

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ÁREA DE POSGRADO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



T E S I S

Diseño e implementación de *VSM-Ergo Integral* en empresa metalmecánica para mejorar condiciones ergonómicas y productivas.

que presenta para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS**

Denisse Domínguez Alfaro

**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Ismael Mendoza Muñoz**

**CODIRECTOR DE TESIS:
Dra. Mildrend Ivett Montoya Reyes**

MEXICALI, B. C. A 16 DE DICIEMBRE DEL 2021

Agradecimientos

A mis papás por su amor y apoyo incondicional, gracias por enseñarme con su ejemplo que con trabajo y dedicación se pueden cumplir los sueños.

A mi hija Ximena, por alegrar mis días con su llegada, por motivarme con su amor y su sonrisa a ser mejor cada día.

A mi hermano y mi familia, gracias por motivarme y apoyarme siempre en mis metas.

A la UABC, por brindarme la oportunidad, una vez más, de continuar aprendiendo y desarrollándome.

A los docentes del programa MYDCI relacionados con mi formación como investigadora, sus aportaciones hicieron posible este trabajo.

A mi director de tesis, Dr. Ismael Mendoza Muñoz, por su dedicación al guiarme en este proyecto desde el inicio, su valioso tiempo invertido y su gran compromiso con la docencia.

A mi codirectora de tesis, Dra. Mildrend Ivett Montoya Reyes, por sus preciados consejos y su disposición de compartir sus conocimientos con la mejor actitud.

A mis sinodales, Dr. Carlos Raúl Navarro González, Dra. Samantha Eugenia Cruz Sotelo y Dra. Olivia Yessenia Vargas Bernal, gracias por el valioso tiempo invertido en mi trabajo y en mi formación.

A Ing. Iveth Josabat Vizcarra Gerardo, Ing. Luis Alberto Juárez Olivera, Ing. Fernando Julián García Rodríguez e Ing. Martin Isael Ponce Silva por su gran apoyo y participación en la implementación de este proyecto.

A todos los que de alguna forma contribuyeron al desarrollo de esta investigación, mi más sincero agradecimiento.

Índice

Índice de Tablas	V
Índice de Figuras.....	VI
Índice de Ecuaciones	VI
Resumen	VII
Abstract	VIII
Objetivo	IX
Hipótesis	IX
Justificación.....	IX
Alcances y limitaciones	XI
Capítulo 1 Estado del arte.....	1
1.1. Manufactura esbelta	1
1.1.1. Manufactura esbelta en la actualidad	2
1.2. Trastornos musculoesqueléticos	3
1.3. Factores de riesgo psicosocial en el trabajo.....	4
1.4. Medio ambiente físico	6
1.4.1. Temperatura	6
1.4.2. Ruido.....	7
1.4.3. Iluminación	9
1.5. Enfermedades laborales.....	9
1.5.1. Estadísticas en México	10
1.6. Ergonomía.....	12
1.7. Ergo-VSM.....	13
1.8. Industria metalmecánica	15
1.9. MIPyMES	15
1.10. Sector industrial en Baja California.....	17
Capítulo 2 Marco Teórico	18
2.1 Metodología VSM	18
2.2 Kaizen	20
2.2.1. Tipos de Kaizen	21
2.3 Ciclo PDCA.....	22
2.4 Instrumentos Ergonómicos.....	22
2.4.1. NOM-011-STPS-2001	22
2.4.2. NOM-015-STPS-2001	24

2.4.3.	NOM-025-STPS-2008	25
2.4.4.	NOM-035-STPS-2018	26
2.4.5.	NOM-036-STPS-2018	28
2.5	Indicadores	30
Capítulo 3 Metodología VSM-Ergo Integral.....		31
3.1	Comprometerse con la manufactura esbelta y ergonomía (Ergo-Lean).....	32
3.2	Conformar equipo de trabajo multidisciplinario.....	32
3.3	Entrenamiento básico de manufactura esbelta, ergonomía y VSM- Ergo Integral.....	33
3.4	Seleccionar familia de productos.....	33
3.5	Identificar los flujos del proceso.....	34
3.6	Realizar mediciones ergonómicas y productivas.....	35
3.7.1.	Tiempo de ciclo (TC)	35
3.7.2.	Rechazos de calidad (RC).....	37
3.7.3.	Nivel de ruido (NR).....	37
3.7.4.	Nivel de temperatura (NT)	38
3.7.5.	Nivel de iluminación (NI).....	38
3.7.6.	Factores de riesgo psicosocial (FRP-T)	39
3.7.7.	Trastornos musculoesqueléticos (TME).....	39
3.7	Integrar información del estado actual	40
3.8	Identificar las áreas de oportunidad.....	41
3.9	Definir estado futuro deseado.....	42
3.10	Kaizen Teian	42
3.11	Realizar plan de mejora.....	43
3.12	Ejecutar proyectos Kaizen.....	44
3.13	Evaluar resultados obtenidos	45
3.14	Control del sistema	45
Capítulo 4 Análisis Experimental.....		46
4.1.	Comprometerse con la manufactura esbelta y la ergonomía (Ergo-Lean).....	46
4.2.	Conformar equipo de trabajo multidisciplinario.....	46
4.3.	Entrenar sobre conceptos básicos de manufactura esbelta, ergonomía y VSM-Ergo Integral	47
4.4.	Seleccionar familia de productos.....	47
4.5.	Identificar flujos de información y de material.....	48
4.6.	Realizar mediciones ergonómicas y productivas.....	49
4.6.1.	Toma de tiempos.....	49
4.6.2.	Rechazos de Calidad (RC).....	50
4.6.3.	Nivel de ruido (NR).....	51
4.6.4.	Nivel de iluminación (NI).....	53
4.6.5.	Factores de riesgo psicosocial (FRP-T)	55
4.6.6.	Molestias musculoesqueléticas (TME)	57

4.7.	Integrar información del estado actual	58
4.8.	Identificar áreas de oportunidad.....	59
4.9.	Definir estado futuro deseado.....	60
4.10.	Realizar Kaizen Teian	61
4.11.	Determinar plan de mejora	62
4.12.	Ejecutar plan de mejora	65
4.13.	Evaluar los resultados obtenidos	66
4.13.1.	Tiempo de ciclo.....	66
4.13.2.	Rechazos de calidad.....	67
4.13.3.	Factores de riesgo psicosocial.....	68
4.13.4.	Trastornos musculoesqueléticos.....	70
4.14.	Control del sistema	72
4.15.	Recomendaciones.....	72
Capítulo 5 Resultados y Discusión.....		74
5.1	Resultados finales	74
5.2	Conclusiones	76
5.3	Recomendaciones.....	77
5.4	Trabajos futuros	78
Referencias		79
Anexo A		92
Anexo B		96

Índice de Tablas

Tabla 1.1	Características estresantes del trabajo [57].	5
Tabla 1.2	Principales enfermedades laborales en México en 2018 [5].	11
Tabla 1.3	Tipo de instrumentos utilizados y factores ergonómicos analizados en el Ergo-VSM.	14
Tabla 1.4	Estratificación oficial de Micro, Pequeña y Mediana empresa en México [120].	16
Tabla 2.1	Principales símbolos de la metodología VSM.....	19
Tabla 2.2	Principales conceptos utilizados en la NOM-011-STPS-2001 [139].....	23
Tabla 2.3	Límites máximos permisibles de exposición de acuerdo a la NOM-011-STPS-2001[139].	23
Tabla 2.4	Exposición máxima en condiciones térmicas abatidas de acuerdo a la NOM-015-STPS-2001 [140].	24
Tabla 2.5	Exposición máxima en condiciones térmicas elevadas de acuerdo a la NOM-015-STPS-2001 [140].	25
Tabla 2.6	Niveles mínimos de iluminación para tarea visual definidos en la NOM-025-STPS-2008 [141].	26
Tabla 2.7	Requerimientos en relación con la cantidad de empleados de la NOM-035-STPS-2018 [142].	27
Tabla 2.8	Criterios para las acciones a realizar de acuerdo con la NOM-035-STPS-2018 [142].	27
Tabla 2.9	Nivel de acción requerido de acuerdo con la NOM-036-STPS-2018 [143].	29
Tabla 3.1	Número recomendado de ciclos de observación [153].	36
Tabla 3.2	Clasificación de los niveles para las restricciones.	43
Tabla 3.3	Matriz de análisis de ideas para la selección de proyectos.....	44
Tabla 3.4	Matriz de seguimiento a proyectos Kaizen.	45
Tabla 4.1	Resultado de la toma de tiempos en minutos y cálculo del indicador TC.	50
Tabla 4.2	Resultados de rechazos de calidad por proceso y cálculo del indicador RC.	51
Tabla 4.3	Nivel de ruido en producción.....	53
Tabla 4.4	Resultado de mediciones realizadas de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008.	54

Tabla 4.5 Cálculo del indicador NI.....	55
Tabla 4.6 Resultados promedios por área de la guía de referencia II.....	56
Tabla 4.7 Cálculo del indicador FRT-P para cada área.....	57
Tabla 4.8 Resultados de empleados que presentaron molestias musculoesqueléticas.....	58
Tabla 4.9 Distribución de rangos de valores del Ergo-VSM Integral.	59
Tabla 4.10 Principales ideas aportadas por el personal de producción y diseño.....	61
Tabla 4.11 Matriz de análisis de ideas para la selección de proyectos.....	64
Tabla 4.12 Matriz de proyectos indicando su avance.	66
Tabla 4.13 Comparación de resultados obtenidos por área en el año 2020 contra el 2021.	69
Tabla 4.14 Comparación de promedios generales del área de producción por dominio en el 2020 contra el 2021... 70	

Índice de Figuras

Figura 1.1 Casos de hipoacusias en México, periodo 2011-2018 [5].	8
Figura 1.2 Tendencia de enfermedades laborales en México, periodo 2011-2018 [5].....	10
Figura 1.3 Distribución de sector manufacturero en Baja California 2020 por establecimiento económico [128]... 17	
Figura 2.1 Diagrama para identificar regiones que presentan dolor NOM-036-STPS-2018 [143].....	29
Figura 3.1 Ciclo de la metodología VSM-Ergo Integral.....	31
Figura 3.2 Mapa de flujos de información y material.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.3 Estado actual del Ergo-VSM.	41
Figura 3.4 Estado futuro deseado del Ergo-VSM.....	42
Figura 4.1 Mapa de flujo de información y material.	49
Figura 4.2 Puntos de medición de ruido en el área de producción.	52
Figura 4.3 Puntos de medición seleccionados de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008.....	54
Figura 4.4 Estado actual del proceso de producción metalmecánico.....	59
Figura 4.5 Estado futuro deseado del VSM-Ergo Integral.	60
Figura 4.6 Comparación de los rechazos de calidad en 2020 contra 2021.....	67
Figura 4.7 Comparación de resultados de la guía de referencia II en 2020 y 2021.	68
Figura 4.8 comparación de resultados del cuestionario nórdico en 2020 y 2021.	71
Figura 4.9 Tendencia del tiempo extra en horas en la MIPyME.	71

Índice de Ecuaciones

Ecuación 3.1 Porcentaje de tiempo de ciclo del área analizada.....	36
Ecuación 3.2 Porcentaje de rechazos de calidad del área analizada.....	37
Ecuación 3.3 Porcentaje de zonas con un NER mayor a 90 dB(A) del área analizada.	38
Ecuación 3.4 Porcentaje de zonas con temperatura fuera de los límites permitido en el área analizada.	38
Ecuación 3.5 Porcentaje de zonas que no cumplen con los niveles de iluminación en el área analizada.	39
Ecuación 3.6 Calificación promedio de FRP-T en el área analizada.	39
Ecuación 3.7 Porcentaje de empleados con TME en el área analizada.	40
Ecuación 4.1 Promedio del punto de medición [139].	52
Ecuación 4.2 Nivel de exposición al ruido [139].....	52

Resumen

El objetivo de la investigación realizada es el desarrollar una metodología VSM-Ergo Integral para el sector metalmecánico, la cual permita identificar el estado actual de las condiciones operativas y ergonómicas de los procesos de producción, buscando proponer un plan de mejora para reducir los riesgos ergonómicos identificados e incrementar la productividad del proceso.

El VSM-Ergo Integral complementa el VSM de la manufactura esbelta al conservar indicadores del proceso como lo son los defectos de calidad y el tiempo de ciclo del proceso, e incluir indicadores que de forma integral analizan los riesgos ergonómicos físicos, del medio ambiente y psicosociales relacionados con el trabajo, a los que están expuestos los empleados del proceso de producción analizado.

La metodología desarrollada toma los instrumentos de medición ergonómicos definidos por la normatividad oficial, permitiendo así a las empresas y equipos de trabajo comprenderlas y aplicarlas en los centros de trabajo bajo un análisis que les permitirá identificar las áreas de oportunidad de sus procesos.

La implementación de la metodología VSM-Ergo Integral consiste en 14 pasos: 1) comprometerse con la manufactura esbelta y la ergonomía (Ergo-Lean), 2) conformar equipo de trabajo multidisciplinario, 3) entrenar sobre conceptos básicos de manufactura esbelta, ergonomía y el VSM-Ergo Integral, 4) seleccionar una familia de productos, 5) identificar flujos e información y de material, 6) realizar mediciones ergonómicas y productivas, 7) integrar información del estado actual, 8) identificar áreas de oportunidad, 9) definir el estado futuro deseado, 10) realizar Kaizen Teian, 11) determinar plan de mejora, 12) ejecutar proyectos Kaizen, 13) evaluar resultados obtenidos y 14) control del sistema.

Se implementó el VSM-Ergo Integral en una MIPyME metalmecánica, presentando resultados de mejoría del 11.8% global en los factores de riesgo psicosocial, así como un incremento en la productividad del 4.4%, al reducir el tiempo de ciclo general 1.96 horas y una disminución del 20% global de los rechazos de calidad reportados.

Se considera factible la implementación del VSM-Ergo Integral en empresas grandes y/o con distintas actividades, con ajustes que dependen de la situación de la organización pero que no afectan el objetivo de la metodología.

Abstract

The objective of the present study is to develop a VSM-Ergo Integral methodology for the metalworking sector, which allows to identify the current state of the operational and ergonomic conditions of the production processes, seeking to propose an improvement plan for reduce the ergonomic risks identified and increase the productivity of the process.

The VSM-Ergo Integral complements the VSM for lean manufacturing by preserving process indicators such as quality rejects and process cycle time, including indicators that analyze physical, environmental, and psychosocial ergonomic risks related to work, to which the employees of the analyzed production process are exposed.

The methodology developed takes the ergonomic measurement instruments defined by official regulations, thus allowing companies and work teams to understand and apply them in the work centers under an analysis that will allow them to identify the areas of opportunity in their processes.

The implementation of the VSM-Ergo Integral methodology consists of 14 steps: 1) commitment to lean manufacturing and ergonomics (Ergo-Lean), 2) form a multidisciplinary teamwork t, 3) train on basic concepts of lean manufacturing, ergonomics and VSM-Ergo Integral, 4) select a products family , 5) identify information and material flows, 6) perform ergonomic and productive measurements, 7) integrate current information, 8) identify areas for improvement, 9) define future state, 10) perform Kaizen Teian, 11) determine an improvement plan, 12) execute Kaizen projects, 13) results evaluation 14) system control.

The VSM-Ergo Integral implemented in a metalworking MSME, obtained improvement results of 11.8% overall in psychosocial risk factors, as well as an increase in productivity of 4.4%, by reducing the general cycle time of 1.96 hours and a decrease 20% overall of quality rejects.

The implementation of the VSM-Ergo Integral in large companies or different manufacturing process is considered feasible, with adjustments will be determined by the current situation of the organization, without affecting the objective of the methodology.

Objetivo

Desarrollar una metodología VSM-Ergo Integral para aplicarse en empresa metalmecánica, la cual permita identificar el estado actual de las condiciones ergonómicas y operativas en el área de producción, buscando proponer un plan de mejora para reducir los riesgos ergonómicos e incrementar la productividad.

Metas

1. Definir los instrumentos ergonómicos a utilizar, incluyendo la normatividad oficial.
2. Desarrollo de la metodología VSM-Ergo Integral.
3. Aplicación de la metodología VSM-Ergo Integral en empresa metalmecánica.
4. Recomendaciones a la empresa metalmecánica a través del plan de mejora.

Hipótesis

El implementar la metodología VSM-Ergo Integral para conocer el estado actual del área de producción, permitirá definir el estado futuro y así, establecer un plan de mejora que logre optimizar sus indicadores ergonómicos y operativos.

Justificación

Las enfermedades laborales son causa de sufrimiento y pérdidas para los empleados, las empresas, los fondos de salud pública y la sociedad en general [1]. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) calcula que cada año se producen dos millones de muertes debido a las enfermedades provocadas en los centros de trabajo [2].

A nivel mundial el 40% de estos padecimientos se encuentran relacionados con los Trastornos musculoesqueléticos (TME) [3], mientras que enfermedades relativamente nuevas como el estrés o los trastornos mentales van en aumento y enfermedades como la neumoconiosis, padecimiento relacionada con el asbesto, continua afectando fuertemente a los empleados [2].

En México la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) estima que el costo anual por estos padecimientos es del 4% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional [4]. El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) registra un incremento en los dictámenes de enfermedades laborales del 20% en promedio en el periodo 2011-2018, siendo las principales enfermedades los TME y la pérdida auditiva [5].

Aun cuando México cuenta con normatividad para regular las condiciones laborales de los empleados, la STPS considera que los riesgos y peligros al trabajar en una micro, pequeña y mediana empresas (MIPyMES) son mayores que en las grandes empresas, debido a los recursos limitados y a que se considera que la mayoría de las MIPyMES no están adecuadas completamente a la legislación de la STPS [4].

Este tipo de empresas, son los motores de la economía local y la mayor fuente de empleo a nivel mundial [6]. La falta de recursos en las MIPyMES no solo aumenta los riesgos laborales, también se relaciona con falta de monitoreo en indicadores claves del desempeño [7] y con dificultad para implementar herramientas de mejora en sus procesos [8], [9]. Todas estas situaciones dificultan el crecimiento en este tipo de empresas.

Un sistema que ha demostrado que conduce a las organizaciones que lo aplican correctamente a mejorar sus niveles de eficiencia en los procesos es la manufactura esbelta [10]. Esta metodología de mejora continua permite adaptarla con éxito a las necesidades de cualquier tipo de empresa, lo que lo ha llevado a continuar vigente [11].

Los indicadores claves de la manufactura esbelta son puramente económicos [12], por lo cual se ha identificado que esta metodología no considera las implicaciones que los procesos tienen para los empleados [13]. Es por eso que estudios demuestran que la aplicación rigurosa de la manufactura esbelta, puede asociarse al incremento de trastornos musculoesqueléticos (TME), así como de estrés laboral para los trabajadores [13]–[16].

La eliminación de actividades en los procesos, por considerar que no agregan valor al producto, puede generar factores de riesgo ergonómicos para el trabajador, ya que en ocasiones estas actividades representan periodos de recuperación tanto física como mental [13], [14], [17]. Debido a estos riesgos detectados, se considera que el análisis del factor humano, debe estar presente en la implementación de la manufactura esbelta [18].

Con el objetivo de incluir la ergonomía en la manufactura esbelta, surge el concepto de un

Un Mapa de Flujo de Valor (VSM) con análisis ergonómico, conocido generalmente como Ergo-VSM [19]. El complementar el VSM con la ergonomía, busca generar conciencia en quien diseña los procesos, los cuales rara vez comprenden el impacto que tienen en los empleados [20].

Aun cuando la manufactura esbelta nace en el sector industrial, específicamente en el automotriz [21], los estudios de aplicación del Ergo-VSM, se han realizado principalmente en hospitales de países que integran el consejo nórdico [22]–[25], enfocándose en analizar factores de riesgos físicos y psicosociales de los trabajadores del sector salud [26]. En el sector industrial, los estudios se centran en identificar factores de riesgo físico, relacionado con las posturas y cargas que realiza el empleado [27]–[29].

Entre los beneficios identificados al aplicar el Ergo-VSM; se destaca el lograr mejoras ergonómicas que no afectan la productividad [30], reducir los efectos negativos que puede tener la aplicación de la manufactura esbelta en la calidad de vida de los empleados [31], así como fomentar el aporte de ideas de mejora por parte del personal [26].

La metodología VSM-Ergo Integral se desarrolla para lograr una visión global de los riesgos ergonómicos a los que están expuestos los empleados, integrando análisis del medio ambiente físico, molestias musculo esqueléticas y factores de riesgo psicosocial, sin dejar de lado indicadores del proceso de producción, lo cual nos permite analizar el proceso desde una perspectiva de mejorar la productividad de la empresa sin descuidar los riesgos ergonómicos a los que se exponen los empleados.

