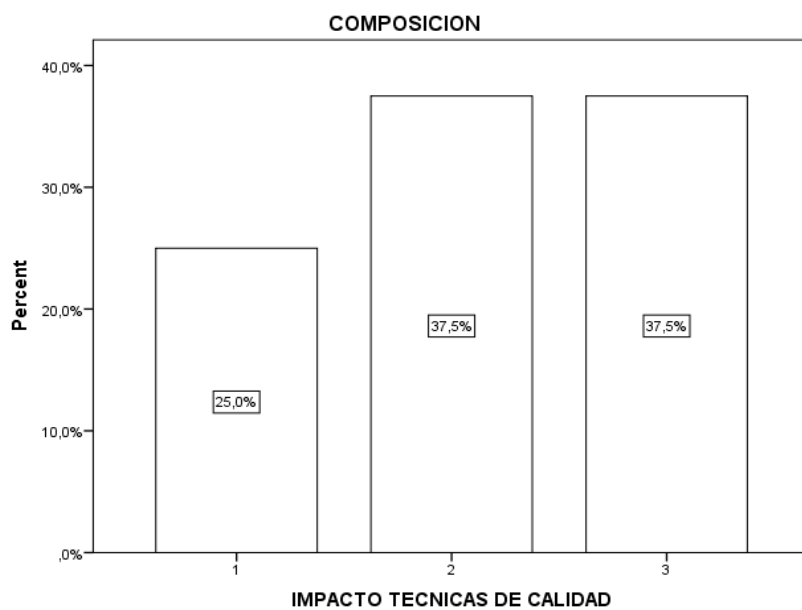


Tabla 37

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Heijunka en las empresas.

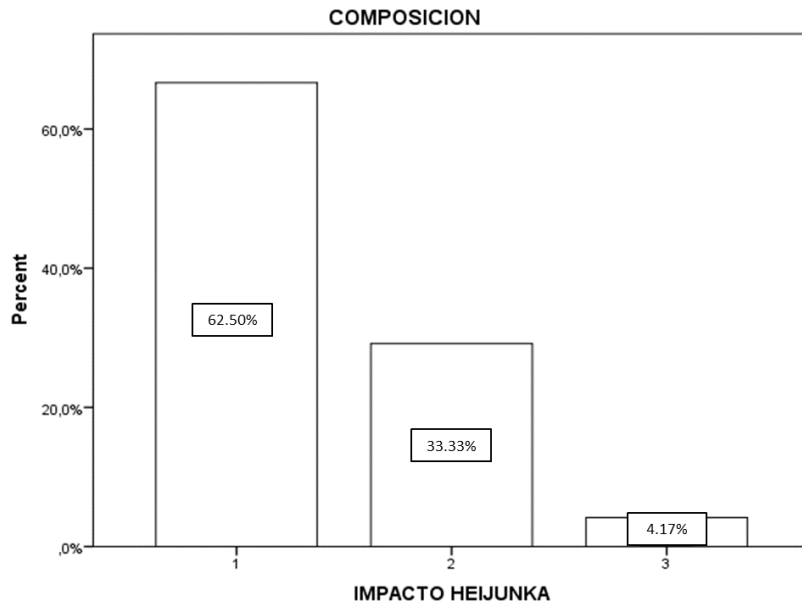
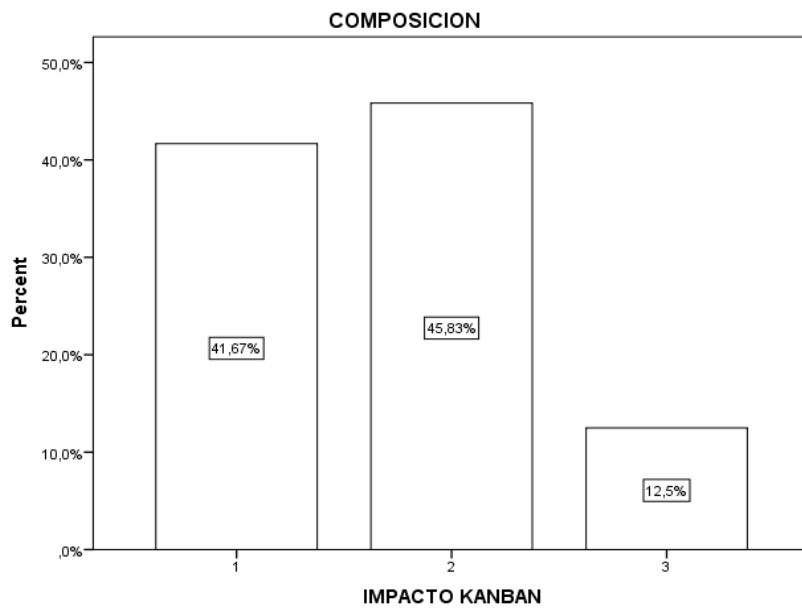


Tabla 38

Composición porcentual de los Niveles de Impacto generados por Kanban en las empresas.



VI. Discusión, Conclusiones y Recomendaciones

VI.1. Discusión

Rajadell (2021) menciona que las empresas manufactureras pueden incrementar su competitividad por dos caminos, a través de la innovación y/o la mejora continua. La innovación tecnológica ofrece mejoras significativas espaciadas en el tiempo, es decir no son necesariamente continuas; mientras que las herramientas de LM brindan pequeñas y frecuentes mejoras gracias a su aplicación. En relación con lo anterior, los resultados encontrados en la presente investigación evidencian que cada una de las herramientas de LM presentan una correlación directa con los resultados de productividad y el OEE y evaluándolo en su conjunto LM tiene una correlación muy alta con los resultados de productividad, expresada como el OEE, lo cual se refleja en el valor del Spearman's rho de 0.842 obtenido en el análisis estadístico.