Alcances y limitaciones

El análisis experimental de la metodología VSM-Ergo Integral se realizó en una MIPyME metalmecánica de la ciudad de Mexicali Baja California. Las actividades que se realizan son de forma artesanal, los procesos no se encuentran estandarizados y las principales tareas son el maquinado de material y la soldadura. El área de producción no es un espacio cerrado, por lo cual las condiciones climáticas lo afectan directamente.

Debido a la pandemia por coronavirus (Covid-19) el análisis experimental de la metodología se realizó solamente en una MIPyME metalmecánica, iniciando de manera presencial, pero por las restricciones se continuó trabajando a distancia con la empresa, en las últimas etapas de implementación.

Capítulo 1 Estado del arte

En este capítulo se analiza a la manufactura esbelta; sus inicios, sus objetivos y su relación con el incremento en los trastornos musculoesqueléticos y factores de riesgo psicosocial, cada uno de estos padecimientos también es desarrollado, así como el medio ambiente físico del trabajo y los principales factores ambientales presentes: temperatura, ruido e iluminación.

Se presenta información sobre las enfermedades laborales y las cifras de estos padecimientos en México. Se explica los orígenes de la ergonomía y sus campos de especialización, así como la metodología Ergo-VSM. Además, se analiza la industria metalmecánica con respecto al campo de aplicación del VSM-Ergo Integral, la realidad de las MIPyMES y el sector industrial en Baja California.

1.1. Manufactura esbelta

La manufactura esbelta (Lean Manufacturing en inglés) se desarrolló en la empresa automotriz japonesa Toyota [32]. Después de la segunda guerra mundial la situación económica era muy complicada en Japón, este reto de sobrevivencia impulsó a Toyota a enfocarse en la reducción de costos y mejora de sus proceso, el éxito del sistema de producción marcó la diferencia en el mundo de la ingeniería industrial y la manufactura a nivel mundial [33].

La publicación del libro “La máquina que cambio el mundo” por Womack, Jones y Ross en 1991, provocó un evolución de la manufactura esbelta, así como su reconocimiento mundial como una práctica altamente beneficiosa para las organizaciones [34]. En la actualidad ha sido adoptada por diversos países y empresas debido a sus resultados exitosos en mejorar la calidad y reducir costos en los empresas [35]–[37].

La manufactura esbelta se basa en la eliminación de las actividades que no agregan valor al proceso, conocido también como desperdicios [38]. Los desperdicios se clasifican dentro de los siguientes categorías: sobreproducción, esperas, transporte, sobre procesamiento, inventarios, defectos y movimientos innecesarios [39]. En los últimos años se ha incluido un octavo desperdicio a la lista: el desaprovechamiento del talento humano [40].

La reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor permite reducir el uso de; insumos, equipo o material relacionados con el proceso de producción [8]. Obteniendo beneficios como la disminución del tiempo de entrega al cliente, costos de producción e inventarios, así como el incrementar la calidad de los productos [32], [35], [41].

La ejecución de la manufactura esbelta en las empresas se logra a través de aplicar diversas técnicas [11]. Se considera que existen cerca de 100 herramientas que se pueden utilizar para su implementación en las organizaciones [34]. El obtener resultados positivos con esta metodología se relaciona con la autenticidad de los datos recolectados, la participación positiva del personal, así como la correcta selección de la técnica que se utilizará para mejorar el proceso [35].

1.1.1. Manufactura esbelta en la actualidad

En la actualidad, se ha identificado que la adopción de la manufactura esbelta sin considerar la seguridad y salud de los empleados puede afectar la calidad de vida de los trabajadores [14], [19], [37], [42], [43]. Estas afectaciones se relacionan principalmente con el incremento de TME y factores de riesgo psicosocial en el trabajo (FRP-T) [13]–[15].

El incremento de TME se relaciona con actividades repetitivas o posturas críticas para los empleados, que resultan de aplicar mejoras productivas a los procesos [13], [15]. La eliminación de movimientos ineficientes en los empleados, por considerar que no agregan valor al producto, pueden generar factores de riesgo ergonómicos, debido a que en ocasiones, para el trabajador estas actividades representan periodos de recuperación tanto física como mental [13], [14], [17].

Los factores de riesgo psicosocial se pueden presentar con el incremento del estrés laboral relacionado con la reducción del tiempo de ciclo de los procesos, disminución de recursos disponibles para realizar las actividades [14], [31]. La intensificación de las actividades laborales también puede repercutir en un entorno laboral negativo para las organizaciones que implementan la manufactura esbelta [24], [44].

La manufactura esbelta no considera en su metodología y herramientas el análisis de las condiciones laborales, debido a que su enfoque es el mejorar procesos y reducir desperdicios productivos [13]. Por otra parte, se considera que las empresas no incluyen la salud y seguridad de

los empleados por falta de conocimiento, costo de la aplicación o por separar las condiciones laborales de los objetivos de la organización [43].

La identificación de riesgos tanto físicos como psicosociales para los empleados ha impulsado la integración de la ergonomía con la manufactura esbelta [13], [18], [45]–[48]. En ocasiones refiriéndose a esta unión con el termino Ergo-Lean [31], [49]. Entre las ventajas de esta unión se destaca; la reducción de defectos, reducir los niveles de riesgo en las operaciones, así como mejorar la producción [31], [45], [48], [50].

Una propuesta novedosa es la de Dombrowski et al. [51], al plantear la inclusión de la ergonomía y seguridad laboral como un principio más en la manufactura esbelta, considerando así un desperdicio aquellas actividades no ergonómicas o inseguras, debido a que un trabajo con esas deficiencias puede resultar en ausencias laborales de los empleados y costos relacionados.

1.2. Trastornos musculoesqueléticos

Los TME son definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS); como aquellos problemas de salud del aparato locomotor: músculos, tendones, esqueleto óseo, cartílagos, ligamentos y nervios, que va desde las molestias leves y pasajeras hasta las lesiones irreversibles e incapacitantes [52].

Este tipo de padecimientos pueden generar dolor y sufrimiento para la persona que lo padece, así como disminución de la productividad o calidad en el trabajo y en algunos casos discapacidad laboral [53], [54]. Los TME son uno de los principales motivos de incapacidad laboral a nivel mundial [55]. Representando el 40% de los costos de compensación global por lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo [3].

El aumento en los últimos años a nivel mundial se relacionan con el incremento en el trabajo sedentario y las deficientes condiciones ergonómicas en los centros de trabajo [3], [56], así como con el esfuerzo físico realizado durante la jornada laboral [52]. Pero estos no son los únicos contribuidores, estudios indican que los factores de riesgo psicosocial, relacionados con el estrés laboral, pueden propiciar el desarrollo de TME en los empleados [57], [58].

1.3. Factores de riesgo psicosocial en el trabajo

Los factores de riesgo psicosocial en el trabajo (FRP-T) se definieron por la OMS y la OIT como: “Aquellos factores que consisten en interacciones entre el trabajo, su medio ambiente, la satisfacción en el trabajo y las condiciones de su organización, por una parte, y por la otra, las capacidades del trabajador, sus necesidades, su cultura y su situación personal fuera del trabajo, todo lo cual, a través de percepciones y experiencias, pueden influir en la salud y en el rendimiento y la satisfacción en el trabajo” [59]. Por su parte Cox et al. [60], simplifican el concepto, al definirlos como aquellos aspectos del diseño del trabajo, de su gestión y organización, así como sus contextos ambientales y sociales, que potencialmente pueden acarrear daños físicos o psicológicos.

Los FRP-T cuentan con una clasificación de diez elementos, que, bajo ciertas condiciones, se pueden volver factores de riesgo para el empleado, conocidos también como características estresantes del trabajo [57], [58], [61]. La tabla 1.1 nos indica estos diez elementos de riesgo que se relacionan con las condiciones del trabajo, las relaciones y la organización laboral, así como las condiciones en que cada uno de esos factores se puede volver de riesgo para el empleado.

El trabajo se puede percibir como estresante, cuando el empleado se enfrenta a demandas o presiones que no corresponden a sus conocimientos y habilidades, las cuales desafían su capacidad de resistirlas [62]. Se considera que la primera respuesta del empleado ante uno o más FRP-T es el estrés laboral [57], [58].

Niveles elevados de estrés pueden desencadenar mayores problemas en la salud física y mental del empleado, los principales trastornos mentales relacionados con el estrés laboral son; agotamiento (físico y mental), ansiedad o depresión [57]. El estrés laboral también se relaciona con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares o TME por parte del trabajador [62].

Para las organizaciones, los FRP-T representan: mayor absentismo, perturbación de las relaciones laborales, baja motivación laboral, aumento de la rotación del personal, baja creatividad y satisfacción laboral. Estos problemas tienen efectos negativos en la productividad, en costos (directos e indirectos) y en la competitividad de la empresa [57], [62].

Los cambios en las empresas, las relaciones laborales, el aumento de las presiones para satisfacer las demandas de la vida actual, entre otros, provocan un incremento en el número de casos de trastornos mentales, asociados con el estrés laboral a nivel mundial [3]. Este incremento identifica

a los FRP-T como un gran reto para las organizaciones y los profesionales de la salud laboral [61], [63]. Es por eso que las autoridades relacionadas con las condiciones laborales, han desarrollado políticas de prevención para este tipo de riesgos laborales [64].

Tabla 1.1 Características estresantes del trabajo [57].

Categoría	Condiciones	Categoría	Condiciones
Carga de trabajo / Ritmo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de carga de trabajo. • Falta de control sobre el ritmo. • Niveles elevados de presión en relación con el tiempo. 	Horario de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en turnos. • Horarios inflexibles. • Horas impredecibles • Horarios largos.
Diseño de las tareas	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de variedad o ciclos de trabajo cortos. • Trabajo fragmentado o sin sentido. • Desaprovechar capacidades. • Gran incertidumbre 	Entorno de trabajo y equipo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas relacionados con la fiabilidad. • Disponibilidad. • Adecuación y mantenimiento de equipos e instalaciones.
Función y cultura organizativa	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación pobre. • Niveles bajos de apoyo para resolver problemas y el desarrollo personal. • Falta de definición de los objetivos organizativos. 	Latitud de decisión / Control	<ul style="list-style-type: none"> • Baja participación en la toma de decisiones. • Falta de control sobre sus tareas.
Papel en la organización	<ul style="list-style-type: none"> • Ambigüedad y conflicto de funciones. • Responsabilidad por otras personas. 	Relaciones interpersonales en el trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento social o físico. • Escasa relación con los superiores. • Conflictos interpersonales. • Falta de apoyo social.
Desarrollo profesional	<ul style="list-style-type: none"> • Estancamiento profesional e inseguridad. • Promoción excesiva o insuficiente. • Salarios bajos. • Inseguridad laboral. • Escaso valor social del trabajo. 	Conciliación de la vida y la personal.	<ul style="list-style-type: none"> • Conflicto entre las exigencias del trabajo y las del hogar. • Escaso apoyo en el hogar. • Problemas de dualidad de carreras.

1.4. Medio ambiente físico

La OMS define el medio ambiente físico del trabajo como la parte de los recursos del espacio de trabajo que pueden detectarse mediante el monitoreo humano o electrónico e incluye la estructura, aire, maquinaria, equipo, químicos y procesos que se realizan o están presentes en el espacio de trabajo y que pueden afectar la seguridad física o mental, la salud y el bienestar de los empleados [65].

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) considera como factores ambientales físicos de riesgo: las radiaciones ionizantes y no ionizantes, las radiaciones ópticas peligrosas, los campos eléctricos o magnéticos, el ruido y la vibración, así como los valores extremos de temperatura y humedad [66]. Los principales factores considerados por la ergonomía son la temperatura, el ruido, las vibraciones y la iluminación en los centros de trabajo [67], [68].

La interacción entre los trabajadores y los factores ambientales que los rodean en el centro de trabajo es continua y dinámica, esta relación provoca diversas respuestas fisiológicas y psicológicas por parte de los empleados [69]. El mantener niveles adecuados en los factores del medio ambiente físico en el trabajo permite obtener al empleado un nivel de confort, bienestar, seguridad y satisfacción [67], [70]. Así como relacionarse con un incremento en la productividad de la organización [69], [71] Por lo tanto, analizar y mejorar el entorno de trabajo debe ser un tema esencial y urgente para las empresas [72].

1.4.1. Temperatura

El cuerpo humano debe mantener una temperatura alrededor de los 37°C para funcionar de manera normal, este equilibrio solo se logra con el intercambio constante de calor entre el cuerpo y el medio ambiente. La cantidad de calor que se debe intercambiar depende del calor producido por el cuerpo con la actividad física realizada y el calor recibido del ambiente [73].

La exposición a temperaturas extremas, frías o calientes, en el centro de trabajo se considera un factor de riesgo laboral físico; trabajar bajo este tipo de temperaturas puede tener consecuencias en el rendimiento y salud de los empleados [74].

Una temperatura mayor a 39°C puede reducir la capacidad de muchas personas para trabajar, debido a que algunos grupos de empleados son más vulnerables que otros al sufrir los

efectos del estrés por calor aun con temperaturas más bajas; principalmente, los trabajadores de edad avanzada presentan una menor resistencia fisiológica a las altas temperaturas, pero este grupo representa cada vez una proporción mayor de empleados [73].

El estrés por calor se refiere a un exceso de calor en el cuerpo por encima de los niveles que este puede tolerar sin deteriorar sus capacidades fisiológicas [75]. El calor es uno de los factores físicos ambientales que más puede afectar al mundo laboral, los empleados expuestos presentan en un inicio incomodidad como fatiga y sudoración, en condiciones extremas esta incomodidad se convierte un factor de riesgo para la salud [76].

La exposición a una baja temperatura pone en peligro el equilibrio térmico del cuerpo, aumentando el nivel de estrés y riesgo de accidentes para el empleado [77]. A medida que se pierde calor en el cuerpo se incrementan las molestias y gradualmente se traduce en una sensación de dolor para la persona que lo experimenta [78]. Las funciones fisiológicas y los tiempos de reacción de las personas son más lentos cuando están expuestos al frío, también la ropa gruesa interfiere con sus movimientos por lo cual se considera que se podría aumentar la productividad al mejorar estos entornos de trabajo [79].

1.4.2. Ruido

El ruido es un sonido indeseable y desagradable que causa incomodidad a los seres vivos y está compuesto por ondas de sonido generadas a partir de una o más fuentes [80]. El ruido afecta a los humanos física y psicológicamente [81]. La exposición a este tipo de sonidos es la segunda causa más importante de pérdida auditiva, solo por debajo del proceso de envejecimiento [82].

Una consecuencia no deseada, generada por los procesos de fabricación en la industria manufacturera, es el ruido [82]. Se considera que los trabajadores industriales es el grupo con mayor exposición a este riesgo [80], debido principalmente al nivel de sonido producidos por los equipos, los cuales puede causar graves daños a la salud de los trabajadores [81].

La intensidad del ruido se mide en decibelios (dB). Alrededor de 10 dB es el umbral de la audición humana y el dolor surge en el rango de 130 a 140 dB [80]. Los ruidos con un nivel de presión superior a 85 dB tienen efectos como la pérdida auditiva temporal y en algunos casos, dependiendo de la intensidad y el tiempo de exposición, puede ser permanente. La OIT establece los 85 dB como límite de advertencia y 90 dB como límite de peligro [81].

La exposición al ruido no solo aumenta el riesgo de pérdida auditiva, ya que está relacionado con dificultad para dormir, dolores digestivos, fatiga, irritabilidad y presión arterial alta. Además, puede tener un impacto negativo en el desempeño de las actividades de los trabajadores, debido a la falta de concentración que pueden provocar este tipo de sonido [83].

En países desarrollados se estima que el 34% del total de enfermedades laborales, están relacionadas con la pérdida auditiva ocasionada por el ruido, siendo el sector metalmecánico el que más contribuye con este tipo de enfermedades con un 41% de los casos [72]. En países centroamericanos como Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, se estima que entre el 18 y 26% de los trabajadores están expuestos a niveles de ruido alto, durante al menos una cuarta parte del tiempo que pasan en el trabajo [83].

En México, datos del IMSS indican que las enfermedades relacionadas con la pérdida auditiva (Hipoacusia) incrementaron un 60% del 2011 con 1,388 reportes a 2,230 en el 2018. La figura 1.1 muestra la tendencia de este padecimiento en los trabajadores mexicanos.

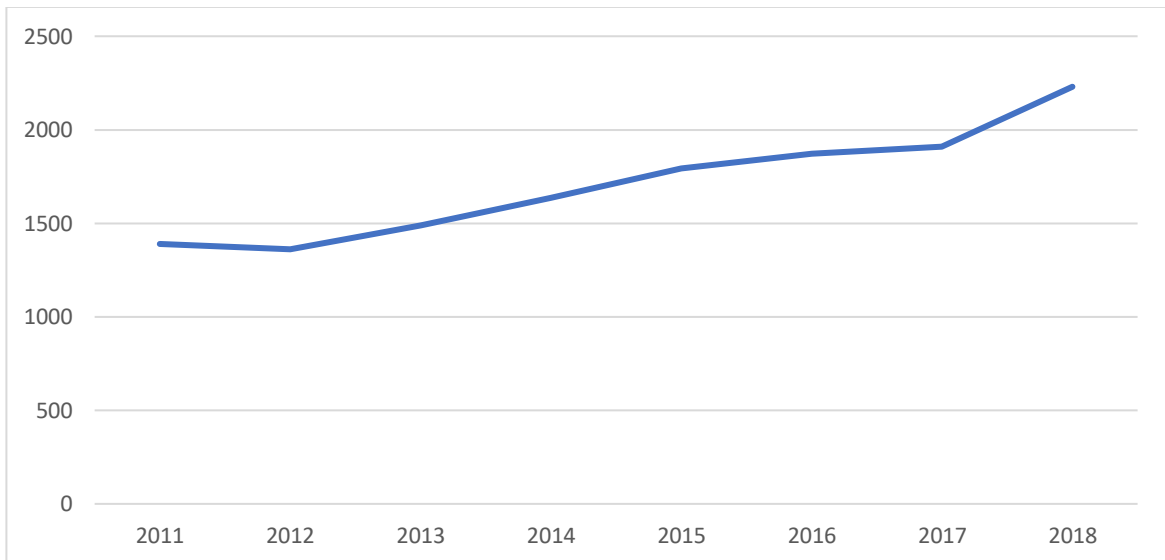


Figura 1.1 Casos de hipoacusias en México, periodo 2011-2018 [5].

1.4.3. Iluminación

Se estima que el 80% de la información que reciben las personas es por medio de los patrones visuales, lo cual indica el importante papel que tiene la visión en las actividades diarias, convirtiendo así la iluminación en un componente clave para los lugares de trabajo [84]. Aunque el ojo humano tiene una gran capacidad para adaptarse a las diferentes calidades de iluminación, una deficiencia en las mismas puede producir fatiga visual para el empleado [85].

Una iluminación deficiente o excesiva puede provocar dolores de cabeza, estrés o accidentes para los empleados que realizan sus tareas en estas condiciones [86]. Además, la productividad también se puede ver reducida o se pueden generar errores en las actividades realizadas [67].

Se considera que la iluminación es eficaz cuando permite al empleado ver los detalles de su tarea de forma fácil y precisa [84]. Una iluminación correcta en el lugar de trabajo puede tener una relación positiva con la productividad y la reducción de defectos de calidad [86]. En grupos de edades avanzadas se suele requerir mayor iluminación para realizar sus actividades correctamente, así como dependiendo de la rapidez y repetitividad de la tarea mayor iluminación se requiere [84].

1.5. Enfermedades laborales

La OIT define como “enfermedad laboral” toda enfermedad contraída por la exposición a factores de riesgo que resulten de la actividad laboral [87]. Un padecimiento se diagnosticará clínicamente como enfermedad laboral después de realizar análisis y evaluaciones, tanto a la persona que lo padece como al centro de trabajo [2].

Las enfermedades laborales ocasionan gran sufrimiento y grandes pérdidas a nivel mundial, comparado con los accidentes en el trabajo, los padecimientos de este tipo ocasionan seis veces más defunciones anuales [2]. Cifras de la OIT indican que cada año se registran cerca de 160 millones de casos de enfermedades no mortales relacionadas con el trabajo y lamentablemente alrededor de 2 millones de personas mueren a causa de enfermedades laborales [3].

Los padecimientos del trabajo conllevan un costo considerable para la población en general; pueden empobrecer al empleado que la padece, reducir la productividad y capacidad de

trabajo de las empresas, así como incrementar drásticamente el gasto en salud pública [2]. La OIT estima una pérdida anual del 4% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial debido a los costos directos e indirectos de las enfermedades laborales [3].

Los factores que más contribuyen al desarrollo de enfermedades laborales son: las condiciones ergonómicas deficientes, gases, humo y ruido. Estos factores se relacionan con las enfermedades no transmisibles, los riesgos psicosociales y el estrés laboral, padecimientos que cada vez afectan más a los trabajadores en el mundo [88].