Para Rufino (2019) es posible alcanzar resultados positivos, tales como el aumento de la productividad, en cualquier tipo de empresa donde se implemente Manufactura Esbelta, independientemente del tamaño o sector de ésta, así mismo, Hernandez y Vizán (2013) señalan que todos los estudios que se han llevado a cabo hasta el momento, y la opinión de los profesionales que cuentan con probada experiencia en implementaciones LM, validan que la aplicación del modelo es viable a todas las empresas y sectores. Sobre este tema la presente investigación permite validar que la implementación de LM es viable y genera impactos positivos en diferentes rubros industriales como el siderúrgico, textil, pesquero, consumo masivo, alimenticio, cosmético, automotriz, farmacéutico, etc.

Hernandez y Vizán (2013) recomiendan que la implementación se realice de una manera secuencial, tomando en cuenta y adaptándose a la realidad particular de cada caso, buscando un balance entre los esfuerzos y recursos con las metas de mejora y la situación real de cada organización. En general, existe un consenso en que es necesario empezar por aquellas herramientas y métodos que modifican sustancialmente y, sobre todo,

rápidamente, las formas de trabajo. En este sentido parece lógico afrontar primero aquellas que permiten mejorar las condiciones de trabajo (5S's) y la reducción de los tiempos de preparación (SMED). Al respecto la presente investigación confirma lo mencionado, ya que en el análisis de las herramientas que conforman LM y la relación de estas sobre la productividad u OEE, se obtuvo una correlación positiva que va desde moderada hasta muy alta medida a través del Spearman's rho en estas herramientas de LM.

Socconini (2019) señalan que para que se manifiesten los beneficios de la implementación de LM, es necesario que todos los empleados de una organización propongan sus ideas de mejora desde todas las áreas. Esto está alineado con el resultado de esta investigación donde se comprueba que la herramienta de LM Sistemas de Participación del Personal es la que mayor impacto ha generado en la mayoría de las empresas evaluadas obteniendo el coeficiente de correlación más alto de todas las herramientas LM con un Spearman's rho de 0.853.

Hernandez & Vizán (2013) plantean que la mejor forma de entender de manera simplificada, coherente y ordenada las herramientas de LM es agrupándolas en tres grupos. Un primer grupo conformado por herramientas cuyas características, claridad y posibilidad real de implementación las hacen aplicables a todo tipo de empresa, producto o sector, estas son 5S's, SMED, Estandarización, TPM y Control Visual. Un segundo grupo de herramientas que requieren un mayor compromiso y cambio cultural de todas las personas de la organización, en todos los niveles, conformado por Jidoka, Técnicas de Calidad y Sistemas de Participación de Personal y un tercer grupo de herramientas muy específicas que buscan cambiar la forma de planificar, programar y controlar la producción y la cadena de abastecimiento, compuesto por las técnicas Heijunka y Kanban. Respecto a lo mencionado en la presente investigación se valida que las herramientas que mayor madurez han alcanzado en las empresas evaluadas, es decir los niveles 3, 4 o 5 de madurez, pertenecen al primer y segundo grupo planteado por los teóricos, estos son: Estandarización en el 83% de las empresas, Jidoka en el 79% de las empresas y Control

Visual y Sistemas de Participación de Personal en el 75% de las empresas. El estudio también muestra que las herramientas Kanban y Heijunka solo han alcanzado niveles de madurez 3,4 o 5 en el 21% y 8% de empresas evaluadas respectivamente.

La presente investigación permitió verificar que en la actualidad si existe una correlación directa y positiva entre la implementación de las herramientas de LM y la productividad de las grandes empresas manufactureras en el Peru, esto es de utilidad para incentivar a las empresas que aún no lo han hecho a implementar LM, como un mecanismo para mejorar su productividad. El autor sugiere la necesidad de seguir investigando sobre el tema, verificando el impacto que puede generar LM en empresas de otros rubros y dimensiones.

VI.2. Conclusiones

En cuanto al objetivo general de la investigación, se logró determinar que existe una relación directa y positiva entre Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, soportado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.000 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación y adicionalmente por el valor del Spearman's rho de 0.842 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es muy alta.

Respecto a los objetivos específicos de la investigación, que buscaba conocer la relación que existe entre cada una de las herramientas que componen LM y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, se determinó que todas las herramientas de LM presentan una relación directa y positiva que varía entre moderada y muy alta con el OEE.

Se pudo determinar que existe una relación directa y positiva entre la técnica de Lean Manufacturing 5S's y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual 0.026 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación.

Se determinó que existe una relación directa y positiva entre la técnica SMED de Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.000 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación y adicionalmente por el valor del Spearman's rho de 0.670 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Podemos concluir existe una relación directa y positiva entre la técnica Estandarización de Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.032 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación y adicionalmente por el valor del Spearman's rho de 0.670 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Se concluye que existe una relación directa y positiva entre la técnica TPM de Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.001 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación y adicionalmente por el valor del Spearman's rho de 0.624 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Se determinó que existe una relación directa y positiva entre la técnica de Control Visual de Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.000 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación y adicionalmente por el valor del Spearman's rho de 0.736 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Se concluye que existe una relación directa y positiva entre la técnica Jidoka de Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023,

basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.009 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación.

Se pudo establecer que existe una relación directa y positiva entre las Técnicas de Calidad de Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.000 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación y adicionalmente por el valor del Spearman's rho 0.789 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Se logró determinar que existe una relación directa y positiva entre las Técnicas de Participación de Personal Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.000 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación y adicionalmente por el valor del Spearman's rho 0.853 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es muy alta.

Se estableció que existe una relación directa y positiva entre la técnica Heijunka de Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.008 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación.

Existe una relación directa y positiva entre la técnica Kanban de Calidad de Lean Manufacturing y el OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023, basado en el análisis estadístico de correlación que presenta el valor de P igual a 0.001 que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación y adicionalmente por el valor del Spearman's rho 0.626 se puede afirmar que la correlación que existe entre ambas variables es alta.

Las herramientas de LM que mayor madurez han alcanzado entre las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023 son: Estandarización, Jidoka, Control Visual y Sistemas de Participación de Personal.

Las herramientas de LM que mayor impacto en la mejora de la productividad-OEE entre las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023 son: Sistemas de Participación de Personal, SMD, TPM y Control Visual.

VI.3. Recomendaciones

Con la demostración de la existencia de una relación positiva y significativa entre la implementación de LM y la productividad-OEE, se recomienda a las empresas de cualquier rubro industrial que implementen LM como una estrategia para mejorar su productividad y por ende fortalecer su nivel de competitividad y sostenibilidad.

Se recomienda a las empresas, con base en los resultados de esta investigación, que no es necesario implementar la totalidad de herramientas que componen LM, cada una de estas en su implementación traerá mejoras en la productividad: en ese sentido es importante establecer un diagnóstico de las principales oportunidades o gaps de la organización y a partir de este seleccionar las herramientas que mayor impacto positivo pueden generar.

Se recomienda a las empresas que deseen implementar LM soportarse durante la etapa inicial exploratoria con personas que conozcan profundamente o hayan tenido experiencia en la implementación de la metodología ya que al comienzo debido a la terminología puede resultar tedioso o difícil de entender rápidamente.

Se recomienda a la comunidad estudiantil y académica realizar investigaciones similares para lograr establecer conclusiones de la aplicación de LM en empresas de otros sectores industriales distinto al de manufactura y en empresas de otras dimensiones, como la pequeña y mediana Industria.

Es recomendable para el sector empresarial e inclusive gubernamental peruano fomentar la capacitación e implementación de metodologías como LM para asegurar la mejora de la competitividad de nuestras empresas y nuestro país en general.

Referencias

- Apushón Chimbo, M.V. (2019). *Incremento de la productividad del área de costura de la línea de producción de calzado escolar en el segmento femenino en Plasticaucho Industrial S.A. utilizando la metodología de manufactura esbelta.* (Tesis de Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Baldeón Rivadeneira, M.E. (2022). *Diseño de un modelo de gestión de procesos con la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento en la producción en una microempresa del sector de las artes gráficas.* (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *Creciendo con Productividad una agenda para la región Andina.*
- Bednarek, M. & Santana Villagra, J.M. (2017). *La aplicación de Lean Manufacturing: casos de Polonia, México y Chile.* Santiago, Chile: Colegio de ingenieros de Chile A.G.
- Cañón Bautista, L.X. (2021). *Evaluación de la aplicación del impacto de herramientas de Lean Manufacturing en la productividad del proceso de calzado convencional en la empresa CROYDON COLOMBIA S.A.* (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Espinosa Soriano, C.T. (2021). *Propuesta de mejora de la confiabilidad en la generación de vapor mediante el uso de Herramientas Lean Manufacturing en planta de evaporación de leche.* (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Gutierrez Pulido, H. (2014). *Calidad y Productividad.* (cuarta edición 2014). España: McGraw-Hill.
- Hernández Matias, J.C. & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación.* Escuela de Organización Industrial, Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España. Madrid, España: Recuperado de

<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México. México D.F: McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Estadística (2020). *Peru: Estructura empresarial 2020*.

Madariaga Neto, F. (2021). *Lean Manufacturing exposición adaptada a la fabricación de repetitiva de familia de productos mediante procesos discretos*.

Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Principales ejes para impulsar la competitividad y productividad*. Lima, Perú: Consejo Nacional de Competitividad y formalización.

Ministerio de la Producción. (2017). *Estudio de la situación actual de las empresas peruanas*. (primera edición 2017). Lima, Perú: Ministerio de la producción.

Muñoz Guevara, J.A., Zapata Urquijo, C.A. & Medina Varela, P.D. (2022). *Lean Manufacturing modelos y herramientas*. Pereira. Colombia: Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.

Ortiz Porras, J.E. (2022). *Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa anti flama de Lima –Perú*. (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Pachas Quispe, J.A. (2019). *Aplicación de un programa de mejora continua utilizando Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en el nivel de gestión del proceso de cartonera de la empresa la Calera en la provincia de Chincha*. (Tesis de Maestría). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

Palma Chauca, S.A. (2021). *Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la fabricación de muebles para oficina en melamina*. (Tesis de Maestría). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

Pinto Comprido, D.X, (2020). *Aplicación de herramientas Lean para la mejora de un proceso productivo en una empresa de la industria mobiliaria*. (Tesis de Maestría).

Universidade Lusíada-Norte, Vila Nova de Famalicão, Portugal.

Rajadell Carreras, M. (2021). *Lean Manufacturing herramientas para producir mejor*.

(segunda edición 2021) España: Ediciones Diaz de Santos.

Rodriguez Sotelo, D. (2022). *Propuesta de mejora de indicadores de productividad en una empresa metal mecánica, mediante herramientas de Lean Manufacturing*. (Tesis de

Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Rufino, B.A, (2019). *Implementación de Manufactura Esbelta en empresas de diferentes tamaños y sectores: características, similitudes y diferencias*. (Tesis de Maestría).

Universidade Nove de Julho-UNINOVE, São Paulo, Brasil.

Sánchez Carlessi, H., Reyes Romero, C. & Mejía Sáenz, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. (primera edición 2018). Lima.

Perú: Bussiness Support Aneth S.R.L.


Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*. (primera edición 2019). Barcelona, España: Marge Books.