1.5.1. Estadísticas en México

En México el responsable de valorar y calificar las enfermedades como laborales, es el Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS), el cual se basa en la tabla de Enfermedades de Trabajo y en la de Valuación de Incapacidades Permanentes, para realizar este tipo de dictámenes [49]. En el periodo 2011-2018, las enfermedades laborales se incrementaron en promedio 20% por año (ver figura 1.2), pasando de 4,853 casos en el 2011 a 15,182 registros en el 2018.

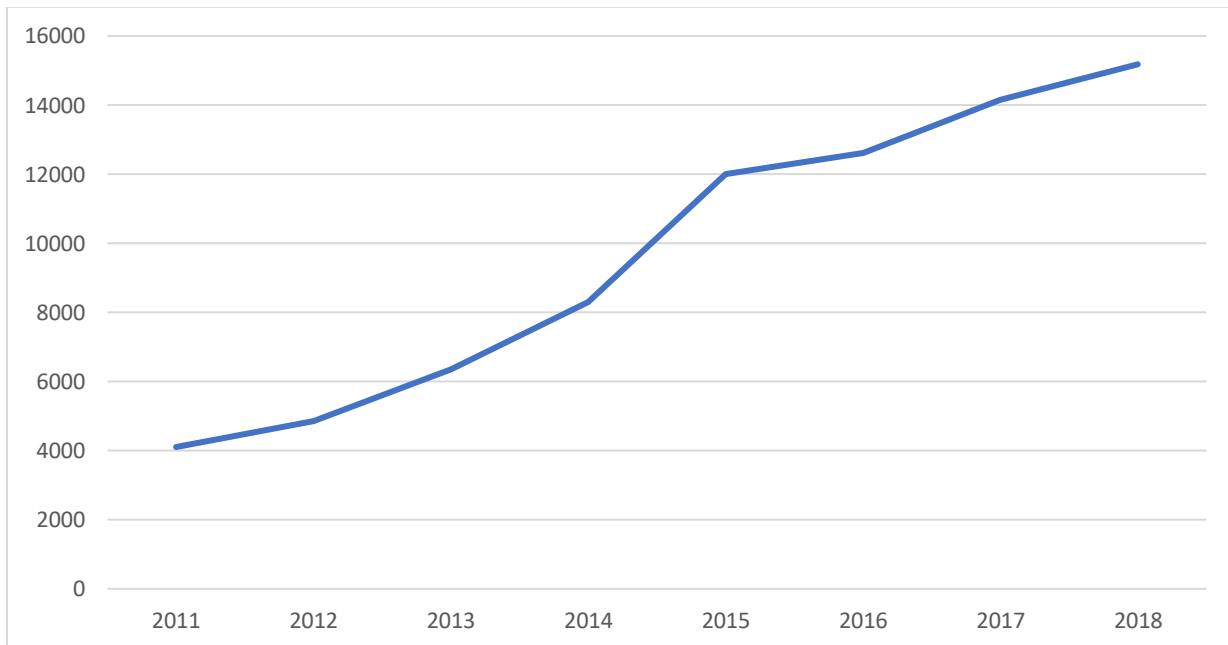


Figura 1.2 Tendencia de enfermedades laborales en México, periodo 2011-2018 [5].

Las estadísticas en México durante el 2018 (ver Tabla 1.2), indican una necesidad de analizar las actividades que realizan los empleados para identificar las tareas de riesgo que desencadenan los TME al representar el 42% de los padecimientos laborales durante ese año. Las principales molestias del aparato locomotor se relacionan con el dolor en la espalda (17.4%), molestias en los tendones (5.8%), síndrome del túnel carpiano (5.4%), lesiones en hombro (4.5%), molestias en pulgares (3.1%), inflamación en coyunturas (2.7%), desgaste en cartílago (2%) y afecciones en codo (1.4%).

La pérdida auditiva de uno o ambos oídos con un 14.7% de afectación, se relaciona directamente con los niveles de ruido en el trabajo, es por ello que las condiciones del medio ambiente físico se deben continuar estudiando. Las afectaciones en uno o ambos ojos (7.3%), conforme a lo indicado por el IMSS se relaciona con la exposición visual a pantallas por más de 5 horas al día [89]. Los factores psicosociales del trabajo se relacionan directamente con los trastornos mentales que afectan al 1.1% del total de personas con enfermedades laborales en 2018.

Tabla 1.2 Principales enfermedades laborales en México en 2018 [5].

Enfermedades laborales relacionadas con trastornos musculoesqueléticos					
Enfermedad	Detalle	Porcentaje	Enfermedad	Detalle	Porcentaje
Dorsopatías	Afecciones de la espalda [90].	17.4%	Entesopatías	Malestares relacionados con tendones [53].	5.8%
Síndrome del túnel carpiano	Compresión del nervio mediano de la muñeca [55].	5.4%	Lesiones del hombro	Molestias en el hombro.	4.5%
Tenosinovitis	Inflamación de tendones en pulgares [91].	3.1%	Sinovitis y bursitis	Inflamación de coyuntura [92]	2.7%
Artrosis	Desgaste del cartílago articular [93].	2%	Epicondilitis	Afecciones del codo [94].	1.4%
Enfermedades del trabajo de otro tipo					
Enfermedad	Detalle	Porcentaje	Enfermedad	Detalle	Porcentaje
Hipoacusias	Incapacidad total o parcial para escuchar en uno o ambos oídos [95].	14.7%	Otros	No especificado	10.8%
Enfermedad del ojo	No especificado	7.3%	Trastornos mentales y del comportamiento	Alteraciones en el pensamiento, la percepción, las emociones, la conducta y relaciones con lo demás [96].	1.1%

1.6. Ergonomía

La ergonomía es una ciencia multidisciplinaria que estudia las habilidades y limitaciones del ser humano, relevantes para el diseño de herramientas, máquinas y sistemas. Su objetivo es hacer seguro y eficaz el desarrollo de la actividad humana, en su sentido más amplio [97].

La palabra proviene de las palabras griegas “ergon” y “nomos”, que significan “trabajo” y “ciencia o estudio de”, respectivamente, lo que se puede traducir como la ciencia del trabajo [39]. Tiene sus orígenes en el año de 1857, siendo Woitej Yastembowky el primero en utilizar el término. Pero no fue hasta 1949, cuando se fundó la Sociedad de investigación en ergonomía (Ergonomics Research Society), que se utilizó el termino con su significado actual [98].

En 1970, distintas disciplinas como la Psicología, Economía, Medicina e Ingeniería se sumaron para aportar conocimientos relativos al hombre en su ambiente laboral, siendo necesarios para el diseño de equipos, herramientas y dispositivos generales que puedan ser utilizados con mayor comodidad, seguridad y eficiencia [99].

La Organización Internacional de Ergonomía (International Ergonomics Association o IEA) [100], divide esta ciencia en tres campos de especialización:

- a) Cognitivo: Se ocupa de los procesos mentales; como la percepción, memoria, razonamiento y respuesta motora, enfocado en la carga de trabajo mental y estrés laboral.
- b) Organizacional: Los temas relevantes son la optimización de los sistemas sociotécnicos sus estructuras, políticas y procesos organizativos.
- c) Físico: Relacionado con las características físicas del ser humano y la actividad que realiza. Los temas relevantes incluyen posturas de trabajo, manejo de materiales, movimientos repetitivos y TME relacionados con el trabajo, así como la seguridad e higiene.

A nivel mundial, la ergonomía se ha convertido en un tema relevante para las empresas de manufactura, generado por la promulgación de leyes en distintos países, que exigen a las empresas a identificar y reducir sus riesgos ergonómicos [101]. Los esfuerzos se han enfocado principalmente a los TME debido al costo que este tipo de padecimientos ocasiona a nivel mundial [102].

1.7. Ergo-VSM

El concepto de Ergo-VSM se definió por primera vez en 2004 por Mathiassen et al. [20], como un complemento de la metodología VSM para resaltar indicadores ergonómicos en los sistemas de producción. Nace al identificar que tanto el VSM como la manufactura esbelta, no cuenta con consideraciones ergonómicas en sus análisis; esta deficiencia puede resultar en una intensificación del trabajo, aumentando así los riesgos ergonómicos que conducen a incapacidades laborales de los empleados [103].

El Ergo-VSM se centra en la herramienta participativa del VSM [104], al enfocarse en fomentar la inclusión de personas de todos los grupos de trabajo, buscando la aportación activa del personal en la identificación de áreas de oportunidad e ideas de mejora que deben ser desplegadas en toda la organización [26].

El objetivo del Ergo-VSM es complementar el análisis realizado con el VSM, al agregar evaluaciones de las consecuencias ergonómicas que se presentan en los empleados debido al flujo de producción actual [20]. Esta integración de manufactura esbelta y ergonomía, busca el desarrollo de flujos sostenibles en el procesos [105].

Los instrumentos utilizados para el módulo de análisis de riesgos ergonómicos se pueden dividir en aquellos desarrollados por los mismos investigadores para el estudio, y en los que utilizaron instrumentos reconocidos y validados previamente en la industria (ver tabla 1.3). El análisis en conjunto de riesgos físicos y psicosociales, son los que presentan mayor recurrencia de productos, en menor proporción se tiene el estudio por separado de riesgos físicos, psicosociales o cognitivos.

Los factores de riesgo físico son aquellos relacionados con la repetitividad de las tareas, el peso de las cargas y las posturas adoptadas [101]. Por su parte los factores psicosociales se refieren a las condiciones laborales relacionadas con la organización del trabajo y el ambiente laboral [61]. Los factores de riesgo cognitivo se enfocan en la carga mental del trabajo, estrés laboral, principalmente[106].

Tabla 1.3 Tipo de instrumentos utilizados y factores ergonómicos analizados en el Ergo-VSM.

Factores ergonómicos analizados				
Instrumento utilizado	Físicos	Psicosociales	Cognitivos	Físicos y Psicosociales
Validado previamente	<ul style="list-style-type: none"> • López-Acosta et al.[29] • Aqlan et al.[28] • Suryoputro et al. [27] 	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> • Arce et al.[107] 	<ul style="list-style-type: none"> • Pereiro & Goncalves[108]
Desarrollado por los autores	<ul style="list-style-type: none"> • Aqlan et al.[28] 	<ul style="list-style-type: none"> • Hasle et al.[109] 	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> • Edwards & Winkel[23] • Gunnarsdóttir & Birgisdóttir[24] • Winkel et al.[22] • Edwards[110] • Jarebrant et al. [19] • Winkel et al. [25] • Edwards & Winkel[111] • Jarebrant et al. [30] • Edwards & Winkel[105] • Edwards[44] • Sakthi et al.[31]

Los factores de riesgo tanto físicos como psicosociales, se han convertido en objeto de estudio para la aplicación del Ergo-VSM dentro del consejo nórdico, debido a los problemas de agotamiento tanto físico como mental detectado en los empleados de la salud [103]. Estos estudios liderados principalmente por los ergonomistas: Jarebrant [19], [30] Edwards [23], [105], [110] y Winkel [22], [25] quienes trabajaron en el instrumento de análisis que aplicaron durante más de diez años, en distintos hospitales, para mejorarlo de acuerdo con sus observaciones.

El análisis de factores ergonómicos físicos en el sector industrial, utilizó principalmente instrumentos ya conocidos, los cuales se enfocan en identificar cargas o posturas de riesgo para los empleados [27]–[29] . El análisis de estudios publicados permitió identificar la necesidad de incluir los factores relacionados con el medio ambiente laboral que rodea a los empleados al realizar sus tareas, como lo es el ruido, temperatura e iluminación, las cuales también representan un riesgo para el trabajador y puede afectar su rendimiento laboral.

1.8. Industria metalmecánica

La industria metalmecánica es considerada un indicador de referencia del desarrollo industrial manufacturero, al representar una actividad estratégica para el desarrollo económico, por las remuneraciones que genera, formación de capital y valor que agrega a su producto [112].

En México, la industria metalmecánica se ha identificado como una de las que tiene mayor vinculación con las redes de proveeduría de las empresas transnacionales [113]. La Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), define el sector industrial metalmecánico como aquel que agrupa a todas las industrias que sus actividades se relacionen con la transformación, laminación o extracción metálica [114].

En la mayoría de los países con desarrollo industrial avanzado, se cuenta con un sector metalmecánico competente y consolidado, en México este tipo de industria continúa enfrentándose a retos importante de productividad y competitividad, destacando la falta de tecnología y de alianzas estratégicas, como algunas de las adversidades que se deben superar para lograr competir en el mercado mundial [112].

La industria metalmecánica, se identifica como un sector que generalmente tiene practicas inadecuadas de seguridad [115]. Al presentar una gran cantidad de riesgos profesionales, los cuales pueden ser físicos, químicos o ergonómicos, que al no controlarlos a tiempo que pueden repercutir en corto, mediano o largo plazo en la salud del empleado [116].

1.9. MIPyMES

Se estima que a nivel mundial las MIPyMES constituyen más del 90% de las unidades económicas, convirtiéndolo así en el sector clave para la generación de empleo en la mayoría de los países [6]. En la mayoría de estas empresas se carece de recursos y capacidad técnica [117]. Esto provoca que los riesgos y peligros en el trabajo sean más altos en MIPyMES que en las grandes empresas [4]. La ausencia de programas para la prevención de riesgos, se ha identificado, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo [115], [118], [119].

En México, la estratificación de las MIPyMES está definida por el tipo de sector, la cantidad de empleados y el total de las ventas anuales (ver tabla 1.4). Para efectos prácticos, se denomina empresas grandes, al resto de los establecimientos que la Secretaria de Economía no considera en estos criterios [120].

Para identificar los retos que enfrentan las MIPyME en el país, se aplicó la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2018 [121]; Entre los resultados obtenidos se destaca que durante el último año el 65.6% de las empresas que participaron en el ejercicio, no monitorea ningún indicador clave de desempeño de procesos [7].

Las MIPyMES no solo son más propensas a los riesgos laborales [117]. también presentan desafíos importantes para la implementación de la manufactura esbelta [8], [9], así como de la ergonomía [117], [122]. Aunado a estas carencias, en México se ha detectado que la mayoría de las MIPyMES carecen de una correcta estructura administrativa [123].

El estudiar y trabajar con este tipo de empresas es relevante no solo para fortalecerlas, sino también para que contribuyan con la economía nacional. El generar conocimiento organizacional, les puede permitir enfrentar de mejor manera los retos de sobrevivencia que se les imponen[123].

Las MIPyMES cuentan con ventajas sobre las empresas grandes, entre las que se destaca el contar con una estructura organizacional simple, que puede promover el cambio con mayor facilidad [9], la toma de decisiones se realiza en un periodo corto de tiempo y puede ofrecer menos resistencia al cambio [124], y una fácil adaptación al cambio en la economía y a los patrones de la demanda [125].

Tabla 1.4 Estratificación oficial de Micro, Pequeña y Mediana empresa en México [120].

Sector	Micro		Pequeña		Mediana	
	Personal	Ventas anuales (mdp)	Personal	Ventas anuales (mdp)	Personal	Ventas anuales (mdp)
Industria	0 - 10	Hasta \$ 4	11 a 50	\$4.01 - \$100	De 51 a 250	\$100.1 - \$250
Comercio	0 - 10	Hasta \$ 4	11 a 30	\$4.01 - \$100	De 31 a 100	\$100.1 - \$250
Servicio	0 - 10	Hasta \$ 4	11 a 50	\$4.01 - \$100	De 51 a 100	\$100.1 - \$250

1.10. Sector industrial en Baja California

Cada entidad de la federación presenta una vocación económica propia de las características geográficas y de capital humano. Para Baja California, las industrias manufactureras se han consolidado como la vocación principal del estado [126]. Datos de la Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO) indican que durante el 2018, Baja California fue el estado a nivel nacional con la mayor cantidad de establecimientos Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicio de Exportación (IMMEX) equivalente al 18.2% a nivel nacional [127].

El sector manufacturero representó en el 2014, de acuerdo al INEGI, más del 40% del total de los empleos del estado y el 51% del valor agregado [126]. Estos datos nos brindan un panorama sobre la relevancia con la que cuenta este sector en el estado y en su población, ya que emplea a más de 300,000 personas [120]. El 95% de las empresas en el estado son MIPyMES: 78% micros, 11.5% pequeñas y 6% medianas [125].

Los principales ramos del sector manufacturero de acuerdo con el INEGI [128] en Baja California se indican en la figura 1.3; la industria alimentaria representa el 27.9% de las empresas en el estado, el segundo lugar lo ocupa la fabricación de productos metálicos con el 14.8%, después se encuentra la producción de bebidas y tabaco con el 8.9%, la fabricación de ropa con el 7%, la manufactura de muebles con el 6.8%, la impresión con el 6.2% y otros sectores se encuentran en el 28.4% restante.

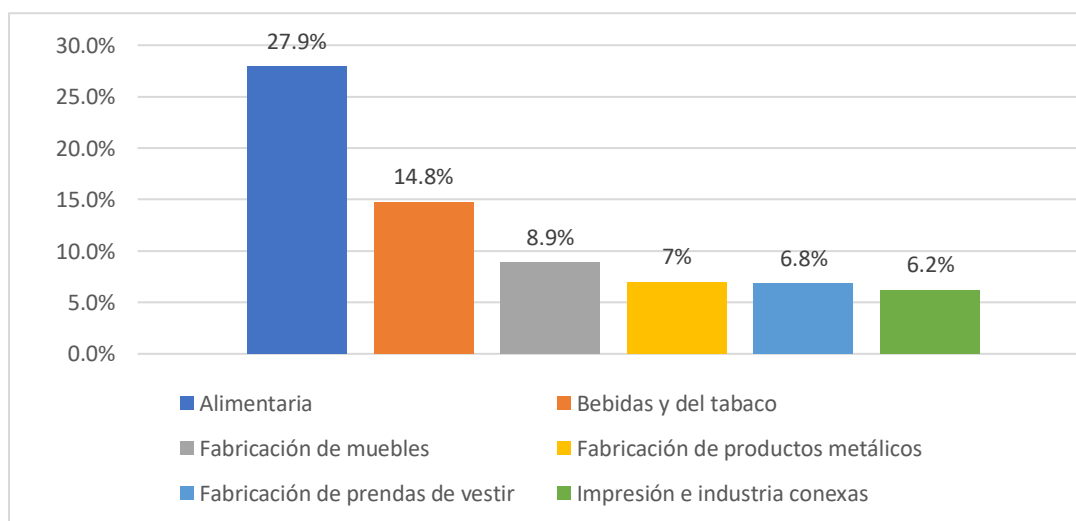


Figura 1.3 Distribución de sector manufacturero en Baja California 2020 por establecimiento económico [128].

Capítulo 2 Marco Teórico

En ese capítulo se presenta la metodología VSM, así como los principales métodos de implementación y sus etapas. Se estudia el concepto de Kaizen y sus tipos de acuerdo con su aplicación en el proceso de mejora continua, así como el ciclo de mejora continua (PDCA por sus siglas en inglés Plan-Do-Check-Act) con cada una de sus etapas.

Se definen la normatividad mexicana de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) que se utilizara para las mediciones ergonómicas que se realizarán: NOM-011-STPS-2001, NOM-015-STPS-2001, NOM-025-STPS-2008, NOM-035-STPS-2018 y NOM-036-STPS-2018. Para concluir el capítulo se analiza el concepto de indicador y su relevancia en los procesos.

2.1 Metodología VSM

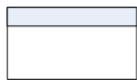
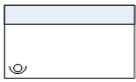

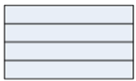


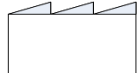





El VSM es un modelo gráfico que muestra la ruta de materiales e información de la empresa, teniendo como objetivo plasmar de manera sencilla, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar donde se producen los mayores desperdicios del proceso [11]. Esta herramienta se considera fundamental para guiar y priorizar la implementación de la manufactura esbelta en una empresa [32]. La finalidad del VSM es identificar las fuentes de desperdicio y eliminarlas al lograr un nuevo flujo, enfocado en cada proceso fabrique solamente lo que sus clientes necesitan cuando lo necesitan [129].

La metodología se dio a conocer en occidente en 1998, por Mike Rother y John Shook, tras la publicación del libro “Observar para crear valor: cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar muda” [32]. Los pasos definidos en este libro para lograr un VMS son:

Seleccionar una familia de productos: Se debe trabajar solo con una familia de productos para el mapa que se va a trazar; los productos de la misma familia deben contar con etapas de fabricación similares y requerir los mismos equipos en la elaboración.

Dibujar el estado actual: El mapa del estado actual se dibujará utilizando los símbolos o iconos indicados en el apéndice A. La información se debe tomar siguiendo el flujo de información y de material durante todo el proceso. Siguiendo los principales símbolos de la metodología VSM de acuerdo con la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Principales símbolos de la metodología VSM.

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Control de producción.		Proceso de flujo de material.
	Inventario.		Datos relevantes del proceso.
	Transporte de material.		Flecha de retirada.
	Cliente o proveedor.		Envío al cliente o envío del proveedor.
	Flujo de información manual.		Flecha de empuje de material.
	Flujo de información electrónica.		Estallido Kaizen.