Sociedad Nacional de Industrias (2023). *Estudios Económicos, Reporte Macroeconómico*.

Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (2021). *Tributos internos recaudados en el Perú*.

Apéndice

Anexo 1: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA DE POSTGRADO		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
TÍTULO: DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN /TESIS		
Lean Manufacturing y la Eficiencia Global de los Equipos OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.		
AUTOR		FECHA
Alexander Zevallos Silva		10 de Abril del 2023
1. PROBLEMA GENERAL		
¿Qué relación existe entre Lean Manufacturing y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?		
2. OBJETIVO GENERAL:		
Determinar la relación que existe entre Lean Manufacturing y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.		
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS (identificar por lo menos 3)		
Objetivo específico 1	Objetivo específico 2	Objetivo específico 3
¿Qué relación existe entre la herramienta 5s y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?	¿Qué relación existe entre la herramienta SMED y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?	¿Qué relación existe entre la herramienta Estandarización y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?
Objetivo específico 4	Objetivo específico 5	Objetivo específico 6
¿Qué relación existe entre la herramienta TPM y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?	¿Qué relación existe entre la herramienta Control Visual y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?	¿Qué relación existe entre la herramienta Jidoka y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?
Objetivo específico 4	Objetivo específico 5	Objetivo específico 6
¿Qué relación existe entre la herramienta Técnicas de Calidad y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?	¿Qué relación existe entre la herramienta Sistemas de Participación del Personal y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?	¿Qué relación existe entre la herramienta Heijunka y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?
Objetivo específico 4	Objetivo específico 5	Objetivo específico 6
¿Qué relación existe entre la herramienta Kanban y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023?		
4. HIPÓTESIS GENERAL :		
Existe relación entre Lean Manufacturing y la Eficiencia Global de los Equipos OEE en las grandes empresas manufactureras del Perú en el 2023.		
5. VARIABLES		
Variable independiente: Lean Manufacturing	Variable dependiente: Eficiencia Global de los Equipos OEE (Productividad).	
6. TIPO DE INVESTIGACIÓN	Basica sustantiva con enfoque cualitativo.	
7. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	Correlacional.	
8. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	No experimental de corte transversal.	
9. MÉTODOS	Hipotetico deductivo.	
10. MARCO MUESTRAL	Grandes empresas manufactureras en el Peru en el 2023.	
11. POBLACIÓN	10 899 grandes empresas del Peru.	
12. MUESTRA	24 personas, empleados de grandes empresas, que tienen experiencia en procesos productivos manufactureros y que ocupan una función de liderazgo en las áreas de producción, calidad, mejora continua o gestión de proyectos de sus organizaciones.	
13. UNIDAD DE ESTUDIO	Grandes empresas manufactureras en el Peru.	
14. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN	Encuesta.	
15. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	Cuestionario.	

Anexo 2: Instrumento de medición

Encuesta para determinar la correlación entre las mejoras en la productividad (OEE) y Lean Manufacturing en las grandes empresas del Peru.		
ITEM	HERRAMIENTA 1: 5S's	ESCALA VALORATIVA
1	¿Se ha implementado la 1ra 5: Se cuenta con un proceso sistemático de selección y eliminación de elementos innecesarios de las áreas de trabajo?	Nivel de Madurez 4
	¿Se ha implementado la 2da 5: Se cuenta con un proceso sistemático para organizar y estandarizar los elementos necesarios de las áreas de trabajo?	
	¿Se ha implementado la 3ra 5: Se cuenta con un proceso sistemático para realizar las actividades de ordenamiento y limpieza basado en estándares de las áreas de trabajo?	
	¿Se ha implementado la 4ta 5: Se cuenta con un proceso sistemático para estandarizar las 3 primeras 5's con actividades de verificación para asegurar su cumplimiento y efectividad?	
	¿Se ha implementado la 5ta 5: Se ha conseguido una cultura de 5S's, con roles claros para todos los colaboradores, Indicadores que muestran el estado de orden y limpieza de las áreas de trabajo?	
2	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la herramienta 5S's en la productividad o el OEE en su organización?	Mediano impacto
HERRAMIENTA 2: SMED		
3	¿Existe un proceso sistemático para identificar las actividades internas y externas a realizar durante los cambios en las máquinas (cambio de producto, tallas, referencias)?	Nivel de Madurez 5
	¿Existe un proceso sistemático para organizar y mejorar las actividades internas que se realizan durante los cambios en las máquinas (cambio de producto, tallas, referencias)?	
	¿Existe un proceso sistemático para realizar mejoras en los procesos y equipos para facilitar los cambios en las máquinas (modificaciones de maquina, dispositivos para cambio rápido, guías, reglas, estandarización de sistemas de sujeción)?	
	¿Existe un proceso efectivo que considera la evaluación del diseño de fabricación al momento de adquirir una nueva máquina o equipo, orientado a que los cambios en las máquinas sean rápidos y sencillos de ejecutar?	
4	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la herramienta SMED en la productividad o el OEE en su organización?	Mediano impacto
HERRAMIENTA 3: TECNICA DE ESTANDARIZACION		
5	¿Existen estándares (procedimientos, instrucciones de trabajo, métodos de inspección, registros fotográficos...etc.) para las actividades críticas de producción, mantenimiento, control de calidad y ordenamiento-limpieza?	Nivel de Madurez 4
	¿Existen un sistema formal para la evaluación del cumplimiento de los estándares de las actividades críticas de producción, mantenimiento, control de calidad y ordenamiento-limpieza?	
	¿Existen indicadores formales (KPIs) para el seguimiento del cumplimiento de los estándares críticos de producción, mantenimiento, control de calidad y ordenamiento-limpieza?	
	¿Los estándares críticos de producción, mantenimiento, control de calidad y ordenamiento-limpieza son actualizados permanentemente con la participación de los colaboradores directamente relacionados con el proceso?	
6	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la herramienta técnicas de estandarización en la productividad o el OEE en su organización?	Bajo impacto
HERRAMIENTA 4: TPM-MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL		
7	¿Se cuenta con un proceso integral y sistemático de mantenimiento para mantener las máquinas y equipos en las condiciones iniciales como cuando estaban nuevas?	Nivel de Madurez 4
	¿Cómo parte del mantenimiento de las máquinas y equipos se eliminan de manera sistemática las fuentes de contaminación y suciedad (fugas de aceite, grasa, desgaste de fajas...etc.)?	
	¿Se ha realizado un proceso efectivo de entrenamiento al personal operativo para desarrollar sus capacidades en la limpieza e inspección de máquinas y equipos para detectar anomalías en los proceso tempranamente?	
	¿Se ha conseguido de manera efectiva que personal operativo ejecute las actividades básicas de mantenimiento en las máquinas y equipos, realice análisis básicos de causa raíz de los principales problemas y proponga mejoras?	
	¿Se cuenta con un proceso sistemático para el mantenimiento preventivo de las máquinas y equipos, con efectividad comprobada en la planificación, preparación de elementos para la intervención en maquina, ejecución del mantenimiento y evaluación de resultados para identificar oportunidades de mejora?	
8	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la herramienta TPM en la productividad o el OEE en su organización?	Mediano impacto
HERRAMIENTA 5: CONTROL VISUAL		
9	¿Se han implementado acciones para el control visual en las áreas de trabajo, máquinas y equipos (layout de piso de planta, demarcaciones en el suelo, asignación de áreas para publicación de indicadores...etc.)?	Nivel de Madurez 5
	¿Se han implementado acciones para el control visual de la documentación relevante para el proceso (Instrucciones de trabajo, guías para inspección de calidad en línea, procedimientos de seguridad...etc.)?	
	¿Se han implementado acciones para el control visual que soporte las actividades de producción (programas de producción, programas de mantenimiento, identificación de stock mínimos y máximos de materiales, identificación de productos para reproceso, indicadores de productividad...etc.)?	
	¿Se han implementado acciones para el control visual que soporte la calidad en los procesos (señales que identifican problemas en máquina, registro visual de defectos de productos, control estadístico de procesos...etc.)?	
	¿Se han implementado acciones para el control visual sobre la gestión de indicadores de producción (objetivos o metas, resultados, tendencias, sugerencias de mejora, proyectos en marcha...etc.)?	
10	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la herramienta control visual en la productividad o el OEE en su organización?	Mediano impacto

HERRAMIENTA 6: JIDOKA		
11	¿Se han implementado sistemas automáticos o semiautomáticos para realizar el control de calidad en las líneas de producción?	Nivel de Madurez 3
	¿Se han realizado actividades efectivas para desarrollar las capacidades en el personal de producción para que puedan ejecutar los controles de calidad en las líneas de producción?	
	¿Se ha desarrollado la autonomía formal del personal operativo para detener las líneas de producción y realizar análisis de causa raíz cuando ocurren problemas o se presentan productos defectuosos?	
	¿Se han implementado sistemas para el control de la calidad a prueba de errores en las líneas de producción (Herramientas poka yoke)?	
12	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la herramienta Jidoka en la productividad o el OEE en su organización?	Mediano impacto
HERRAMIENTA 7: TECNICAS DE CALIDAD		
13	¿Se ha desarrollado la matriz de autocalidad, la cual relaciona los principales defectos ocurridos en las líneas de producción con el área específica donde estos ocurren, como mecanismo para entrenar las reacciones de los operadores?	Nivel de Madurez 2
	¿Se utiliza sistemáticamente y de manera efectiva el ciclo PDCA para abordar problemas recurrentes o críticos?	
	¿Se cuentan con planes de entrenamiento específicos y estos se ejecutan para los operadores de línea sobre los estándares de calidad y como realizar las inspecciones en línea?	
	¿Se cuentan con personal entrenado y se han desarrollado iniciativas para mejorar la variabilidad de los procesos y productos con la metodología Seis Sigma?	
14	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la herramienta técnicas de Calidad en la productividad o el OEE en su organización?	Mediano impacto
HERRAMIENTA 8: SISTEMAS DE PARTICIPACION DE PERSONAL		
15	¿Se utilizan frecuentemente equipos de mejora (kaizen) para resolver problemas críticos en los procesos o la implementación de nuevas técnicas que promuevan la mejora continua?	Nivel de Madurez 4
	¿Cuentan con grupos autónomos de producción, que se encargan de revisar el desempeño de las líneas operativas en reuniones estructuradas y proponen soluciones para los principales problemas?	
	¿Existe un sistema formal para capturar las sugerencias e ideas de mejora de todo el personal productivo?	
16	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la herramienta sistemas de participación de personal en la productividad o el OEE en su organización?	Alto impacto
HERRAMIENTA 9: HEIJUNKA		
17	¿Se han implementado células de trabajo, es decir las estaciones de trabajo han sido organizadas de la mejor forma posible de tal manera que se tiene un flujo constante de materiales y productos terminados hasta completar la producción?	Nivel de Madurez 2
	¿Se han implementado mejoras para reducir al máximo el tamaño de los lotes de producción, manteniendo comunicación estandarizada del inicio y fin de cada lote, entrenando a los operadores para desarrollar diferentes funciones en la línea de producción y contando con un sistema de abastecimiento de materiales efectivo para brindar flexibilidad a los procesos?	
	¿Se utiliza el Takt Time (tiempo de ritmo), para alinear los volúmenes de producción a la demanda y disminuir los stock de productos terminados y materiales en su organización?	
18	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la técnica Heijunka en la productividad o el OEE en su organización?	Bajo impacto
HERRAMIENTA 10: KANBAN		
19	¿Existe una interacción permanente entre logística y producción que permite contar con los materiales necesarios para la producción, así como alcanzar fabricación de las cantidades de producto terminado establecidas?	Nivel de Madurez 3
	¿Se han desarrollado alianzas o acuerdos con los proveedores para organizar las entregas de materiales en función a las demandas de las operaciones buscando minimizar los tamaños de lotes?	
	¿Se ha implementado un proceso (análisis de puestos, entrenamientos, evaluación de habilidades..etc.) para conseguir la polivalencia de los operadores de producción de tal manera que puedan desempeñarse adecuadamente en varias funciones y darle flexibilidad a la operación?	
20	Según los criterios compartidos ¿Cuál es el impacto que ha generado la implementación de la técnica Kanban en la productividad o el OEE en su organización?	Mediano impacto