Dibujar el estado futuro: se debe identificar las fuentes de desperdicio a través de un análisis de la información obtenida en el estado actual. El objetivo es atacar la causa raíz de los desperdicios identificados en el proceso identificando los cambios a realizar en el proceso.

Plan de trabajo e implementación: realizar una descripción de las actividades de mejora a implementar y responsables, así como definir el orden en el que se implementarían. Se sugiere iniciar donde se considere que se puede tener mayor probabilidad de éxito o en la operación más rentable del proceso.

Por su parte Villaseñor y Galindo [130] complementan lo realizado por Rother y Shook al extender a ocho los pasos a seguir en la metodología VSM, extendiendo las recomendaciones previas antes de realizar la selección de la familia, el análisis de la información recaba y explicando con mayor detalle la implementación de las actividades de mejora. A continuación, se especifican las etapas:

Comprometerse con la manufactura esbelta: la alta gerencia de la empresa debe conocer el concepto de manufactura esbelta para que después se logre permear con el resto de los empleados.

Elegir el proceso: seleccionar la familia de productos considerando el producto con mayor demanda en los últimos seis meses o identificando la familia de acuerdo con los procesos que se requieren para su fabricación.

Aprender de la manufactura esbelta: para comprender el trabajo de análisis que se realizará, se deben conocer los siguientes conceptos de la manufactura esbelta: los siete desperdicios, principio de reducción de costos, el concepto de justo a tiempo y Jidoka, la herramienta de 5's, fabrica visual y los tres niveles para la aplicación de la manufactura esbelta; demanda, flujo y nivelación

Mapeo del estado actual: trabajar directamente en el piso de producción para obtener los datos necesarios, explicar a los empleados claramente el objetivo de la toma de datos e identificación de flujos.

Determinar los medibles de la manufactura esbelta: identificar los medibles del proyecto; identificar los indicadores comunes o claves para el cliente, así como la situación actual de esos indicadores y la meta que se le pondrá a cada uno para mejorar las condiciones actuales.

Mapear estado futuro: los autores retoman los puntos de análisis definidos por Rother and Shook, identificando el takt time, supermercados, flujo continuo, proceso que marca el paso y nivelación de la producción y relacionándolos con el estado actual del proceso.

Crear planes Kaizen: mensualmente, para determinar el seguimiento de cada una de las actividades de mejora y obtener la aprobación de la gerencia para los planes definidos.

Implementar planes Kaizen: comunicarse constantemente con el personal involucrado, reconocer el esfuerzo del personal; tratando al personal con respeto y honestidad cada día. No permitir que comportamientos negativos detengan los planes y mantener una visión de lo que se desea lograr.

2.2 Kaizen

Desde que Masaaki Imai dio a conocer el término Kaizen en 1986, como un mejoramiento progresivo que involucra a todos, incluyendo a gerentes y trabajadores [131], en su libro “Kaizen, la clave de la ventaja competitiva japonesa.”, este concepto se ha considerado como la clave del éxito de las compañías que implementan la manufactura esbelta en sus procesos [132].

Generalmente el Kaizen se traduce como mejora continua; al ser el proceso para realizar las mejoras en la implementación de la manufactura esbelta [130]. El mensaje de la cultura Kaizen, es que no se debe pasar un día, sin que se haya hecho alguna clase de mejora en la compañía[131].

Las recomendaciones de Imai [133] para la alta gerencia que busca el éxito de la filosofía Kaizen son: asegurar los estándares definidos al fomentar la disciplina para mantener las mejoras realizadas; animar el pensamiento y orientar a optimizar procesos; seguir el círculo de la mejora continua (PDCA) para la implementación de cambios; y contar con datos para analizar los problemas a solucionar.

2.2.1. Tipos de Kaizen

En la cultura occidental, Kaizen ha sido abordado desde distintos ángulos en cuestión de gestión y organización, identificada como una técnica conformada por herramientas para eliminar actividades que no agregan valor [132]. Generando las siguientes variaciones para la aplicación de la mejora continua:

- **Equipos Kaizen:** conformados por seis u ocho miembros de diferentes departamentos y capacitados en manufactura esbelta. Los equipos abordan la resolución de problemas específicos o implementación de nuevas técnicas en el proceso, permitiendo gestionar el conocimiento del personal, al buscar y conseguir mejoras [11].
- **Kaizen Blitz:** la palabra japonesa Blitz significa a corto plazo, entonces, se puede decir que Kaizen-Blitz se enfoca en producir mejoras rápidas [130]. La forma de trabajo es con un equipo multidisciplinario de entre seis y doce miembros, los cuales trabajan intensamente en jornadas de 12 horas al día; desarrollando y probando las soluciones de los problemas, logrando implementar un nuevo proceso en pocos días [134].
- **Gemba Kaizen:** la palabra japonesa Gemba, se refiere al lugar donde suceden las cosas. Este tipo de Kaizen se enfoca en ir al lugar las cosas se fabrican, para observar, identificar y resolver los problemas en el acto, es decir en tiempo real [133]. Esta técnica representa un gran compromiso entre la estrategia organizacional y el área de producción [135].
- **Kaizen Teian:** la palabra japonesa Teian significa sugerencia o propuesta, por lo cual se puede denominar, como el sistema de la compañía para implementar la mejora continua, basándose en las propuestas de los empleados [136]. Es uno de los métodos más efectivos y populares para realizar mejoras en Japón, organizado para que cada empleado comparta sus ideas, sin importar que tan pequeña pueda ser la mejora [137].

2.3 Ciclo PDCA

El ciclo PDCA, nombrado así por sus siglas en inglés Plan (planear) -Do (hacer), Check (verificar)-Act (actuar), se conoce también como círculo de Deming, por ser W. Edwards Deming quien lo divulgó en Japón [11]. Actúa como guía para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas; es un proceso que se repite una vez que termina, formando el espiral de la mejora continua [138]. Las etapas del ciclo PDCA son las siguientes:

- **Planear (Plan):** se debe preguntar cuáles son los objetivos que se quieren alcanzar, así como la elección de los métodos adecuados para lograrlos. El establecimiento de objetivos se debe dar utilizando los datos de la empresa, al identificar la situación actual de esta, se podrán establecer las metas deseadas.
- **Realizar (Do):** consiste en llevar a cabo el trabajo y las acciones correctivas planeadas en la fase anterior. Corresponde a esta fase la formación y educación de los empleados para que adquieran un adiestramiento en las actividades y actitudes que han de realizar.
- **Comprobar (Check):** es el momento de verificar y controlar los resultados obtenidos de aplicar las mejoras planificadas. Se ha de comprobar si los objetivos marcados se han logrado o, si no es así, planificar de nuevo para tratar de superarlos.
- **Actuar (Act):** una vez que se comprueba que las acciones emprendidas dan el resultado esperado, es necesario realizar su normalización mediante una documentación adecuada, describiendo lo aprendido, cómo se ha efectuado, etc. Se trata de formalizar el cambio o acción de mejora de forma generalizada introduciéndolo en los procesos o actividad.

2.4 Instrumentos Ergonómicos

2.4.1. NOM-011-STPS-2001

En México la NOM-011-STPS-2001 [139] es la norma encargada de establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere un nivel de ruido igual o superior a los 80 dB (decibeles), indicando los niveles y tiempos máximos permisibles de

exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición.

En la tabla 2.2 se indican las principales magnitudes utilizadas en la NOM-011-STPS-2001, así como su definición, abreviatura y la unidad de medición básicas para comprender el análisis de nivel de ruido a realizar. En la tabla 2.3 se puede observar que para jornadas de 8 horas el Nivel de Exposición al Ruido (NER) debe ser igual o menor a 90 dB, a medida que el NER se incrementa el tiempo de exposición debe reducirse para evitar daño al empleado, el límite máximo permisibles de exposición al ruido es de 105 dB por un tiempo no mayor a 15 minutos.

Los principales pasos para realizar el análisis de exposición al ruido son los siguientes: reconocimiento del área de trabajo, selección del método de medición, toma de datos en área identificada de riesgo, análisis de información recabada y por último la aplicación de medidas de control de ruido que apliquen.

Tabla 2.2 Principales conceptos utilizados en la NOM-011-STPS-2001 [139].

Magnitud	Definición	Abreviatura	Unidad
Nivel de exposición a ruido	Es el nivel sonoro A promedio referido en exposición de 8 horas.	NER	dB(A)
Nivel de presión acústica	Es la relación entre la presión acústica instantánea y la presión acústica de referencia, que determina la intensidad del sonido generado.	NPA	dB
Nivel Sonoro A	Es el nivel de presión acústica medido con la ponderación A de un sonómetro.	NS_A	dB(A)
Nivel sonoro continuo equivalente A	Es aquel nivel sonoro que posee la misma energía que el ruido variable en el periodo estudiado.	$NSCE_{A,T}$	dB(A)
Tiempo máximo permisible de exposición	Tiempo bajo el cual la mayoría de los trabajadores pueden permanecer expuestos sin sufrir daños a la salud.	TMPE	Horas o minutos

Tabla 2.3 Límites máximos permisibles de exposición de acuerdo a la NOM-011-STPS-2001[139].

NER	TMPE
90 dB(A)	8 horas
93 dB(A)	4 horas
96 dB(A)	2 horas
99 dB(A)	1 hora
102 dB(A)	30 minutos
105 dB(A)	15 minutos

2.4.2. NOM-015-STPS-2001

En México la NOM-015-STPS-2001 [140] tiene como objetivo establecer las condiciones permisibles de exposición a condiciones térmicas extremas, que por sus características puedan alterar la salud del empleado. La norma es aplicable para los centros de trabajo en los que exista una exposición a condiciones térmicas que generen que la temperatura corporal de los empleados sea menor a 36°C o superior a 38°C.

La condición térmica abatida es la situación ambiental capaz de producir pérdida de calor en el cuerpo humano, debido a bajas temperaturas, la tabla 2.4 indica el tiempo máximo diario permitido que puede estar expuesta una persona, así como las restricciones en los periodos, en relación con la temperatura ambiental en grados centígrados.

La condición térmica elevada es el ambiente capaz de transmitir calor hacia el cuerpo humano o que evita que el cuerpo transmita calor hacia el medio ambiente. El método para determinar la temperatura máxima permitida, requerida para establecer los tiempos de exposición y recuperación indicados en la tabla 2.5, es a través del índice de temperatura de globo bulbo húmedo (Itgbh).

Las principales etapas en la aplicación de la NOM-015-STPS son: el reconocimiento del área de trabajo, evaluación de las actividades de los empleados, la toma de la temperatura corporal de cada empleado, aplicación del método, análisis de la información y por último realizar acciones para el control y prevención de los riesgos identificados.

Tabla 2.4 Exposición máxima en condiciones térmicas abatidas de acuerdo a la NOM-015-STPS-2001 [140].

Temperatura en grados centígrados	Exposición máxima diaria
De 0 a -18	8 horas.
Menores de -18 a -34	4 horas; periodos continuos máximos de exposición de una hora; después de cada exposición, se debe tener un tiempo de no exposición al menos igual al tiempo de exposición.
Menores de -34 a -57	1 hora; sujetos a periodos continuos máximos de 30 minutos; después de cada exposición, tiempo de no exposición al menos 8 veces mayor que el tiempo de exposición.
Menores de -57	5 minutos.

Tabla 2.5 Exposición máxima en condiciones térmicas elevadas de acuerdo a la NOM-015-STPS-2001 [140].

Temperatura máxima en °C del índice de temperatura de globo bulbo húmedo			Porcentaje del tiempo de exposición y de no exposición.
Régimen de trabajo			
Ligero	Moderado	Pesado	
30.0	26.7	25.0	100% de exposición.
30.6	27.8	25.9	75% de exposición. 25% de recuperación cada hora.
31.7	29.4	27.8	50% de exposición. 50% de recuperación cada hora.
32.2	31.1	30.0	25% de exposición. 75% de recuperación cada hora.

2.4.3. NOM-025-STPS-2008

El objetivo de la NOM-025-STPS-2008 [141], es establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores, es por eso que esta norma aplica en todos los centros de trabajo de México.

Los niveles de iluminación mínimos requeridos en la norma se muestran en la tabla 2.6, en donde se observa que de acuerdo con la tarea visual realizada en el puesto de trabajo se define la cantidad de luxes., lo mínimo son 20 luxes para tareas realizadas en el exterior que no requieren alta exactitud y para las tareas que requieren distinción de detalles o mayor precisión los niveles aumentan.

Las mediciones para determinar los niveles de iluminación en el centro de trabajo se realizarán con un luxómetro. En el caso de que la luz natural afecte las actividades se realizan mínimo 3 mediciones durante la jornada laboral, si solamente se utiliza luz artificial será una medición en cualquier horario.

Las principales etapas de la aplicación son: reconocimiento del centro de trabajo y de las actividades que realizan los empleados; evaluación de los niveles de iluminación y reflexión en el área de trabajo; y análisis de los datos obtenidos, en caso de identificar niveles de iluminación por debajo de lo especificado en la norma, se deberán aplicar medidas de control para cumplir con los requerimientos.

Tabla 2.6 Niveles mínimos de iluminación para tarea visual definidos en la NOM-025-STPS-2008 [141].

Tarea visual del puesto de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando o vigilancia.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando o vigilancia.	50
En interiores.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	200
Distinción moderada con detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	1000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	2000

2.4.4. NOM-035-STPS-2018

La NOM-035-STPS-2018 [142], es la Norma Oficial Mexicana enfocada a establecer los elementos para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosocial, así como para promover un entorno organizacional favorable en los centros de trabajo. La norma se aplica para todos los centros de trabajo, pero presenta diferentes requerimientos dependiendo de la cantidad de empleados con los que cuenta la organización (ver tabla 2.7).

El desarrollo, implementación y difusión de una política de prevención de riesgos psicosociales es obligatorio para todos los centros de trabajo, se estipula que se deben de contemplar la prevención de violencia laboral y los factores de riesgo psicosociales, así como promover un entorno organizacional favorable. También compete a las empresas la identificación de trabajadores con traumatismo severo por motivos laborales, así como canalizarlos para que reciban la atención médica requerida.

Los cuestionarios para la identificación de factores de riesgo psicosocial en empresas con una cantidad de empleados entre 16 y 50, así como mayores de 50 trabajadores, se incluyen en la norma.

Tabla 2.7 Requerimientos en relación con la cantidad de empleados de la NOM-035-STPS-2018 [142].

Requerimientos de NOM-035-STPS	Menos de 15	Entre 16 y 50	Más de 50
Política de prevención de riesgos psicosociales y violencia laboral, así como promoción de un entorno organizacional favorable.	✓	✓	✓
Identificar empleados que presenten acontecimientos traumáticos severos, relacionados con el trabajo.	✓	✓	✓
Identificar y analizar factores de riesgo psicosociales.		✓	✓
Evaluación del entorno laboral.			✓

Los dominios evaluados en el la guía de referencia II para empresas de 16 a 50 empleados, incluyen: condiciones en el ambiente de trabajo, carga de trabajo, falta de control sobre el trabajo, jornada de trabajo, interferencia en la relación trabajo-familia, liderazgo, relaciones en el trabajo y violencia. La guía de referencia para centros de trabajo con más de 50 empleados contempla los dominios mencionados más el reconocimiento del desempeño laboral e insuficiente sentido de pertenencia e inestabilidad.

Cada cuestionario proporciona un nivel de riesgo: nulo, bajo, medio, alto o muy alto (ver tabla 2.8), de acuerdo con el nivel obtenido, se recomiendan diferentes tipos de acciones, que van desde no realizar medidas adicionales al desarrollo de una política de prevención de riesgos psicosociales, hasta realizar un programa de intervención detallado y revisión de la política de prevención, la cual debe ser reforzada tanto en su contenido como en su aplicación.

Tabla 2.8 Criterios para las acciones a realizar de acuerdo con la NOM-035-STPS-2018 [142].

Nivel de riesgo	Requerimientos NOM-035-STPS
Nulo	No se requieren medidas adicionales.
Bajo	Mayor difusión de la política de prevención de riesgos psicosociales, promoción de un entorno organizacional favorable y prevención de violencia laboral.
Medio	Revisar política de prevención y programas, mayor difusión de la política de prevención de riesgos psicosociales, promoción de un entorno organizacional favorable y prevención de violencia laboral.
Alto	Analizar cada categoría y dominio, para el desarrollo de programa de intervención, el cual debe incluir los requerimientos de nivel medio, más una campaña de sensibilización para la organización.
Muy alto	Analizar cada categoría y dominio, para el desarrollo de programa de intervención, el cual debe incluir los requerimientos de nivel medio, más una campaña de sensibilización para la organización.

2.4.5. NOM-036-STPS-2018

La NOM-036-STPS-2018 [143], es la primera Norma Oficial Mexicana que tiene como objetivo establecer los elementos para identificar, prevenir y controlar los factores de riesgo ergonómico en los centros de trabajo, derivado del manejo manual de cargas mayores a tres kilogramos, a efecto de prevenir alteraciones a la salud de los trabajadores. La norma entro en vigor el dos de enero del 2020, con excepción de los capítulos referentes a el análisis de los factores de riesgo ergonómico debido al manejo manual de cargas y las medidas de control derivadas de ese análisis, para los cuales su vigencia inicia el cuatro de enero del 2023.

Los instrumentos de análisis de riesgo ergonómico, indicados por la norma se desarrollaron por la Agencia de Seguridad y Salud del Reino Unido (HSE), con el objetivo de identificar las actividades de alto riesgo relacionadas con el manejo de cargas en los centros de trabajo [144]. La estimación del riesgo ergonómico por el levantamiento y transporte manual de cargas se debe realizar con las tablas de evaluación para el manejo manual de cargas (Manual handling assessment charts) [143], el instrumento brinda una guía de evaluación para el análisis de actividades de levantamiento, transporte o manejo de cargas en equipo [145].

La estimación de riesgos por empuje y arrastre de cargas con o sin equipo auxiliar, se realiza con el segundo instrumento desarrollado por HSE: la herramienta para evaluación de riesgos de empuje y arrastre (Risk assessment of pushing and pulling tool), las operaciones a evaluar son el transporte de cargas en equipos con equipo auxiliar o transporte de cargas sin equipo de ayuda [146].

Se recomienda iniciar con observaciones en el área seleccionada, involucrar al personal relacionado con la actividad a evaluar, identificar si la tarea es de levantamiento, descenso o ambas, cantidad de personal involucrado, tipo de equipo auxiliar en caso de utilizarse y seguir la guía de evaluación correspondiente, al finalizar el análisis se deberá clasificar el nivel de riesgo de la actividad para definir las acciones requeridas [143]. La tabla 2.9 nos muestra los niveles de riesgo en los que se puede clasificar la actividad analizada, así como las acciones correspondientes para cada nivel. La estimación del nivel de riesgo debido al manejo manual de cargas de las actividades identificadas, se realizarán de acuerdo con el instrumento de la norma.

La aplicación del Cuestionario Nórdico de Kuorinka lo propone la NOM-036-STPS-2018, como complemento para una mejor comprensión de la norma, el cuestionario se puede aplicar a empleados que realicen manejo manual de carga con el propósito de detectar síntomas iniciales que todavía no han constituido una enfermedad, ayudando a recopilar información sobre dolor, fatiga o molestias corporales [143]. El Cuestionario Nórdico es uno de los métodos de evaluación más utilizados en el mundo, para la identificación de síntomas de TME [147]. El instrumento incluido en la NOM-036-STPS consta de 11 preguntas relacionadas con molestias o dolor en alguna de las 12 regiones anatómicas presentadas en la figura 2.1

Tabla 2.9 Nivel de acción requerido de acuerdo con la NOM-036-STPS-2018 [143].

Nivel de riesgo	Acciones
Bajo – Aceptable	Seguimiento a grupos vulnerables.
Medio – Posible	Analizar las tareas con mayor detalle, implementar medidas de control mediante un programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.
Alto – Significativo	Establecer acciones rápidas definiendo medidas de control mediante un programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.
Muy Alto - Inaceptable	Detener las actividades e implementar medidas de control mediante un programa de ergonomía para el manejo manual de cargas

Regiones del cuerpo:

1. Cuello
2. Hombro
3. Zona dorsal
4. Zona lumbar
5. Brazo
6. Codo
7. Antebrazo
8. Mano/Muñeca
9. Pierna
10. Rodilla
11. Pantorrilla
12. Pie

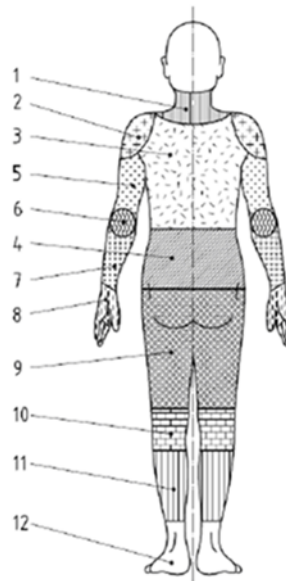


Figura 2.1 Diagrama para identificar regiones que presentan dolor NOM-036-STPS-2018 [143].

2.5 Indicadores

Un indicador es una herramienta que brinda evidencia de una condición o el logro de cierto resultado, mostrando señales de una situación [148]. Este tipo de señales se utilizan en diversos ámbitos, teniendo entre las ventajas que aportan la objetividad y la comparación de resultados con medidas estandarizadas, brindando un lenguaje común para la valoración de procesos [149].

Un indicador debe representar la relación entre dos o más variables, un número por sí solo no es un indicador, se necesita de un contexto con el cual se pueda comparar y tener así bases para emitir una opinión acerca del desempeño [148]. Debe ser construido con un criterio claro de utilidad, asegurar la disponibilidad de la información requerida, la cual generalmente es cuantitativa [149].

El definir el método de medición, la periodicidad con que se actualizará, así como los responsables de las acciones de mejora que sean necesarias, favorecerá al seguimiento de esta medida [150].

En las empresas se utiliza el término indicador clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés), para referirse a aquellos indicadores que se enfocan en los aspectos críticos para el éxito actual y futuro de la organización [151]. Para conocer el desempeño de una compañía, es necesario contar con indicadores claves que contemplen las características del enfoque a medir, esto puede ser cantidades físicas, lapsos de tiempo, proporciones, etc.[150].

Para las organizaciones, el contar con KPIs tiene entre sus ventajas; brindar claridad en la toma de decisiones, motivar a la acción, identificar el progreso, facilitar la retroalimentación a los empleados y ayudar a la organización a prepararse para el futuro[151]. Para trabajar correctamente con ellos, se debe establecer un sistema que incluya desde la comprensión de los indicadores, hasta la toma de decisiones en el proceso medido [150].

Se destacan las siguientes características de los KPIs: no utilizar medidas financieras para estas mediciones; contar con una frecuencia definida; involucrar a la alta gerencia; lograr que todo el personal comprenda el indicador; definir los responsables y el impacto en la empresa; se deben limitar para que fomenten acciones con impacto positivo; además los indicadores mal planeados pueden afectar el comportamiento de manera negativa [151].

Capítulo 3 Metodología VSM-Ergo Integral

El VSM-Ergo Integral toma la herramienta VSM y la complementa al incluir indicadores que de forma integral analizan los riesgos ergonómicos; físicos, del medio ambiente y psicosociales laborales, a los que están expuestos los trabajadores del proceso de producción analizado, así como en indicadores del proceso como defectos de calidad y tiempo de fabricación del producto. En la figura 3.1 se muestra el ciclo del VSM-Ergo Integral, dividido en cuatro etapas, las cuales se explican a continuación:

- a) **Preparación:** inicia con el compromiso de aceptar el enfoque de ergonomía y manufactura esbelta, principalmente por parte de la gerencia de la empresa, al contar con la aceptación se debe conformar el equipo de trabajo multidisciplinario para iniciar con el entrenamiento propio de la metodología Ergo-VSM y conceptos básicos de la manufactura esbelta y ergonomía.
- b) **Dibujar el estado actual:** se debe seleccionar la familia de productos que se analizará, para después identificar todos los flujos de información y material que se realizan para producir la familia seleccionada. Las mediciones ergonómicas y productivas complementaran los flujos identificados previamente para poder mostrar el panorama actual de los procesos, al integrar la información obtenida.
- c) **Definir estado futuro:** en esta etapa se realiza la identificación de las áreas de oportunidad, para después construir el estado futuro deseado. A través del Kaizen Teian se promueve la aportación de ideas de mejora con todos los empleados.

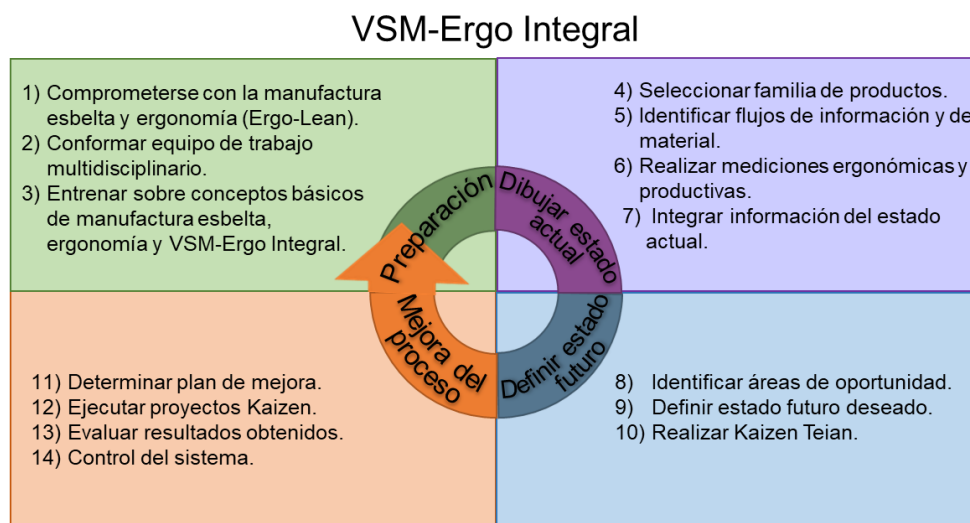


Figura 3.1 Ciclo de la metodología VSM-Ergo Integral.

d) **Mejora del proceso:** se realiza el plan de mejora a ejecutar para lograr los cambios deseados en el proceso de producción, después de llevarlos a cabo se debe evaluar los resultados obtenidos de la implementación de las mejoras para comenzar con el control del sistema.

El VSM-Ergo Integral se basa en el ciclo de la mejora continua, al indicar en su diagrama que, tras concluir la última etapa de mejora del proceso, se continuará con la etapa de preparación de la metodología, aun cuando en la práctica se deberá realizar un breve análisis para determinar en qué paso se debe iniciar. Se considera que el Ergo-VSM Integral se debe generar cada año para realizar así el plan anual de trabajo de la empresa.

3.1 Comprometerse con la manufactura esbelta y ergonomía (Ergo-Lean)

El adoptar una cultura de manufactura esbelta y ergonomía, requiere un compromiso en todos los niveles de la organización, esto permite realizar los cambios en los procesos para mejorar las condiciones de ergonomía física, medio ambiente, factores de riesgo psicosocial y productivos. Por lo cual desde el inicio de la implementación del VSM-Ergo Integral se debe informar en todos los niveles los beneficios que se pueden obtener, así como los requerimientos para lograrlo.

El compromiso de implementar un enfoque Ergo-Lean debe iniciar por la alta gerencia de la organización, al ser este nivel el que toma las decisiones de mayor impacto y administran los recursos. Si la gerencia no se interesa en facilitar las condiciones para realizar el VSM-Ergo Integral, como asistir a las reuniones requeridas o aceptar las acciones de mejora emanadas de la metodología, difícilmente se podrá implementar con éxito este método de trabajo.

Un compromiso fuerte de la gerencia para implementar la metodología permitirá permear este enfoque en las diferentes áreas de la empresa y en todos los niveles de la organización, facilitando así los recursos que permitirán mejorar las condiciones ergonómicas y productivas de la organización.

3.2 Conformar equipo de trabajo multidisciplinario

La integración del equipo de trabajo se debe realizar con personal de distintos departamentos de la empresa, esto permitirá que cada uno aporte distintos conocimientos e ideas en la realización del Ergo-VSM. Las principales características del equipo de trabajo deben ser la participación, responsabilidad, preparación, flexibilidad y comunicación [152].

El equipo de trabajo debe tener un líder el cual será el responsable de programar las reuniones, dar seguimientos a las actividades y coordinar a los integrantes del equipo para lograr los resultados. Tanto el líder como todo el equipo de trabajo deben reportar directamente los avances a la gerencia, esto permitirá que se involucren realmente con el proyecto.

3.3 Entrenamiento básico de manufactura esbelta, ergonomía y VSM- Ergo Integral

Para asegurarse que todo el equipo de trabajo posee el conocimiento necesario para realizar los pasos restantes del VSM-Ergo Integral se considera necesario incluir un entrenamiento de conocimientos básicos sobre los siguientes puntos:

- Manufactura esbelta; los 7 desperdicios, metodología PDCA y Kaizen.
- Ergonomía; objetivo de la ciencia, TME, FRP-T y condiciones del medio ambiente físico.
- VSM-Ergo Integral: pasos de la metodología, instrumentos de mediciones a utilizar y cálculo de indicadores.

3.4 Seleccionar familia de productos

Se debe seleccionar una familia de productos para realizar el VSM-Ergo Integral, esta familia tendrá procesos similares y las variaciones serán mínimas. En caso de no tener claro la familia de productos a evaluar, se utilizará el método de selección de análisis de producto-cantidad [130]. Esta técnica nos permite seleccionar el producto con mayor demanda de los clientes en los últimos seis meses, tomando los datos de ventas se realiza un diagrama de Pareto para identificar la distribución de la demanda, seleccionando aquella familia con mayor demanda en ese periodo.

3.5 Identificar los flujos del proceso

En este paso se deben identificar los flujos de información y de material entre los procesos directamente en el piso de producción y departamentos involucrados. No se debe asumir nada, toda la información plasmada se debe corroborar siguiendo el material por el área de producción y preguntando directamente a quien realiza las actividades.

Conforme se recorra el flujo de material e información y utilizando las figuras indicadas en la tabla 2.1 del capítulo 2, se debe iniciar con el bosquejo en papel del estado actual, plasmando el flujo real de información y material, el orden de los procesos y la cantidad de personas que realizan la actividad. Los pasos para identificar los flujos del proceso son los siguientes:

- a) Dibujar el flujo de información que se genera entre el cliente y la empresa hasta generar la orden de producción.
- b) Señalar el flujo de información de las ordenes de producción en los distintos departamentos requeridos para lograr la manufactura del producto, por ejemplo: control de la producción, compras y almacén.
- c) Seguir el proceso en el área de producción, identificando los flujos de información y material que suceden en todos los procesos requeridos para la manufactura.

En la figura 3.2 se muestra un ejemplo de los flujos de una organización, en la cual se inicia con un cliente en la parte superior derecha, que a través de una señal electrónica realiza el pedido de producto. El departamento de ventas envía un correo electrónico para notificar a control de la producción sobre el nuevo pedido, control de producción es el encargado de notificar a compras a través de un correo electrónico sobre los requerimientos de materia prima para la fabricación de la nueva orden, así como de notificar mediante el plan de producción que se entrega personalmente al proceso 1 y 2 sobre el nuevo pedido, el proceso 3 no cuenta con un plan de producción.

Compras envía un requerimiento electrónico al proveedor, para después entregar el material al almacén de material prima, el cual actualmente empuja el material hacia el proceso 1, que cuenta con 6 operadores, el proceso 2 recibe el material, lo procesa y envía al proceso 3. Una vez que termina el proceso 3, el material es enviado a almacén de producto terminado para su almacenaje y después enviado al cliente.

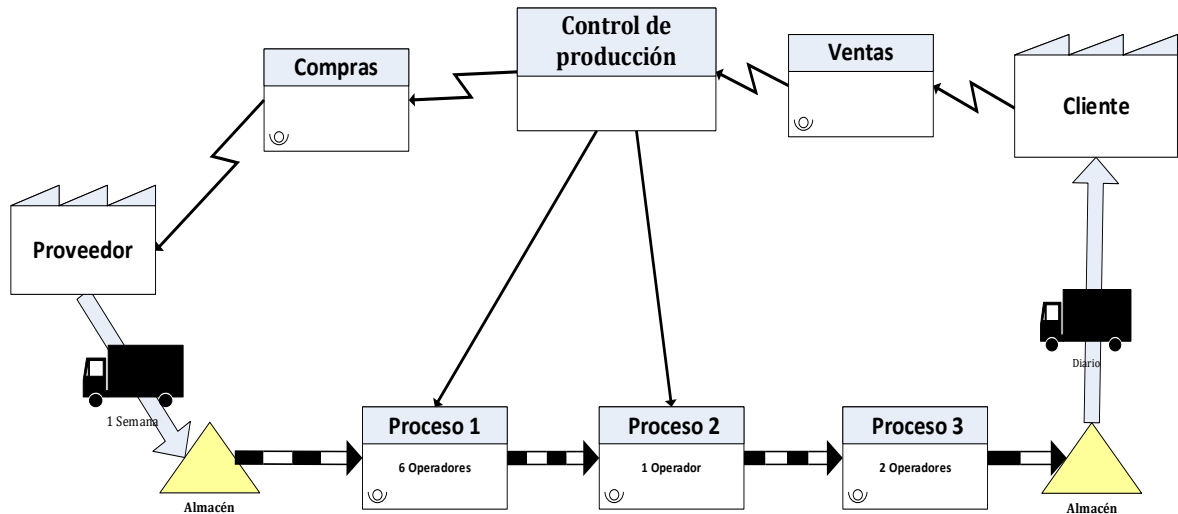


Figura 3.2 Mapa de flujos de información y material.

3.6 Realizar mediciones ergonómicas y productivas

La toma de datos requeridos para la construcción del estado actual se debe realizar directamente en el piso de producción o en el proceso a evaluar. No se debe incluir información obtenida previamente si no se tiene certeza de su validez, ya que esto puede provocar toma de decisiones erróneas. Las tareas se pueden dividir entre los integrantes del equipo, pero el líder debe verificar el correcto uso de los instrumentos y de los datos recolectados.

Se debe explicar a todo el personal involucrado sobre el objetivo de la medición, así como las actividades que se realizarán para obtenerlas. Los indicadores seleccionados para la construcción del VSM-Ergo Integral relacionados con la productividad son: tiempo de ciclo y rechazos de calidad. Las condiciones ergonómicas se evaluarán con los niveles de: ruido, temperatura, iluminación, molestias musculoesqueléticas y factores de riesgo psicosocial.

3.7.1. Tiempo de ciclo (TC)

La toma de tiempos con cronómetro sirve para determinar el tiempo ciclo total y de cada operación, para ello se utiliza un formato de toma de tiempos en donde se indica el número y nombre de la actividad y se registra si agrega valor (VA) o no agrega valor al proceso (NVA), el

tiempo requerido para la actividad y las observaciones que se identifiquen. La cantidad de tomas de tiempo requeridas por el proceso se basan en la tabla 3.1 en el cual dependiendo del tiempo que lleve la fabricación total del producto, serán las tomas requeridas para considerar el estudio correcto.

Los elementos considerados para el estudio de tiempos, siguiendo el libro “ Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño de trabajo” de Benjamín W. Niebel y Andris Freivalds [153], serán los siguientes: seleccionar un operador capacitado en las tareas que realizará, registrar toda la información relevante para el estudio y cuidar la posición correcta del observador.

El indicador del *TC* del área o proceso se obtendrá con la ecuación 3.1, en la cual, dividiendo el promedio de las tomas de tiempo realizadas del área entre el promedio del tiempo de ciclo total del proceso, el resultado se multiplicará por 100 para obtener el porcentaje de *TC* del área analizada. Este indicador permite identificar el porcentaje de tiempo que representa el área en la cadena de valor analizada teniendo como objetivo enfocarse en reducir el tiempo en aquellas actividades que representan el mayor porcentaje de tiempo requerido.

Tabla 3.1 Número recomendado de ciclos de observación [153].

Tiempo de ciclo (Minutos)	Número recomendado de ciclos	Tiempo de ciclo (Minutos)	Número recomendado de ciclos
0.25	100	2.00-5.00	15
0.50	60	5.00-10.00	10
0.75	40	10.00-20.00	8
1.00	30	20.00-40.00	5
2.00	20	40.00 o más	3

Ecuación 3.1 Porcentaje de tiempo de ciclo del área analizada

$$TC_{\text{área}} = \frac{\text{tiempo de ciclo del área}}{\text{tiempo de ciclo total}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.7.2. Rechazos de calidad (RC)

Los rechazos de calidad (RC) por proceso se determinan del registro histórico de calidad, tomando los últimos seis meses de referencia. Este indicador *RC* permite presentar la distribución de los rechazos de calidad en los procesos y enfocar los esfuerzos a los procesos que más contribuyan con los defectos del producto.

Si no se cuenta con un registro de rechazos de calidad se sugiere iniciar con la documentación de esta información, llevando una bitácora que indique la fecha de detección del defecto, el área que la originó, el detalle del defecto y producto afectado, así como la medida de contención que se realizó.

El cálculo del indicador *RC* (ver ecuación 3.2) por proceso se obtiene al sumar la cantidad de rechazos de calidad del área seleccionada dividida entre el total de rechazos de calidad del mismo periodo, el cociente obtenido se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de *RC* del área de elección.

Ecuación 3.2 Porcentaje de rechazos de calidad del área analizada.

$$RC_{\text{área}} = \frac{\text{cantidad de rechazos del área}}{\text{rechazos totales}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.7.3. Nivel de ruido (NR)

La medición del nivel de ruido en el área de producción se realiza de acuerdo con lo establecido en la NOM-011-STPS-2001, los valores obtenidos tendrán una validez de dos años siempre y cuando no se modifiquen las condiciones de producción, procesos o equipos que pueden generar variaciones en los resultados del estudio [139].

El cálculo del indicador *NR* por proceso se indica en la ecuación 3.3, el cual se obtendrá al sumar la cantidad de zonas que sobrepasan el nivel de ruido permitido de acuerdo con las características del trabajo y a la normatividad oficial dividido entre el total de zonas que sobrepasan el nivel de ruido, el resultado se multiplicará por 100 para obtener el *NR* del área de estudio.

El objetivo de calcular el indicador *NR* es de identificar el proceso de la cadena de producción que cuentan con el mayor porcentaje de zonas que no cumplen con los niveles

permitidos, esto nos guiara en la toma de decisiones para enfocar recursos en el área con mayor incumplimiento en esta zona.

Ecuación 3.3 Porcentaje de zonas con un NER mayor a 90 dB(A) del área analizada.

$$NR_{\text{área}} = \frac{\text{cantidad de zonas del área que sobrepasan el nivel de ruido permitido}}{\text{total de zonas que sobrepasan el nivel de ruido permitido}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.7.4. Nivel de temperatura (NT)

La evaluación de las condiciones térmicas abatidas o elevadas, según sea el caso, en el área de producción se realizará de acuerdo con la NOM-015-STPS-2001, el análisis realizado tendrá una validez de dos años siempre que las condiciones en el lugar de trabajo no cambien [140]. Al contar con estos datos se podrá calcular el *NT* el cual permite identificar el área que cuenta con el mayor número de zonas que sobrepasan la temperatura permitida, con el objetivo de priorizar de mayor a menor porcentaje la asignación de recursos para mejorar las condiciones.

La ecuación 3.4 nos indica como calcular el *NT* del área al dividir la cantidad de zonas del área que sobrepasan la temperatura permitida por la NOM-015-STPS-2011, entre el total de zonas que sobrepasan la temperatura permitida por 100.

Ecuación 3.4 Porcentaje de zonas con temperatura fuera de los limites permitido en el área analizada.

$$NT_{\text{área}} = \frac{\text{cantidad de zonas del área que sobrepasan la temperatura permitida}}{\text{total de zonas que sobrepasan la temperatura permitida}} \times 100 \quad (3.4)$$

3.7.5. Nivel de iluminación (NI)

La evaluación de los niveles de iluminación en el área de producción, se realiza de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008, teniendo un periodo de validez de dos años siempre y cuando no cambien las condiciones en las que se realizaron las mediciones [141]. El objetivo de calcular el *NI* de cada área es el poder identificar y priorizar el proceso con el mayor porcentaje de deficiencias en cuanto iluminación.

El cálculo del indicador *NI* por proceso se obtendrá como lo indica la ecuación 3.5, al sumar la cantidad zonas del área seleccionada que no cumplen con la iluminación requerida por la

normatividad dividida entre el total de zonas que no cumplen con la iluminación indicada, el cociente obtenido se multiplicará por 100.

Ecuación 3.5 Porcentaje de zonas que no cumplen con los niveles de iluminación en el área analizada.

$$NI_{\text{area}} = \frac{\text{cantidad de zonas del area que no cumplen con el nivel de luxes}}{\text{total de zonas que no cumplen con el nivel de luxes requeridos}} \times 100 \quad (3.5)$$

3.7.6. Factores de riesgo psicosocial (FRP-T)

El instrumento para determinar el nivel de riesgo psicosocial se incluye en la NOM-035-STPS-2018, para empresas menores a 50 empleados se utiliza la guía de referencia II, para empresas con más de 50 empleados se utiliza la guía de referencia III [142]. La norma establece que al menos cada dos años se debe realizar esta medición, el VSM-Ergo Integral considera realizar anualmente el análisis para obtener datos más aproximados a la realidad de los empleados, debido a factores como el cambio y rotación de personal en la empresa, así como para poder identificar de una forma eficiente como se perciben los cambios en las políticas de la empresa.

El cálculo del indicador FRP-T (ver ecuación 3.6) se obtendrá dividiendo la suma de las calificaciones totales de los cuestionarios realizados por los empleados del área entre la cantidad de empleados analizados. El promedio obtenido será la calificación de FRP-T para el proceso analizado.