Anexo 3: Validación de expertos del instrumento de medición.

Lima, 04 de Julio del 2023

Señor(a) : **Rosa Maria Manrique Ramirez**

Presente.-}

ASUNTO : VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO

Tengo el alto honor de dirigirme a Ud. para saludarle muy cordialmente y hacer de su conocimiento que soy estudiante de la maestría en **Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento** de la Escuela de Post Grado y Estudios Continuos de la Universidad Privada del Norte; dónde estoy desarrollando la tesis: **Lean Manufacturing y la Eficiencia Global de los equipos (OEE) en las Grandes Empresas Manufactureras del Perú en el 2023.**

Por tal motivo, recorro a Ud. para solicitar su opinión profesional a fin de validar los instrumentos de mi investigación.

Para lo cual acompaño:

1. Matriz de consistencia y operacionalización de variables
2. Ficha de opinión de expertos
3. Instrumento de investigación

Agradezco por anticipado su aceptación a la presente, quedando de Ud. muy reconocido.

Atentamente,

Alexander Zevallos Silva

Investigadora(a)

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto: **Manrique Ramirez Rosa Maria**
- 1.2 Grado académico: **Magister**
- 1.3 Áreas de experiencia profesional: **Gerencia de Operaciones y Logística.**
- 1.4 Cargo e Institución donde labora: **Jefe de Almacenes-Textiles Camones S.A.**
- 1.5 Nombre del instrumento motivo de Evaluación: **Encuesta para determinar la correlación entre las mejoras en la productividad (OEE) y Lean Manufacturing en las grandes empresas del Perú.**
- 1.6 Autor del Instrumento: **Alexander Zevallos Silva**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 –20 %	Regular 21– 40 %	Bueno 41– 60 %	Muy buend 61–80 %	Excelente 81–100 %
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado el alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades cognitivas					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos – científicos de la Tecnología Educativa					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					X

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:
El instrumento es aplicable.

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100%



Lima, 04 de Julio del 2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
 GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	X		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	X		
3	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X		
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X		
6	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	X		
7	¿El número de ítems es el adecuado?	X		
8	¿Los ítems del instrumento son válidos?	X		
9	¿Se debe incrementar el número de ítems?		X	
10	¿Se debe eliminar algunos ítems?		X	

Aportes y/o sugerencias:

.....

.....

.....

.....


Rosa Maria Manrique Ramirez

Nombre y Firma

Fecha: 04/Julio/2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre : Rosa Maria Manrique Ramirez.
Especialidad : Magister en Gerencia de Operaciones y Logística.
Fecha : 04 de Julio del 2023.

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. FORMA:
El instrumento es adecuado.
.....
.....
2. CONTENIDO:
El instrumento es adecuado.
.....
.....
3. ESTRUCTURA:
El instrumento es adecuado.
.....
.....

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

.....
.....

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI NO

Rosa Maria Manrique Ramirez

Nombre y Firma
Fecha: 04/Julio/2023

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
 GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**

Investigador: Alexander Zevallos Silva

Señor especialista, se le pide su colaboración para que luego de un riguroso análisis de los ítems del cuestionario: **Encuesta para determinar la correlación entre las mejoras en la productividad (OEE) y Lean Manufacturing en las grandes empresas del Peru**, que le mostramos; marque con un aspa el casillero que cree conveniente de acuerdo con su criterio y experiencia profesional, denotando si cuenta o no cuenta con los requisitos mínimos de formulación para su posterior aplicación.

NOTA: Para cada ítem se considera la escala de 1 a 4 donde:

(1) Deficiente, (1.5) Bajo, (2.5) Regular, (3.5) Bueno, (4) Muy Bueno

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia.

En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

ITEMS	(1.0)	(1.5)	(2.5)	(3.5)	(4.0)	Observaciones
1.					X	
2.					X	
3.					X	
4.					X	
5.					X	
6.					X	
7.					X	
8.					X	
9.					X	
10.					X	
11.					X	
12.					X	

13.						X	
14.						X	
15.						X	
16.						X	
17.						X	
18.						X	
19.						X	
20.						X	

Rosa Maria Manrique Ramirez

Nombre y Firma

Fecha: 04/Julio/2023

Lima, 04 de Julio del 2023

Señor(a) : **Yesenia Estefanía Maldonado Hernandez**

Presente.-

ASUNTO : VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO

Tengo el alto honor de dirigirme a Ud. para saludarle muy cordialmente y hacer de su conocimiento que soy estudiante de la maestría en **Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento** de la Escuela de Post Grado y Estudios Continuos de la Universidad Privada del Norte; dónde estoy desarrollando la tesis: **Lean Manufacturing y la Eficiencia Global de los equipos (OEE) en las Grandes Empresas Manufactureras del Peru en el 2023.**

Por tal motivo, recorro a Ud. para solicitar su opinión profesional a fin de validar los instrumentos de mi investigación.