Ecuación 3.6 Calificación promedio de FRP-T en el área analizada.

$$FRP - T_{\text{area}} = \frac{\text{suma de las calificaciones totales de los empleados del área seleccionada}}{\text{cantidad de empleados del área seleccionada}} \quad (3.6)$$

3.7.7. Trastornos musculoesqueléticos (TME)

La identificación de personal con molestias musculoesqueléticas se realiza con la aplicación del cuestionario nórdico de Kuorinka, contenido en la NOM-036-STPS-2018. El cálculo del indicador TME solo considera a los empleados que han tenido molestias en el último año en alguna de las partes del cuerpo indicadas en el cuestionario, priorizando así al proceso con mayor cantidad de empleados con padecimiento de TME.

El indicador por área *TME* se obtendrá con la ecuación 3.7, sumando la cantidad de empleados que indicaron que sí tuvieron molestia en alguna parte de su cuerpo en el último año por área y se dividirá entre el total de empleados que indicaron una o varias zonas del cuerpo con molestias, el cociente obtenido se multiplicará por 100 para obtener el *TME*.

Ecuación 3.7 Porcentaje de empleados con TME en el área analizada.

$$TME_{\text{área}} = \frac{\text{cantidad de empleados que manifestaron TME en el área}}{\text{total de empleados que manifestaron TME}} \times 100 \quad (3.7)$$

3.7 Integrar información del estado actual

Los valores de cada indicador por área se anotan en las cajas de datos del proceso correspondiente, en el mapa del flujo de información y de materiales previamente realizado. Con el objetivo de facilitar la toma de decisiones los datos se clasificarán en tres niveles de prioridad: el nivel bajo se identifica con el color verde, para el nivel medio se utiliza el amarillo y el nivel de relevancia alto se distingue con el color rojo. La clasificación de los tres niveles se realiza, tomando de referencia el método para la construcción de una distribución de frecuencias [154]:

- 1) Definir el rango de valores de las observaciones, identificando el valor máximo y mínimo para obtener la diferencia. Rango = máximo – mínimo.
- 2) La amplitud del intervalo se obtiene al dividir el rango obtenido entre tres, por ser el número de niveles definidos para la clasificación.
- 3) Los límites de cada categoría se establecen a través del límite inferior de la primera categoría, el cual puede ser igual o menor al valor mínimo de los datos, a este valor se le suma la amplitud del intervalo para obtener el límite inferior de la siguiente categoría y así sucesivamente hasta completar el número de categorías establecidas.

En la figura 3.3 se muestra la integración de los datos obtenidos a el dibujo realizado de flujo de información y material. El proceso 1, 2 y 3 muestran en la caja de datos cada uno de los indicadores y el resultado obtenido tras su cálculo, el círculo a la izquierda de cada número nos muestran la categoría a la que pertenece ese indicador, permitiendo identificar rápidamente de forma visual el área que requiere mayor enfoque.

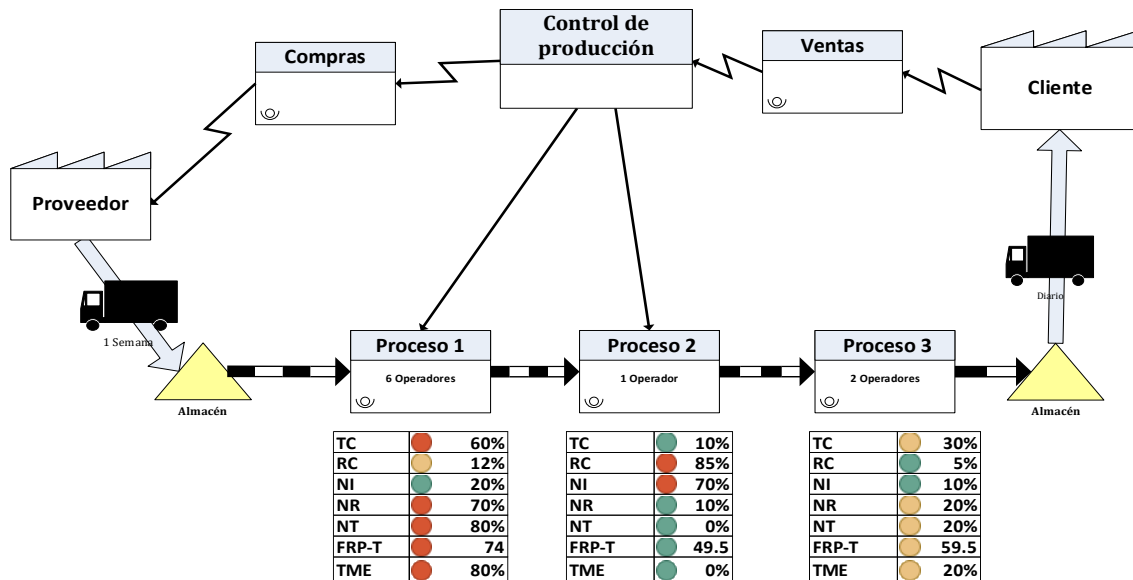


Figura 3.3 Estado actual del Ergo-VSM.

3.8 Identificar las áreas de oportunidad

Integrada la información del estado actual del proceso se deben hacer reuniones para identificar las áreas a mejorar. Se considera dar prioridad a los indicadores que se encuentren en el nivel más alto (rojo) de cada categoría.

Las siguientes preguntas guiarán para identificar las áreas de oportunidad que se buscarán mejorar en el proceso:

- ¿Cuáles son los principales FRP-T identificados?
- ¿Qué acciones se pueden realizar para reducir los principales FRP-T y mejorar la productividad?
- ¿Cuál es la condición ambiental (ruido, iluminación, temperatura) con mayor riesgo para los empleados?
- ¿Cómo se pueden mejorar las condiciones ambientales físicas de los empleados?
- ¿Se observa relación entre los TME y las actividades que realizan los empleados?
- ¿Qué cambios se pueden realizar en el proceso para reducir los TME?
- ¿Cuáles son las principales actividades que no agregan valor en el proceso con mayor tiempo de ciclo? y ¿Cómo se pueden eliminar?

3.9 Definir estado futuro deseado

En esta etapa se debe plasmar los objetivos que se quieren lograr para cada uno de los indicadores de prioridad alta, correspondiente al color rojo, se recomienda fijar objetivos alcanzables, por lo cual se sugiere fijar como meta alcanzar las mediciones que presenta el límite superior del nivel de prioridad medio. En la figura 3.4 se muestra a que porcentaje de mejora se desea llevar cada uno de los indicadores.

3.10 Kaizen Teian

La aportación de ideas enfocadas en mejorar las áreas de oportunidad identificadas se fomentará a través de un Kaizen Teian, el cual se realiza mostrando a los empleados los principales problemas identificados e invitándolos a que den propuestas de mejora en un buzón de sugerencias que se coloca en el área de producción. Los integrantes del equipo de trabajo se encargan de revisar las ideas, seleccionando aquellas que consideren factibles de implementar, se apeguen a las áreas de oportunidad identificadas, siempre tratando de no afectar negativamente las condiciones ergonómicas o productivas.

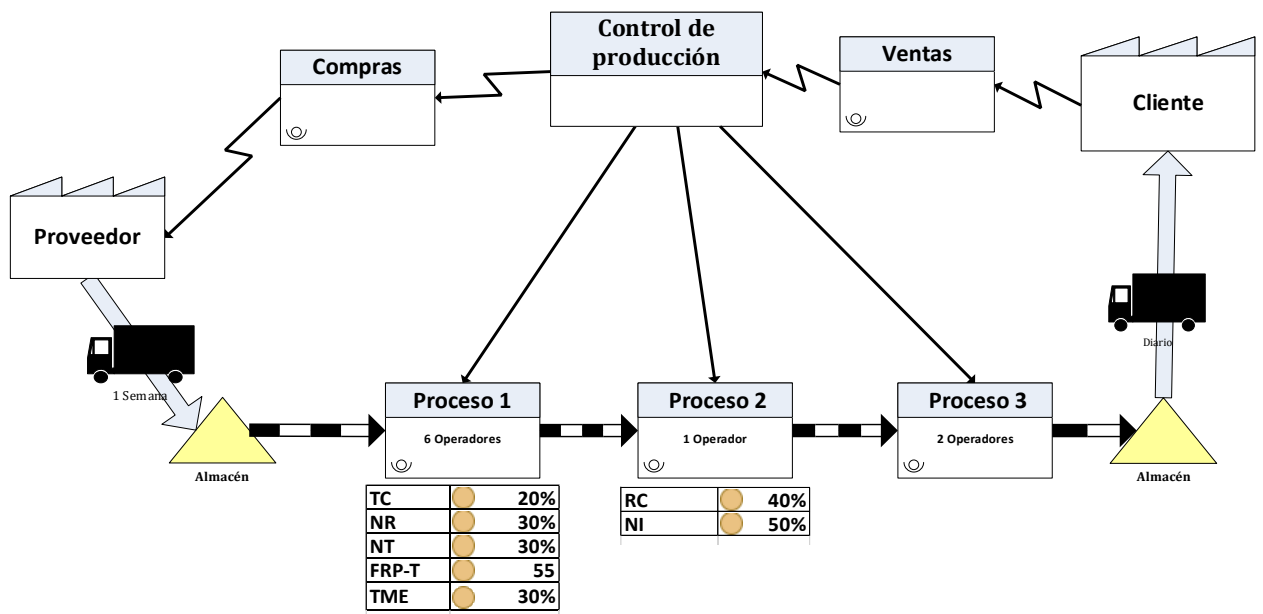


Figura 3.4 Estado futuro deseado del Ergo-VSM.

3.11 Realizar plan de mejora

El plan de mejora es la guía para realizar los cambios identificados en los procesos, aun cuando en las etapas anteriores se identifican una cantidad considerable de ideas de mejora para los procesos no todas se pueden implementar rápidamente. Para ello se recomienda hacer uso de las restricciones y sus respectivos niveles para la selección de los proyectos (ver tabla 3.2.):

- 1) Recurso humano, es decir, el personal requerido para cumplir las actividades. En un nivel bajo el personal de la empresa podrá realizar todas las actividades del proyecto; en el nivel medio se requiere consultoría regional o nacional; y en un nivel alto se debe contratar personal o contactar consultores extranjeros.
- 2) Recurso material, se refiere a las limitaciones por el equipo necesario para realizar los cambios. Si la empresa puede trabajar con el equipo con el que ya cuenta se considera un nivel bajo, pero si necesita reparar el equipo corresponde a un nivel medio y, por último, la adquisición de nuevo equipo es un nivel alto.
- 3) El tiempo considerado para la implementación del proyecto, nivel bajo cuando se estime un periodo menor a 6 meses; entre 6 y 12 meses se considera nivel medio; y para más de 12 meses es un nivel alto.

Para la selección de las ideas que se convertirán en proyectos, se lleva a cabo una matriz como la que se muestra en la tabla 3.3 indicando: el área que se impactará; una descripción breve de la idea; el nivel de riesgo de las restricciones relacionadas con el recurso humano, material y tiempo de implementación; y por último el alcance del proyecto para señalar los indicadores en los que se pretende tener un impacto favorable.

Tabla 3.2 Clasificación de los niveles para las restricciones.

Nivel	Recurso Humano	Recurso Material	Tiempo
Bajo	Personal de la empresa.	Uso de equipo propio.	Menos de 6 meses.
Medio	Consultoría Nacional.	Reparación de equipo propio.	Entre 6 y 12 meses.
Alto	Consultoría extranjera/ Contratación de personal.	Adquisición de equipo nuevo.	Mayor a 12 meses.

Tabla 3.3 Matriz de análisis de ideas para la selección de proyectos.

Área	Idea	Restricciones			Alcance						
		Recurso humano	Recurso material	Tiempo	TC	RC	NI	NT	NR	FRP-T	TME
Proceso 1	Nueva distribución en el área de trabajo.	Medio	Medio	Alto	X			X	X	X	
Proceso 1	Realizar gimnasia laboral.	Medio	Bajo	Bajo	X					X	X
Proceso 2	Realizar Check-list de calidad.	Bajo	Bajo	Bajo		X					
Proceso 3	Plan semanal de producción.	Bajo	Bajo	Bajo							

Es importante realizar un análisis crítico para identificar si realmente el cambio permitirá una mejora en los indicadores sin afectar a alguno. Además, se sugiere seleccionar aquellas ideas con un mayor alcance, es decir, que impacten más indicadores y con las restricciones más viables para la empresa.

En sí, la información registrada en la tabla 3.3 facilita la toma de decisiones para elegir el plan de mejora, identificando claramente las restricciones de uno u otro proyecto, así como los beneficios que se pueden obtener. Se recomienda asignar prioridades basadas en las ideas que se pueden realizar en menor tiempo y los recursos a utilizar sean bajos, esto permitirá avanzar al equipo y ver resultados en corto tiempo.

3.12 Ejecutar proyectos Kaizen

Cada proyecto Kaizen se establece en la matriz de seguimiento de proyectos (ver tabla 3.4) en donde se registra el área o proceso a mejorar; una descripción breve del proyecto; el nombre del responsable del equipo; fecha de inicio; fecha tentativa de término; y los comentarios para identificar si se tuvo algún contratiempo o se requiere asignación de recurso.

El líder del proyecto Ergo-VSM será el responsable de actualizar la matriz, reportar a la gerencia los avances y dar un seguimiento con los equipos y responsables para verificar el avance del proyecto. Los equipos de trabajo estarán integrados por personal involucrado con el área o proceso.

Tabla 3.4 Matriz de seguimiento a proyectos Kaizen.

Área	Proyecto Kaizen	Responsable	Fecha de inicio	Fecha tentativa de término	Comentarios
Proceso 1	Nueva distribución en el área de trabajo.				
Proceso 1	Realizar gimnasia laboral.				
Proceso 2	Realizar Check-list de calidad.				
Proceso 3	Plan semanal de producción.				

3.13 Evaluar resultados obtenidos

Concluidos los proyectos Kaizen es preciso medir cada indicador de nuevo para determinar si los cambios realizados en el proceso lograron el efecto deseado

Evaluar los resultados obtenidos dará certeza a la empresa en los beneficios de continuar trabajando con la metodología VSM-Ergo Integral, así como replicar en otras áreas aquellas acciones que dieron resultados positivos y descartar aquellas ideas que no lograron su objetivo.

3.14 Control del sistema

El control del sistema es la etapa de estandarización de procedimientos. Después de identificar los cambios que se deben de seguir en los procesos, así como aquellos que no se continuaran realizando, se debe iniciar con la etapa de definición de procesos para después documentarlos e implementar los controles necesarios para su seguimiento, a través de: instrucciones de trabajo, mapas de flujo del proceso, listas de verificación, procedimientos, hoja de trabajo estándar, entre otros.

La selección del proceso para estandarización dependerá del proceso y del control de sistema que se considere más apropiado para asegurar el seguimiento del nuevo proceso.

Capítulo 4 Análisis Experimental

En este capítulo se presenta la aplicación de la metodología VSM-Ergo Integral en una MiPyme metalmecánica especializada en la venta, diseño y manufactura de remolques, ubicada en la ciudad de Mexicali, Baja California.

El área de producción cuenta con un techo que cubre las zonas de trabajo, debido a la naturaleza de la actividad se trabaja en un espacio abierto, por lo cual las condiciones climáticas afectan directamente el medio ambiente físico del empleado.

Gracias al compromiso de la empresa para mejorar sus procesos con un enfoque ergonómico y productivo, se permitió implementar la metodología VSM-Ergo Integral en el área de producción.

4.1. Comprometerse con la manufactura esbelta y la ergonomía (Ergo-Lean)

Se llevo a cabo una reunión con la gerencia de la empresa para la presentación de la metodología VSM-Ergo Integral, en el cual se les indico el objetivo y las actividades a realizar para poder lograr el análisis experimental. La gerencia mostro interés en el proyecto y se comprometió a apoyar su implementación dentro de la empresa, entendiendo el objetivo de buscar mejoras integrales en los procesos, que busquen condiciones ergonómicas favorables y aumentar la productividad.

4.2. Conformar equipo de trabajo multidisciplinario

El equipo de trabajo se conformó con cinco empleados; el gerente de producción, tres supervisores de producción y un líder del área. El gerente de producción fungió como el líder del proyecto, siendo el responsable de dar seguimiento a las actividades y coordinar los esfuerzos.

4.3. Entrenar sobre conceptos básicos de manufactura esbelta, ergonomía y VSM-Ergo Integral

Se realizó un entrenamiento básico sobre manufactura esbelta, ergonomía y VSM-Ergo Integral, con una duración de cuatro sesiones de dos horas cada una. Debido al desconocimiento que se tenía sobre cada una de las áreas de enfoque, en cada sesión se reforzaba nuevamente lo visto en la sesión anterior, esto para asegurar el correcto entendimiento de los conceptos vistos.

4.4. Seleccionar familia de productos

La MIPyME ha desarrollado cuatro principales familias de remolques, cada una con características diferentes, buscando siempre adaptarse a las necesidades de sus clientes. A continuación, se enlistan las familias de remolques, con una breve descripción de sus características distintivas:

- **Transporte de vehículos:** diseñado para el transporte de autos relacionados con los vehículos denominados todo terreno.
- **Equipo pesado:** remolque para el transporte de cualquier tipo de carga denominada pesada.
- **Utilitarios:** modelo con plataforma a nivel medio de las llantas, de fácil acceso y útiles para todo tipo de carga.
- **Agrícolas:** variedad de modelos para soporte de actividades agrarias, como el abastecimiento de agua o fertilizantes, así como el transporte de suplementos agrícolas.

Con el fin de seleccionar la familia de productos para realizar el Ergo-VSM Integral, se realizó el Análisis de Producto-Calidad, tomando las ordenes de producción de los últimos 6 meses, periodo de septiembre del 2019 a enero del 2020, con ello se identificó que la familia de utilitarios comprendía el 55% de sus ventas, aunado a esto la empresa ya tenía planes de aumentar la comercialización de estos productos.

4.5. Identificar flujos de información y de material

La identificación del flujo de información se inició con una reunión con los departamentos de: ventas, diseño y compras. Cada uno señaló como recibe la información y la pasa al siguiente proceso. El flujo de material se definió en el piso de producción, recorriendo el proceso y preguntando directamente a quien recibe el material.

La figura 4.1 muestra el mapa de flujo de información y material del caso de estudio, así como la cantidad de operadores en cada área. El flujo inicia cuando el cliente de manera electrónica realiza un requerimiento de producto al departamento de ventas. La información del pedido se envía por correo electrónico al gerente de producción para que él realice la planeación de los planos requeridos y de fabricación. El flujo de material inicia con la recepción y resguardo del material por parte de almacén, el cual es responsable de su entrega al área de corte para iniciar con el proceso de fabricación:

1. Corte: se realiza el corte de materia prima de acuerdo con las dimensiones requeridas por el modelo, así como maquinado en tubos, laminas o soleras de acero, utilizando un torno paralelo, pantógrafo CNC, fresadora horizontal y cortadora de disco.
2. Doblado: proceso de hacer pliegues a piezas como guardafangos, cajas, gabinetes o piezas de menor medida, utilizando una dobladora hidráulica.
3. Ejes: armado y soldadura de los ejes del remolque, utilizando soldadura MIG para la unión de los componentes.
4. Armado: se realiza el ensamble de la materia prima, uniendo con soldadura MIG.
5. Limpieza: proceso de desbaste del remolque para disminuir las imperfecciones de soldadura y prepararlo para un mejor acabado en la pintura.
6. Pintura: aplicación de pintura líquida en un cuarto aislado del área de producción, utilizando una pistola de gravedad se cubre el remolque con el color seleccionado por el cliente.
7. Final: proceso que consiste en la instalación de refacciones en el remolque, como llantas, luces y calcomanías, entre otros.

Una vez que el remolque es terminado se entrega al cliente, el cual puede recogerlo directamente en las oficinas de la empresa o se le envía a su ciudad si es requerido.

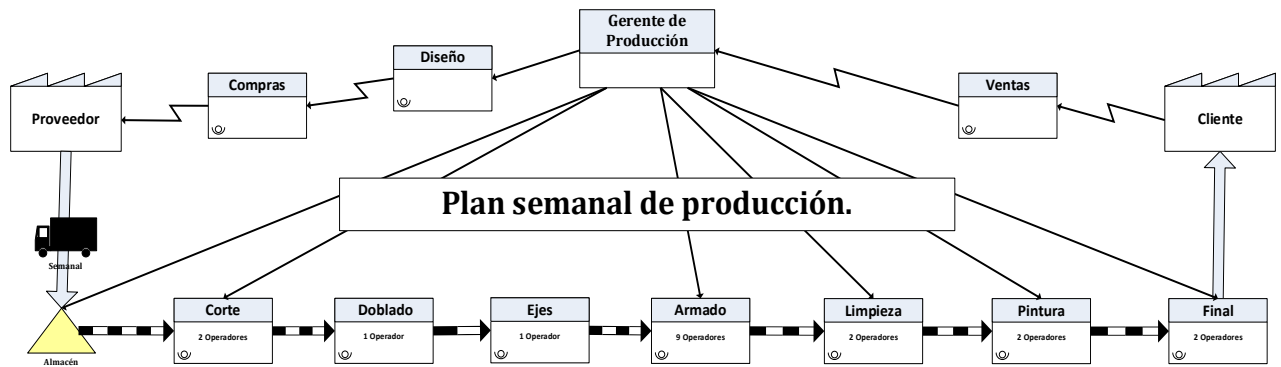


Figura 4.1 Mapa de flujo de información y material.