Para lo cual acompaño:

1. Matriz de consistencia y operacionalización de variables
2. Ficha de opinión de expertos
3. Instrumento de investigación

Agradezco por anticipado su aceptación a la presente, quedando de Ud. muy reconocido.

Atentamente,

Alexander Zevallos Silva

Investigadora(a)

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
 GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto: **Maldonado Hernandez Yesenia Estefanía**
- 1.2 Grado académico: **Magister**
- 1.3 Áreas de experiencia profesional: **Gestión de Proyectos y Mejora Continua.**
- 1.4 Cargo e Institución donde labora: **Analista Senior de Mejora Continua-Kimberly Clark.**
- 1.5 Nombre del instrumento motivo de Evaluación: **Encuesta para determinar la correlación entre las mejoras en la productividad (OEE) y Lean Manufacturing en las grandes empresas del Perú.**
- 1.6 Autor del Instrumento: **Alexander Zevallos Silva**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 –20 %	Regular 21– 40 %	Bueno 41– 60 %	Muy bueno 61–80 %	Excelente 81–100 %
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado el alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades cognoscitivas					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos – científicos de la Tecnología Educativa					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					X

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento es aplicable.

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100%

Lima, 04 de Julio del 2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
 GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	X		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	X		
3	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X		
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X		
6	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	X		
7	¿El número de ítems es el adecuado?	X		
8	¿Los ítems del instrumento son válidos?	X		
9	¿Se debe incrementar el número de ítems?		X	
10	¿Se debe eliminar algunos ítems?		X	

Aportes y/o sugerencias:

.....

.....

.....



Yesenia Estefanía Maldonado Hernandez

Nombre y Firma
 Fecha: 04/Julio/2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: **Yesenia Estefanía Maldonado Hernandez.**
Especialidad: **Magister en Ciencias Empresariales Mención en Gestión de Proyectos.**
Fecha: **4 de Julio del 2023**

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. FORMA:
El instrumento es adecuado.
2. CONTENIDO:
El instrumento es adecuado.
3. ESTRUCTURA:
El instrumento es adecuado.

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

.....
.....

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI

NO



Yesenia Estefanía Maldonado Hernandez
Nombre y Firma
Fecha: 04/Julio/2023

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
 GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**

Investigador: Alexander Zevallos Silva

Señor especialista, se le pide su colaboración para que luego de un riguroso análisis de los ítems del cuestionario: **Encuesta para determinar la correlación entre las mejoras en la productividad (OEE) y Lean Manufacturing en las grandes empresas del Perú**, que le mostramos; marque con un aspa el casillero que cree conveniente de acuerdo con su criterio y experiencia profesional, denotando si cuenta o no cuenta con los requisitos mínimos de formulación para su posterior aplicación.

NOTA: Para cada ítem se considera la escala de 1 a 4 donde:

(1) Deficiente, (1.5) Bajo, (2.5) Regular, (3.5) Bueno, (4) Muy Bueno

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia.

En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

ITEMS	(1.0)	(1.5)	(2.5)	(3.5)	(4.0)	Observaciones
1.					X	
2.					X	
3.					X	
4.					X	
5.					X	
6.					X	
7.					X	
8.					X	
9.					X	
10.					X	
11.					X	

12.						X
13.						X
14.						X
15.						X
16.						X
17.						X
18.						X
19.						X
20.						X



Yesenia Estefania Maldonado Hernandez

Nombre y Firma
Fecha: 04/Julio/2023

Lima, 05 de Julio del 2023

Señor(a) : **Diana Lorena Li Carmelino**

Presente.-

ASUNTO : VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO

Tengo el alto honor de dirigirme a Ud. para saludarle muy cordialmente y hacer de su conocimiento que soy estudiante de la maestría en **Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento** de la Escuela de Post Grado y Estudios Continuos de la Universidad Privada del Norte; dónde estoy desarrollando la tesis: **Lean Manufacturing y la Eficiencia Global de los equipos (OEE) en las Grandes Empresas Manufactureras del Peru en el 2023.**

Por tal motivo, recorro a Ud. para solicitar su opinión profesional a fin de validar los instrumentos de mi investigación.

Para lo cual acompaño:

1. Matriz de consistencia y operacionalización de variables
2. Ficha de opinión de expertos
3. Instrumento de investigación

Agradezco por anticipado su aceptación a la presente, quedando de Ud. muy reconocido.

Atentamente,

Alexander Zevallos Silva

Investigadora(a)

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
 GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto: **Li Carmelino Diana Lorena**
- 1.2 Grado académico: **Magister**
- 1.3 Áreas de experiencia profesional: **Supply Chain Management**
- 1.4 Cargo e Institución donde labora: **Gerente de Producción-Kimberly Clark.**
- 1.5 Nombre del instrumento motivo de Evaluación: **Lean Manufacturing y la Eficiencia Global de los equipos (OEE) en las Grandes Empresas Manufactureras del Peru en el 2023.**
- 1.6 Autor del Instrumento: **Alexander Zevallos Silva**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40 %	Bueno 41- 60 %	Muy bueno 61-80 %	Excelente 81-100 %
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado el alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades cognitivas					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos – científicos de la Tecnología Educativa					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					X

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

El instrumento es aplicable.

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100%

Lima, 05 de Julio del 2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
 GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	X		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	X		
3	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X		
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X		
6	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	X		
7	¿El número de ítems es el adecuado?	X		
8	¿Los ítems del instrumento son válidos?	X		
9	¿Se debe incrementar el número de ítems?		X	
10	¿Se debe eliminar algunos ítems?		X	

Aportes y/o sugerencias:

.....

.....

.....

.....