4.6. Realizar mediciones ergonómicas y productivas

4.6.1. Toma de tiempos

La toma de tiempos para determinar el tiempo de ciclo en cada operación se realizó siguiendo tres órdenes de la familia de utilitarios por el proceso de manufactura. La selección del operador en cada estación de trabajo se llevó a cabo en conjunto con los supervisores de producción, eligiendo empleados capacitados y con interés en apoyar en el estudio. La posición durante el estudio fue de pie, a una distancia que permitía ver las actividades claramente para no interferir con el trabajo y la seguridad, tanto del operador como del observador.

La tabla 4.1 muestra los resultados en minutos de las tres órdenes analizadas, así como el tiempo promedio de cada proceso y el total, con estos datos se calculó el TC de cada área, de acuerdo con la ecuación 3.1. La columna TC indica el resultado del indicador que se anotó en el estado actual del VSM-Ergo Industrial.

Tabla 4.1 Resultado de la toma de tiempos en minutos y cálculo del indicador TC.

Proceso	Orden 1	Orden 2	Orden 3	Tiempo promedio	Calculo TC	TC
Corte	270	350	480	366.7	$TC_{Corte} = \frac{366.7}{2677} \times 100$	13.7%
Doblado	25	42	32	33	$TC_{Doblado} = \frac{33}{2677} \times 100$	1.2%
Ejes	115	146	128	129.7	$TC_{Ejes} = \frac{129.7}{2677} \times 100$	4.8%
Armado	1008	1075	1220	1101	$TC_{Armado} = \frac{1101}{2677} \times 100$	41.1%
Limpieza	120	345	360	275	$TC_{Limpieza} = \frac{275}{2677} \times 100$	10.3%
Pintura	250	270	375	298.3	$TC_{Pintura} = \frac{298.3}{2677} \times 100$	11.1%
Final	410	450	560	473.3	$TC_{Final} = \frac{473.3}{2677} \times 100$	17.7%
Total	2198	2678	3155	2677		

4.6.2. Rechazos de Calidad (RC)

El encargado de llevar el registro de los rechazos de calidad es el gerente de producción, la bitácora electrónica comenzó en agosto del 2019, por lo cual se tomaron esos datos, hasta los registrados en febrero del 2020, cuando se comenzó la construcción del VSM-Ergo Integral. La bitácora de calidad cuenta con la información del empleado que cometió la desviación del proceso, fecha, orden de producción y la causa.

El concentrado de información y el cálculo del indicador RC por proceso se muestra en la tabla 4.2, en donde se puede observar que el indicador con más alto RC corresponde a diseño con 39.2%, por lo tanto, se tomó la decisión por parte del equipo de trabajo de incluir al departamento de diseño, debido a la cantidad de errores que afectaron a producción por faltante de datos en los planos o información incorrecta.

Se entrevistó a los dos diseñadores industriales que integran el departamento, ellos indican que no tienen un sistema amigable para la modificación de planos, cada remolque es diferente a el anterior y deben ajustarse a los requerimientos de la orden, esto provoca que se entregue información incorrecta a producción.

Tabla 4.2 Resultados de rechazos de calidad por proceso y cálculo del indicador RC.

Proceso	Cantidad de rechazos	Calculo RC	RC
Corte	22	$RC_{Corte} = \frac{22}{120} \times 100$	18.3%
Doblado	4	$RC_{Doblado} = \frac{4}{120} \times 100$	0.6%
Ejes	0	$RC_{Ejes} = \frac{0}{120} \times 100$	0%
Armado	25	$RC_{Armado} = \frac{25}{120} \times 100$	20.8%
Limpieza	0	$RC_{Limpieza} = \frac{0}{120} \times 100$	0%
Pintura	1	$RC_{Pintura} = \frac{1}{120} \times 100$	11.1%
Final	12	$RC_{Final} = \frac{12}{120} \times 100$	10%
Diseño	47	$RC_{Diseño} = \frac{47}{120} \times 100$	39.2%
Total	120		

4.6.3. Nivel de ruido (NR)

La medición del nivel de ruido en el área de producción se realizó de acuerdo con lo establecido en la NOM-011-STPS-2001, el equipo que se utilizó fue un sonómetro clase 1 con pantalla contra viento. Se efectuó un recorrido de reconocimiento por el área de producción para identificar las áreas con un nivel de ruido mayor de 80dB(A).

El tipo de ruido en las áreas presentó variaciones mayores a 5dB (A) por lo cual se clasificó como ruido inestable. La selección de los puntos de medición se realizó bajo el método de prioridad de áreas de evaluación, dividiendo el área de producción en cuadrados de 6 metros, seleccionando las zonas con mayor cantidad de empleados expuestos como se muestra en la figura 4.3.

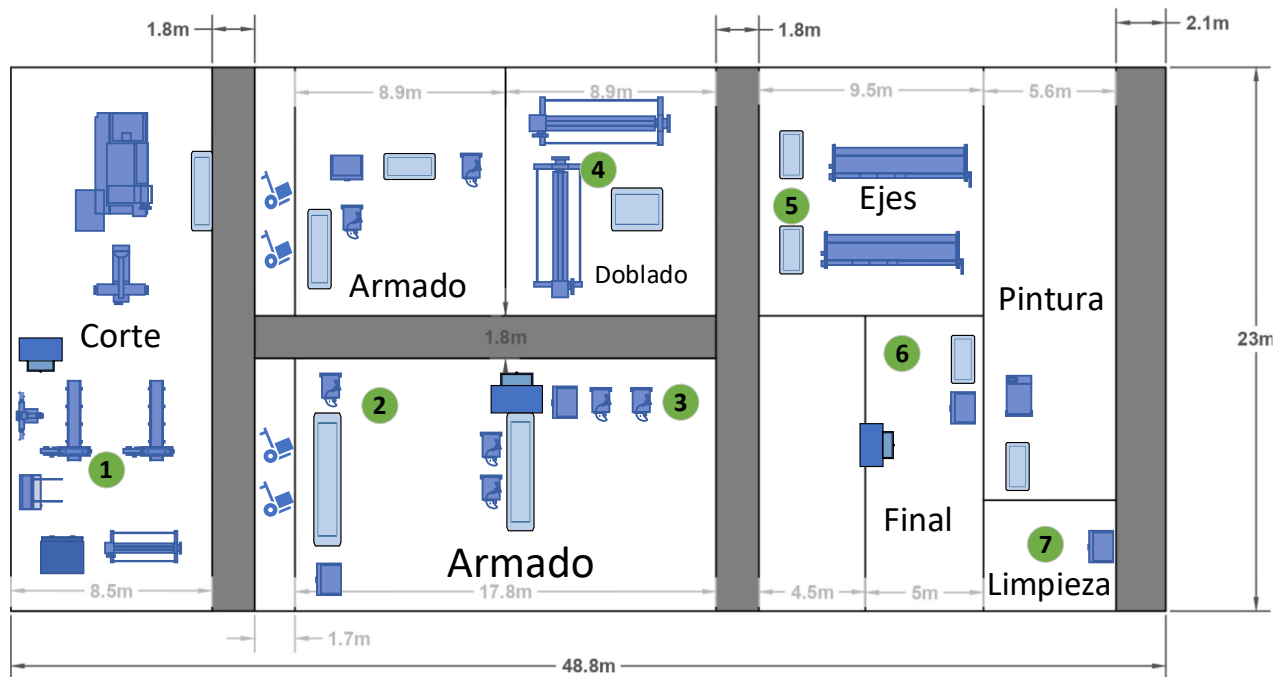


Figura 4.2 Puntos de medición de ruido en el área de producción.

Siguiendo el método para evaluar ruido inestable con sonómetro, se realizaron cinco periodos de observación, con una duración de cinco minutos cada uno y registrando 50 lecturas por periodo, dando un total de 250 mediciones registradas para cada área seleccionada. Una vez obtenidos los datos de niveles de ruido se calculó el promedio de punto de medición con la fórmula 4.1 para después obtener el NER con la ecuación 4.2.

Ecuación 4.1 Promedio del punto de medición [139].

$$NS_{Ai} = 10 \log \frac{1}{250} \sum_{j=1}^{250} 10 \frac{N_j}{10} \quad (4.1)$$

NS_{Ai} = es el promedio del punto de medición i

N_j = Es el NS_A registrado

Ecuación 4.2 Nivel de exposición al ruido [139].

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n t_i 10^{\frac{NS_{Ai}}{10}} - 10 \log T_e \quad (4.2)$$

NS_{Ai} = es el NS_A promedio del punto de medición i

t_i = tiempo de exposición en el punto de medición i.

T_e : tiempo total de exposición.

En la tabla 4.3 se muestra el NER obtenido por proceso, así como la cantidad de empleados expuestos a estos niveles de ruido. Ninguno de los puntos de medición obtuvo valores iguales o mayores a los 90 dB(A), además el uso de tapones auditivos está reglamentado y la empresa proporciona tapones de espuma de poliuretano blando con un factor de nivel de reducción a ruido de 32dB [155], por lo tanto, se considera que el NER no es un factor de riesgo para los empleados.

4.6.4. Nivel de iluminación (NI)

La medición del nivel de iluminación en el área de producción se realizó de acuerdo con lo establecido en la NOM-025-STPS-2008, utilizando como herramienta de medición un luxómetro. El método para la cantidad de lecturas seleccionado fue en el que la luz natural si influye en el área de trabajo, por lo cual se tomaron tres mediciones en cada punto seleccionado, bajo el siguiente esquema: una lectura en la primera hora del turno, la segunda lectura a mitad de la jornada y la tercera lectura durante la última hora de trabajo.

Los puntos de medición se seleccionaron de acuerdo con el método para establecer el número mínimo de zonas a evaluar en relación con la altura de la iluminación y las dimensiones del área de trabajo, dando un total de 16 zonas por evaluar indicados en la figura 4.5, para seleccionar las que posean mayor concentración de empleados.

Tabla 4.3 Nivel de ruido en producción.

Punto	Proceso	Nivel de exposición a ruido en dB(A)	Empleados expuestos
1	Corte	88.9	4
2	Armado	86.8	6
3	Armado	86.5	5
4	Doblado	88.6	2
5	Ejes	84	1
6	Final	84.1	5
7	Limpieza	83	2

En la tabla 4.4 se muestran los resultados obtenidos en cada una de las mediciones realizadas, en el caso de los puntos 14 y 15, dentro del cuarto de pintura, se realizó solamente una medición a medio turno. En la columna de luxes requeridos se indica la cantidad de luxes que indica la norma dependiendo de las tareas que se realizan en el centro de trabajo y de color amarillo se marcaron aquellos valores que no cumplen con requerimiento mínimo de la norma.

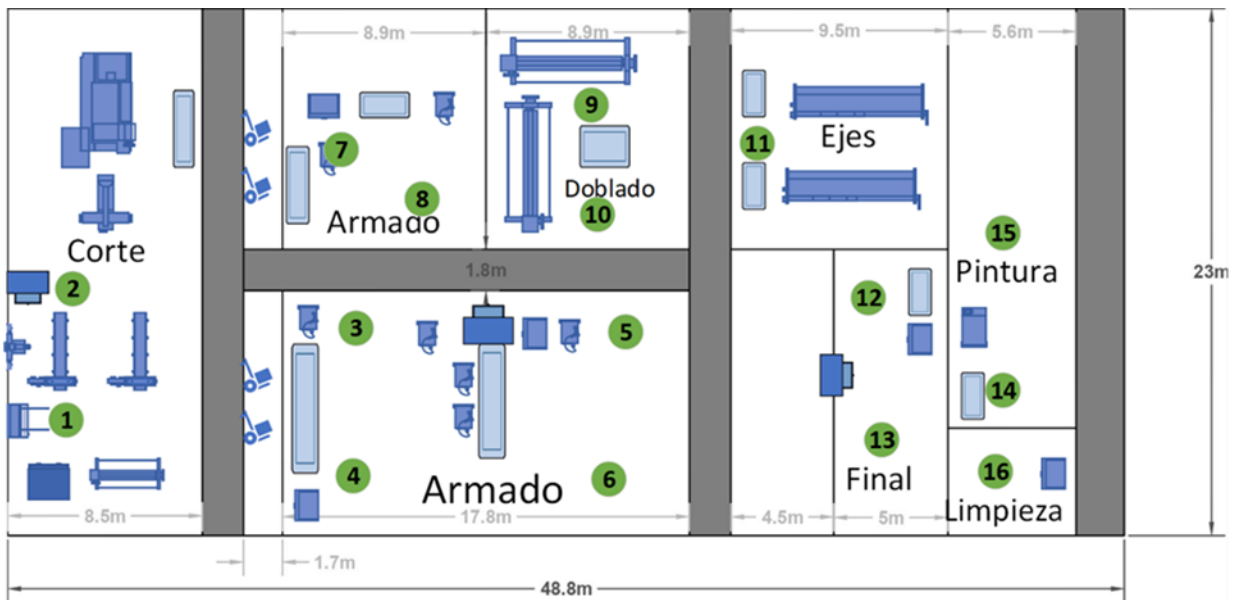


Figura 4.3 Puntos de medición seleccionados de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008.

Tabla 4.4 Resultado de mediciones realizadas de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008.

Punto de medición	6:30 AM	10:30 AM	2:30 PM	Luxes requeridos	Punto de medición	6:30 AM	10:30 AM	2:30 PM	Luxes requeridos
1	372	324	310	300	9	150	449	324	300
2	120	306	408	300	10	310	370	586	300
3	192	942	804	300	11	187	460	320	300
4	256	1430	976	300	12	650	2000	2000	300
5	210	975	510	300	13	205	470	332	300
6	650	1930	1334	300	14	390			750
7	175	780	850	300	15	344			750
8	310	370	350	300	16	900	2000	2001	300

En la tabla 4.5 se muestra el cálculo del indicador NI aplicando la ecuación 3.5. de acuerdo con las mediciones obtenidas y registradas en la tabla 4.4, se contaron la cantidad mediciones que no cumplen con los niveles de luxes indicados en la norma, para después realizar el cálculo del NI por proceso.

4.6.5. Factores de riesgo psicosocial (FRP-T)

Para la identificación y análisis de los factores de riesgo psicosocial se utilizó la guía de referencia II de la NOM-035-STPS, la cual es la recomendada para los centros de trabajo de hasta 50 empleados. El cuestionario se aplicó a los 19 empleados del área de producción, haciendo énfasis en que las respuestas emitidas son exclusivamente con fines de mejorar el ambiente laboral, tal como lo indica la norma

Tabla 4.5 Cálculo del indicador NI.

Proceso	Cantidad de puntos que no cumplen	Calculo NI	NI
Corte	1	$NI_{Corte} = \frac{1}{10} \times 100$	10%
Doblado	1	$NI_{Doblado} = \frac{1}{10} \times 100$	10%
Ejes	1	$NI_{Ejes} = \frac{1}{10} \times 100$	10%
Armado	4	$NI_{Armado} = \frac{4}{10} \times 100$	40%
Limpieza	0	$NI_{Limpieza} = \frac{0}{10} \times 100$	0%
Pintura	2	$NI_{Pintura} = \frac{2}{10} \times 100$	20%
Final	1	$NI_{Final} = \frac{1}{10} \times 100$	10%
Total	10		

La puntuación para las respuestas de los empleados se obtuvo de la tabla de valor de las opciones de respuesta incluida en la guía de referencia II. La calificación obtenida, tanto de manera global, como por dominio y categoría se clasificaron en la siguiente escala de riesgo: nulo, bajo, medio, alto o muy alto.

La tabla 4.6 muestra los promedios por área y dominio de los resultados obtenidos, además señala que el proceso de corte presenta un nivel bajo, doblado presenta un nivel de riesgo alto y el resto de los procesos se encuentran en un nivel medio de riesgo de factores psicosociales.

En el proceso de doblado los principales dominios de riesgo psicosocial son la carga de trabajo, la falta de control sobre el trabajo, la jornada laboral y el liderazgo, en menor riesgo las condiciones en el ambiente de trabajo y la interferencia en la relación trabajo-familia. Los dominios de relaciones en el trabajo y violencia no presentan riesgos para el empleado. En la tabla 4.7 se muestra el cálculo del indicador FRT-P para cada área de acuerdo con la ecuación 3.6.

Tabla 4.6 Resultados promedios por área de la guía de referencia II.

Dominio	Corte	Doblado	Ejes	Armado	Limpieza	Pintura	Final
Condiciones en el ambiente de trabajo	5	8	12	7	4.5	7	8
Carga de trabajo	17.3	28	31	23.1	14.5	24	26.5
Falta de control sobre el trabajo	7.7	14	0	10.1	12	11	11.5
Jornada de trabajo	0	6	0	1.8	1.5	2	3
Interferencia en la relación trabajo-familia	1.7	3	0	1.5	1	0.5	1
Liderazgo	2.3	12	8	7.9	3.5	4	4
Relaciones en el trabajo	1	2	7	3	3.5	3	1.5
Violencia	2.7	5	8	4.1	3	4.5	5.5
Total	38	78	66	58.5	43.5	56	61

Tabla 4.7 Cálculo del indicador FRP-T para cada área.

Proceso	Cantidad de trabajadores	Suma de calificaciones totales	Cálculo de FRP-T	FRP-T
Corte	3	114	$FRP - T_{Corte} = \frac{114}{3} \times 100$	38
Doblado	1	78	$FRP - T_{Doblado} = \frac{78}{1} \times 100$	78
Ejes	1	66	$FRP - T_{Ejes} = \frac{66}{1} \times 100$	66
Armado	8	468	$FRP - T_{Armado} = \frac{468}{8} \times 100$	58.5
Limpieza	2	87	$FRP - T_{Limpieza} = \frac{87}{2} \times 100$	43.5
Pintura	2	112	$FRP - T_{Pintura} = \frac{112}{2} \times 100$	56
Final	2	122	$FRP - T_{Final} = \frac{122}{2} \times 100$	61

4.6.6. Molestias musculoesqueléticas (TME)

Se aplicó el cuestionario nórdico incluido en la NOM-036-STPS, para la identificación de trastornos musculoesqueléticos en el personal de producción. En la tabla 4.8 se muestran los resultados de los empleados que contestaron si a la pregunta sobre haber tenido molestias en alguna parte del cuerpo, así como el cálculo del indicador TME por procesos. En el Anexo A se incluye el detalle de las respuestas emitidas por los empleados.

La cantidad de empleados que si presentaron molestias en los últimos 12 meses fue de 10 personas. El área que presento la mayor cantidad de empleados con molestias musculoesqueléticas es el de armado con un 70%, las áreas de pintura, ensamble y corte presentaron un 10% cada una.

Tabla 4.8 Resultados de empleados que presentaron molestias musculoesqueléticas.

Proceso	Empleados con molestias	Cálculo de TME	TME
Corte	1	$TME_{Corte} = \frac{1}{10} \times 100$	10%
Doblado	0	$TME_{Doblado} = \frac{0}{10} \times 100$	0%
Ejes	0	$TME_{Ejes} = \frac{1}{10} \times 100$	0%
Armado	7	$TME_{Armado} = \frac{7}{10} \times 100$	70%
Limpieza	0	$TME_{Limpieza} = \frac{0}{10} \times 100$	0%
Pintura	1	$TME_{Pintura} = \frac{1}{10} \times 100$	10%
Final	1	$TME_{Final} = \frac{1}{10} \times 100$	10%
Total	10		

4.7. Integrar información del estado actual

Las categorías de los niveles se realizaron tomando de referencia el método para la construcción de una distribución de frecuencias. La tabla 4.9 nos muestra la distribución de los rangos de valores para cada indicador, en el caso del NR no aplica esta distribución ya que ninguno de los valores registrados sobrepasa los niveles de ruido permitidos por la norma.

En la figura 4.4 se muestra terminado el mapa del estado actual del proceso de producción analizado. La inclusión de la caja de datos para cada proceso al mapa previamente realizado del flujo de información y material nos permitió identificar la situación real del proceso. La clasificación de los indicadores por rangos de colores, se indican con un círculo a la izquierda de cada valor obtenido, facilitando el análisis de forma visual de cada proceso.

Tabla 4.9 Distribución de rangos de valores del Ergo-VSM Integral.