Diana Lorena Li Carmelino

Nombre y Firma

Fecha: 05/Julio/2023

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: **Diana Lorena Li Carmelino.**
Especialidad: **Magister en Supply Chain Management.**
Fecha: 05 de Julio 2023

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. **FORMA:**
El instrumento es adecuado.
2. **CONTENIDO:**
El instrumento es adecuado.
3. **ESTRUCTURA:**
El instrumento es adecuado.

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

.....
.....

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI NO

Diana Lorena Li Carmelino
Nombre y Firma
Fecha: 05/Julio/2023

**LEAN MANUFACTURING Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN LAS
 GRANDES EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL PERU EN EL 2023.**

Investigador: Alexander Zevallos Silva

Señor especialista, se le pide su colaboración para que luego de un riguroso análisis de los ítems del cuestionario: **Encuesta para determinar la correlación entre las mejoras en la productividad (OEE) y Lean Manufacturing en las empresas**, que le mostramos; marque con un aspa el casillero que cree conveniente de acuerdo con su criterio y experiencia profesional, denotando si cuenta o no cuenta con los requisitos mínimos de formulación para su posterior aplicación.

NOTA: Para cada ítem se considera la escala de 1 a 4 donde:

(1) Deficiente, (1.5) Bajo, (2.5) Regular, (3.5) Bueno, (4) Muy Bueno

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia.

En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

ITEMS	(1.0)	(1.5)	(2.5)	(3.5)	(4.0)	Observaciones
1.					X	
2.					X	
3.					X	
4.					X	
5.					X	
6.					X	
7.					X	
8.					X	
9.					X	
10.					X	
11.					X	
12.					X	

13.					X	
14.					X	
15.					X	
16.					X	
17.					X	
18.					X	
19.					X	
20.					X	



Diana Lorena Li Carmelino

Nombre y Firma

Fecha: 05/Julio/2023

Anexo 4: Data y análisis de confiabilidad Alfa de Cronbach del Instrumento de medición.

Alfa de Cronbach de Lean Manufacturing (Madurez).

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0.949	10

# CUESTIONARIO	5 S	SMED	ESTAND.	TPM	CONTROL VISUAL	JIDOKA	CALIDAD	PERSONAL	HEIJUNKA	KANBAN
1	4	3	3	3	3	4	4	4	3	2
2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
3	4	4	3	4	4	4	4	4	2	3
4	2	2	3	2	2	2	2	1	1	2
5	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
6	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2
7	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2
8	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2
9	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
10	3	3	3	2	4	4	4	4	2	2
11	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2
12	4	4	3	4	4	4	4	4	2	3
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2
15	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2
16	4	4	3	4	4	4	4	4	2	3
17	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2
18	4	4	3	4	4	4	4	4	2	3
19	2	2	3	2	2	2	2	1	1	2
20	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
21	4	4	3	4	4	4	4	4	2	3
22	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
23	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
24	3	2	3	3	3	4	4	4	1	2

Alfa de Cronbach del OEE (Impacto en la Productividad)

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0.917	10

# CUESTIONARIO	5 S	SMED	ESTAND.	TPM	CONTROL VISUAL	JIDOKA	CALIDAD	PERSONAL	HEIJUNKA	KANBAN
1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2
2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1
3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3
4	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1
5	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
7	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1
8	2	3	1	2	3	1	2	2	2	1
9	2	2	1	2	2	2	2	3	2	2
10	2	2	2	3	2	1	2	3	1	1
11	2	4	2	3	3	2	2	3	1	2
12	3	3	2	3	3	2	2	3	1	3
13	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2
14	2	3	1	3	3	3	3	3	1	2
15	2	3	2	3	3	3	3	3	1	2
16	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2
17	2	3	2	4	4	3	3	4	1	2
18	2	3	2	4	3	3	3	4	2	3
19	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1
20	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1
21	2	3	1	3	3	3	3	3	1	2
22	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2
23	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1
24	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1

Anexo 5: Data resultante de la medición a través de las encuestas.

MADUREZ LEAN MANUFACTURING VS IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD (OEE)																						
# CUESTIONARIO	5 S		SMED		ESTANDARIZACION		TPM		CONTROL VISUAL		JIDOKA		TECNICAS DE CALIDAD		PARTICIPACION DE PERSONAL		HEIJUNKA		KANBAN		PROMEDIO MADUREZ LM	PROMEDIO IMPACTO
	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO	MADUREZ	IMPACTO		
1	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	2	2	3	3
2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1
3	4	2	4	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	2	2	3	3	4	3
4	2	2	2	2	3	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1
5	2	2	3	2	3	1	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2
6	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2	1	3	2
7	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1
8	2	2	3	3	3	1	3	2	3	3	3	1	3	2	3	2	3	2	2	1	3	2
9	2	2	3	2	3	1	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	3	2
10	3	2	3	2	3	2	2	3	4	2	4	1	4	2	4	3	2	1	2	1	3	2
11	3	2	3	4	3	2	3	3	3	3	4	2	4	2	4	3	2	1	2	2	3	2
12	4	3	4	3	3	2	4	3	4	3	4	2	4	2	4	3	2	1	3	3	4	3
13	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1
14	3	2	3	3	3	1	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	2	1	2	2	3	2
15	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	2	1	2	2	3	3
16	4	2	4	3	3	2	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	2	2	3	2	4	3
17	3	2	3	3	3	2	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	2	1	2	2	3	3
18	4	2	4	3	3	2	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4	2	2	3	3	4	3
19	2	2	2	2	3	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1
20	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	2	1	2	1	3	2
21	4	2	4	3	3	1	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	2	1	3	2	4	2
22	2	1	3	2	3	1	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2
23	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	3	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
24	3	1	2	2	3	2	3	2	3	2	4	2	4	2	4	2	1	1	2	1	3	2