Indicador	Color: Verde - Nivel: Bajo	Color: Amarillo - Nivel: Medio	Color: Rojo - Nivel: Alto
TC	$1.2 \leq tc_{area} < 14.5$	$14.5 \leq tc_{area} < 27.2$	$27.2 \leq tc_{area} < 41.1$
RC	$0 \leq Calidad_{area} < 13.1$	$13.1 \leq X < 26.2$	$26.2 \leq X < 39.3$
NI	$0 \leq X < 14$	$14 \leq X < 28$	$28 \leq X < 42$
NR	No aplica para este caso de análisis.		
TME	$0 \leq X < 24$	$24 \leq X < 48$	$48 \leq X < 72$
FRP-T	$37.3 \leq X < 50.3$	$50.3 \leq X < 63.3$	$63.3 \leq X < 76.3$

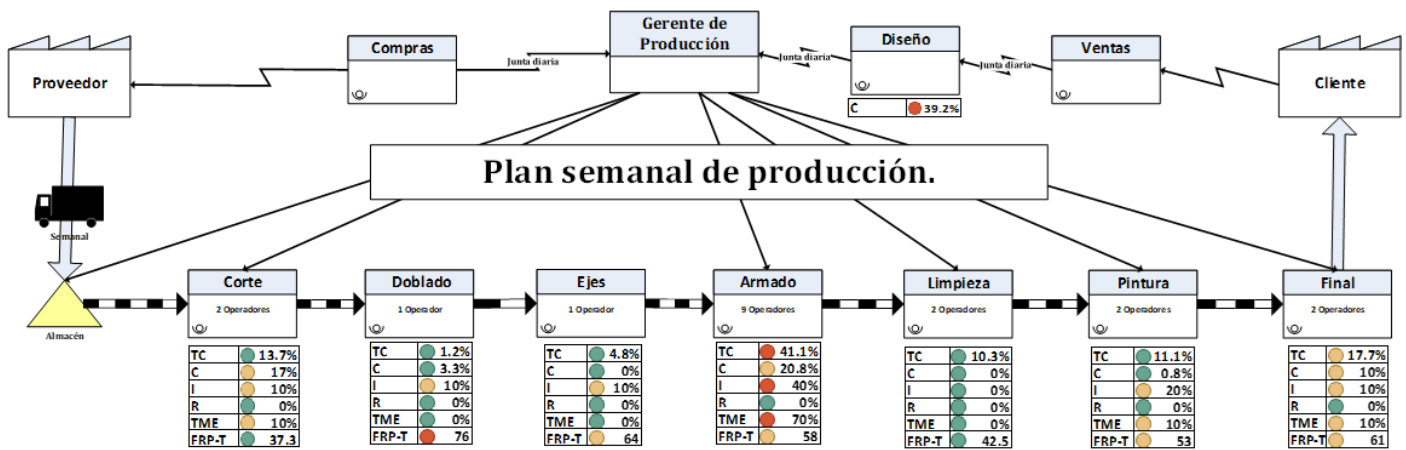


Figura 4.4 Estado actual del proceso de producción metalmecánico.

4.8. Identificar áreas de oportunidad

La figura 4.5 muestra el VSM-Ergo Integral del estado actual del proceso de producción de la MIPyME, en el cual se puede identificar fácilmente las áreas que se encuentran en un nivel de prioridad bajo como lo es el área de limpieza, al contar con todos los indicadores en color verde. El área de armado por otra parte cuenta con un TC, NI y TME en un nivel alto de prioridad por lo cual se seleccionó como prioridad para mejora. Los FRP-T en el proceso de doblado representan

un riesgo para el empleado, por lo cual se realizó un análisis a fondo de las respuestas emitidas en la guía de referencia II por parte del empleado.

El departamento de diseño es el que cuenta con mayor porcentaje de rechazos de calidad, debido a falta de información o datos incorrectos en los planos de los remolques. Aun cuando el personal de este departamento no se encuentra directamente en producción, sus errores o aciertos afectan directamente el proceso de manufactura, por lo cual se tomó la decisión de incluirlos en este indicador.

4.9. Definir estado futuro deseado

El estado futuro deseado se definió tomando los indicadores que se encuentran en color rojo, el objetivo fue reducir estos indicadores y llevarlos a la categoría amarilla de cada una como se muestra en la figura 4.11. Para lo cual se trabajó en mejorar los siguientes indicadores:

- Incidencias de calidad en el proceso de diseño.
- Factores de riesgo psicosocial en el proceso de doblado.
- Tiempo de ciclo, iluminación y trastornos musculoesqueléticos en armado.

Así como definir un plan semanal de producción para los procesos de doblado y ejes, los cuales carecen de esta planeación, lo que provoca estrés laboral.

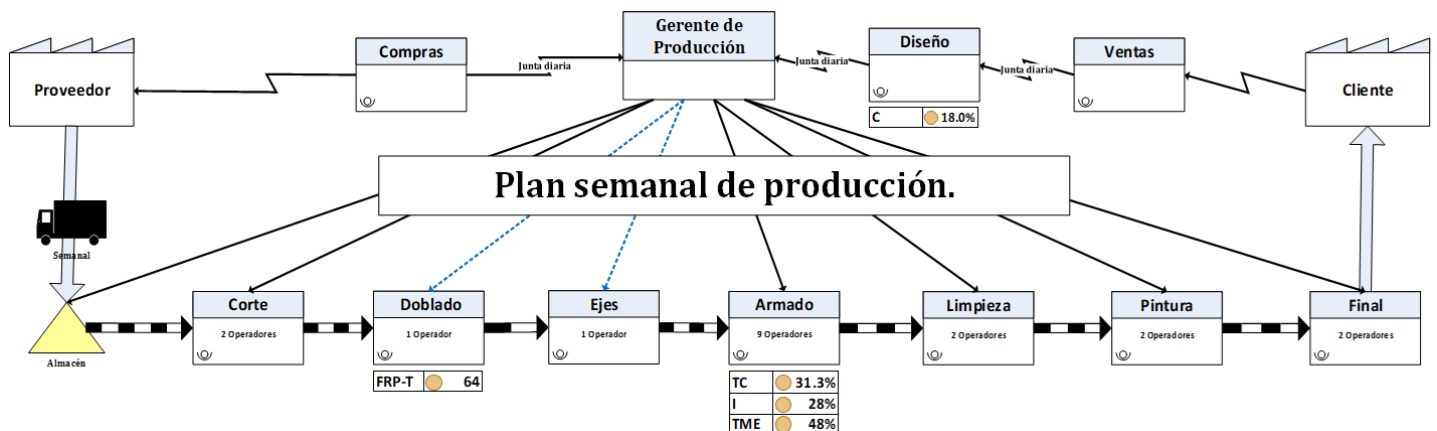


Figura 4.5 Estado futuro deseado del VSM-Ergo Integral.

4.10. Realizar Kaizen Teian

Se realizaron reuniones con el personal de producción y diseño para explicarles las áreas de oportunidad identificadas, así como el estado futuro deseado y después realizar una lluvia de ideas sobre cómo se podría mejorar las condiciones actuales. Se propició un ambiente amable y sin crítica para que el personal expresara sus ideas.

Aun cuando se les definió los indicadores que se buscan mejorar, el personal aportó ideas de otras áreas o indicadores, todas las ideas generadas por los empleados se anotaron por el equipo de trabajo, ya que son valiosas y se pueden implementar en otro momento por la empresa.

En la tabla 4.10 se muestran las principales ideas aportadas por los empleados, el registro se realizó anotando la idea, el área donde se puede implementar, así como una columna de comentario del personal para incluir de manera breve el por qué considera que puede ayudar o sobre como sería la implementación de la idea.

Tabla 4.10 Principales ideas aportadas por el personal de producción y diseño.

Idea	Área	Comentario del personal
Plan de trabajo para cada día.	Doblado	Contar con un plan de prioridades por día ayudará.
Fabricar plantillas.	Armado	La fabricación de plantillas para el armado de los remolques puede reducir el tiempo de ensamble.
Nueva distribución de iluminación.	Armado	Se requiere más luminarias para facilitar el trabajo.
Estiramientos al iniciar el turno, calistenia.	Armado	Realizar estiramientos nos ayuda a prepararnos para la jornada laboral.
Definir celdas de trabajo y líderes.	Armado	Conformar los equipos de trabajo con sus líderes de celda nos ayudará en la organización y seguimiento del personal.
Estandarización de planos.	Diseño	Los planos no tiene un diseño estandarizado, la información se presentan de forma diferente por cada diseñador.
Reuniones para validación de planos de producción.	Diseño	Presentar los planos al personal experimentado de producción permitirá identificar errores antes de la fabricación del producto.
Entrenamiento en Solid Works.	Diseño	Se desconocen herramientas del programa para facilitar el diseño de planos.
Reuniones al inicio de turno.	Producción	Esto nos permitirá tener claro las prioridades del día.
Pizarrones con indicadores.	Producción	Conocer la información importante.
Instrucciones de trabajo.	Producción	Facilitará el entrenamiento a personal de nuevo ingreso.
Plan de entrenamiento anual.	Producción	Se requiere entrenamiento para realizar mejor el trabajo.
Mejorar la iluminación.	Armado	Al inicio de turno no se cuenta con suficiente luz.

4.11. Determinar plan de mejora

A continuación, se explica el análisis realizado por parte del equipo de trabajo del VSM-ERGO Integral a las ideas propuestas en la etapa anterior, el cual se enfocó en el alcance que puede tener el proyecto desde el punto de vista de los indicadores que se pueden beneficiar de la implementación de la idea.

- Reuniones de inicio de turno: definir el plan de trabajo diario en una junta al inicio de la jornada, ayudaría a reducir demoras durante el turno por falta de esta información, así como beneficiar los FRT-P en los dominios de liderazgo y carga de trabajo, debido a que los empleados expresaron falta de claridad en las indicaciones de trabajo.
- Pizarrones de producción: complementa el punto de reuniones de trabajo al inicio de turno al contar con información escrita de forma clara y de fácil consulta para los empleados durante el turno.
- Generar instrucciones de trabajo y ayudas visuales: realizar manuales de trabajo que definan el método indicado para cada actividad reducirá las demoras del empleado por preguntar a los compañeros o supervisor como realizar la actividad, así como los rechazos de calidad. los FRT-P se verán beneficiados en los dominios de liderazgo y falta de control sobre el trabajo: los empleados indicaron que deben memorizar mucha información.
- Plan de entrenamiento anual: trabajar con personal capacitado permitirá reducir el TC por dudas o movimientos innecesarios, prevendrá generar defectos de calidad por falta de conocimiento y beneficiará los FRT-P en el dominio de falta de control sobre el trabajo, relacionado directamente con la falta de capacitación recibida.
- Actualización de Check-list de calidad: las listas de verificación generadas con anterioridad no se encuentran actualizados con los modelos recientes, por lo cual no se utilizan. El actualizarlos permitirá inspeccionar los remolques de forma correcta para identificar y prevenir errores de calidad, así como ayudar el dominio de carga de trabajo al evitar la memorización de información por parte del empleado.
- Fabricación y uso de plantillas para modelos ST (barandal, rampa y lanza): el proceso de armado toma un 41.1% del tiempo de ciclo, la fabricación de barandal, rampa y lanza no tiene variaciones en este tipo de modelos, por lo cual el fabricar plantillas para la

manufactura de estas piezas, reducirá el tiempo de ciclo, los errores de calidad y los FRT-P al relacionarse con el dominio de carga de trabajo.

- Celdas de trabajo y asignación de líderes de celda: dividir el personal de armado en equipos de trabajo con un líder, beneficiara el TC al contar con una persona que solucione las dudas y problemas del día a día, se consideró que los RC pueden reducirse por la inspección constante del líder. Los FRT-P mejorarían al trabajar con los dominios de liderazgo y carga de trabajo, al atacar la claridad y dudas en las indicaciones.
- Nueva distribución de luminaria: debido a que el área de armado es la que tiene mayor cantidad de zonas que no cumplen con los requerimientos de iluminación, se considera relevante el mejorar esta instalación, con mayor cantidad de luminarias y en una altura más cercana al operador.
- Rutina de estiramiento al inicio de turno: realizar calistenia al inicio del turno puede ayudar a los FRT-P en los dominios de ambiente y carga de trabajo, así como los TME por el ejercicio realizado.
- Plan semanal de trabajo para el área: el contar con un plan de trabajo para las áreas de doblado y ejes reducirá el tiempo de consultar al supervisor cada que se termina una orden, así como afectar el plan de producción por retrasos en las órdenes. Los FRT-P se beneficiarán en los dominios de liderazgo y falta sobre el control del trabajo.
- Reuniones para validación de planos con personal de producción: el realizar una junta con el personal que fabricara el remolque con indicaciones especiales, ayudara a reducir el TC al evitar las dudas en piso de producción, así como los defectos de calidad relacionado con la falta de información.
- Entrenamiento en SolidWorks: el personal del departamento de diseño indico su falta de conocimiento en ciertas funciones del programa, se consideró que esto los retrasaba y provoca errores en el diseño de planos.
- Nuevo diseño en planos de trabajo: el personal de producción resalto la falta de estandarización de los planos, así como ausencia de vistas que ellos consideraban relevantes, un nuevo diseño en los planos facilitara la lectura de ellos para los operadores, lo cual puede mejorar los RC.

En la tabla 4.11 se muestra el concentrado del análisis realizado previamente de cada idea, indicando las restricciones del proyecto de acuerdo con la tabla 3.2 y el alcance del proyecto en relación con el indicador VSM-Ergo Integral a mejorar.

El plan de mejora se determinó en conjunto con la alta gerencia para poder trabajar en equipo en todos los niveles. Las ideas seleccionadas para implementar en el área de producción fueron: reuniones al inicio de turno, uso de pizarrones con indicadores, así como iniciar con la generación de instrucciones de trabajo y ayudas visuales. Los proyectos para armado consistieron en la fabricación y uso de plantillas en remolques de la familia ST, definir celdas de trabajo y líderes de celdas. Para el área de doblado y ejes: se propuso realizar plan semanal de trabajo y finalmente para el departamento de diseño: iniciar con reuniones para validar planos con producción, entrenamiento en SolidWorks y estandarización de planos de trabajo.

Tabla 4.11 Matriz de análisis de ideas para la selección de proyectos.

Área	Idea	Restricciones			Alcance				
		Recurso humano	Recurso material	Tiempo	TC	RC	NI	FRP-T	TME
Producción	Reuniones de inicio de turno.	Bajo	Bajo	Bajo	X			X	
Producción	Pizarrones de producción.	Bajo	Medio	Bajo	X			X	
Producción	Generar instrucciones de trabajo y ayudas visuales.	Bajo	Bajo	Medio	X	X			X
Producción	Plan de entrenamiento anual.	Medio	Bajo	Alto	X	X		X	
Producción	Actualización de Check-list de calidad.	Bajo	Bajo	Bajo		X		X	
Armado	Fabricación y uso de plantillas para modelo ST (barandal, rampa y lanza).	Bajo	Bajo	Bajo	X	X		X	
Armado	Celdas de trabajo y asignación de líderes de celda.	Bajo	Bajo	Bajo	X	X		X	
Armado	Nueva distribución de luminaria.	Medio	Alto	Alto			X		
Armado	Rutina de estiramiento al inicio del turno.	Medio	Bajo	Bajo	X			X	X
Doblado y Ejes	Plan semanal de trabajo para el área.	Bajo	Bajo	Bajo	X			X	
Diseño	Reuniones para validación de planos con personal de producción.	Bajo	Bajo	Bajo	X	X		X	
Diseño	Entrenamiento en SolidWorks.	Medio	Bajo	Medio		X			
Diseño	Nuevo diseño en planos de trabajo.	Bajo	Bajo	Bajo		X			

La propuesta de una nueva distribución de luminaria se descartó por el momento debido al alto costo relacionado con este tipo de instalaciones, por su parte el realizar una rutina de ejercicios al inicio de turno se afectó por las restricciones que el IMSS tiene por la pandemia de COVID-19, ya que son ellos quienes cuentan con el personal capacitado para instruir a los empleados en la realización correcta de los ejercicios.

4.12. Ejecutar plan de mejora

La ejecución de los proyectos de mejora Kaizen se realizó en un periodo de 9 meses, en la tabla 4.12 se muestra el porcentaje de avance hasta ese momento, el cual se calculó en base a las actividades definidas para lograr cada uno de los proyectos. Aquellas acciones que no se completaron en ese periodo se continuaran trabajando. Los supervisores del área fueron los responsables de dar seguimiento a los proyectos de producción, en el caso del entrenamiento el personal de recursos humanos fue el encargado de realizar el seguimiento y coordinación de las sesiones, así como los temas a tratar.

La generación de instrucciones de trabajo y ayudas visuales es el proyecto con mayor retraso debido a que algunos de los supervisores de producción no contaban con el conocimiento suficiente para realizar los archivos en computadora, por lo cual el gerente de producción los capacito en el uso de paquetería office para poder avanzar con esta acción.

El entrenamiento en SolidWorks para el departamento de diseño se retrasó debido a que el personal que imparte el curso es directamente con la compañía desarrolladora del software, lo cual representó un costo considerable para la empresa, sin embargo, se valoró más como una inversión para la mejora de los planos y la reducción en la generación de la lista de materiales.

Tabla 4.12 Matriz de proyectos indicando su avance.

Área	Proyecto	Avance	Comentario
Producción	Reuniones de inicio de turno.	100%	Cada supervisor las realiza en su área.
Producción	Pizarrones de producción.	100%	Seguimiento a ordenes de trabajo.
Producción	Generar instrucciones de trabajo y ayudas visuales.	60%	Faltan procesos por documentar.
Producción	Plan de entrenamiento anual.	100%	Se está ejecutando.
Producción	Actualización de Check-list de calidad.	100%	Utilizado por supervisores y líderes.
Armado	Fabricación y uso de plantillas para modelo ST (barandal, rampa y lanza)	100%	Extender a otros modelos de remolque o procesos.
Armado	Celdas de trabajo y asignación de líderes de celda.	100%	Se promovieron 3 empleados a líderes de celda.
Doblado y Ejes	Plan semanal de trabajo para el área.	100%	Lo realiza el gerente de producción cada semana.
Diseño	Reuniones para validación de planos con producción.	100%	Se definió en la hoja de trabajo standard del diseñador.
Diseño	Entrenamiento en SolidWorks.	90%	Diseño reducirá el tiempo asignado a generación de BOM.
Diseño	Nuevo diseño en planos de trabajo	100%	Personal de producción lo definió.

4.13. Evaluar los resultados obtenidos

4.13.1. Tiempo de ciclo

La reducción en el tiempo de ciclo se enfocó en el área de armado por tener el 41.1%, es decir el mayor porcentaje en la fabricación de un remolque. El proyecto aplicado fue el de fabricación y uso de 3 plantillas para el ensamble de barandal, rampa y lanza. Las plantillas se diseñaron y fabricaron por los mismos empleados del área, dedicándole un promedio de 25 horas de trabajo a cada una de las estructuras, además se utilizó material sobrante para la fabricación.

El porcentaje de reducción que se tuvo de actividades que no agrega valor al producto es del 52% (61 minutos) corresponde a la reducción de tiempo se relacionó con disminuir las inspecciones o mediciones constantes a las piezas para verificar su correcta posición antes de soldar o continuar con el proceso. La disminución en el acomodo de material en la estructura se relaciona con el 27% (31.7 minutos), una menor resolución de dudas, por parte del supervisor o compañeros, sobre el armado del remolque representó el 21% (25 minutos). Por lo tanto, con el uso de plantillas se logró una reducción del 11% de tiempo ciclo en armado, correspondiente a 117.7 minutos.

Después de la implementación del proyecto, el proceso de armado paso de representar el 41.1% del tiempo total para la fabricación de un remolque al 38.4%. El tiempo de ciclo general

tuvo un incremento del 4.4% de productividad, al reducir el tiempo de manufactura 1.96 horas, pasando de requerir 44.61 horas hombre de fabricación a 42.65 horas hombre.

4.13.2. Rechazos de calidad

La figura 4.6 muestra un incremento de un punto en los rechazos de calidad mensuales promedio del departamento de Diseño, para el área de armado y corte se tuvo una reducción de 1.1 errores menos en comparación al periodo del año pasado. El área de final y doblado no presentaron errores de calidad en el periodo analizado, por su parte el área de pintura incremento los defectos de calidad en un 0.2% y el área de ejes incremento en un punto.

Aun cuando el departamento de Diseño no tuvo la mejoría esperada después de las acciones realizadas, el equipo de trabajo del VSM-Ergo Integral tiene claro que deben seguir trabajando con el departamento de diseño para reducir los rechazos de calidad relacionados con los planos, por lo cual seguirán realizando acciones de mejora en este departamento.

El área de producción tuvo una reducción global del 20% en las incidencias de calidad del 2021, este resultado se relaciona con la actualización y uso de los Check-list de calidad, así como el uso de plantillas para los modelos ST y la generación de instrucciones de trabajo y ayudas visuales.

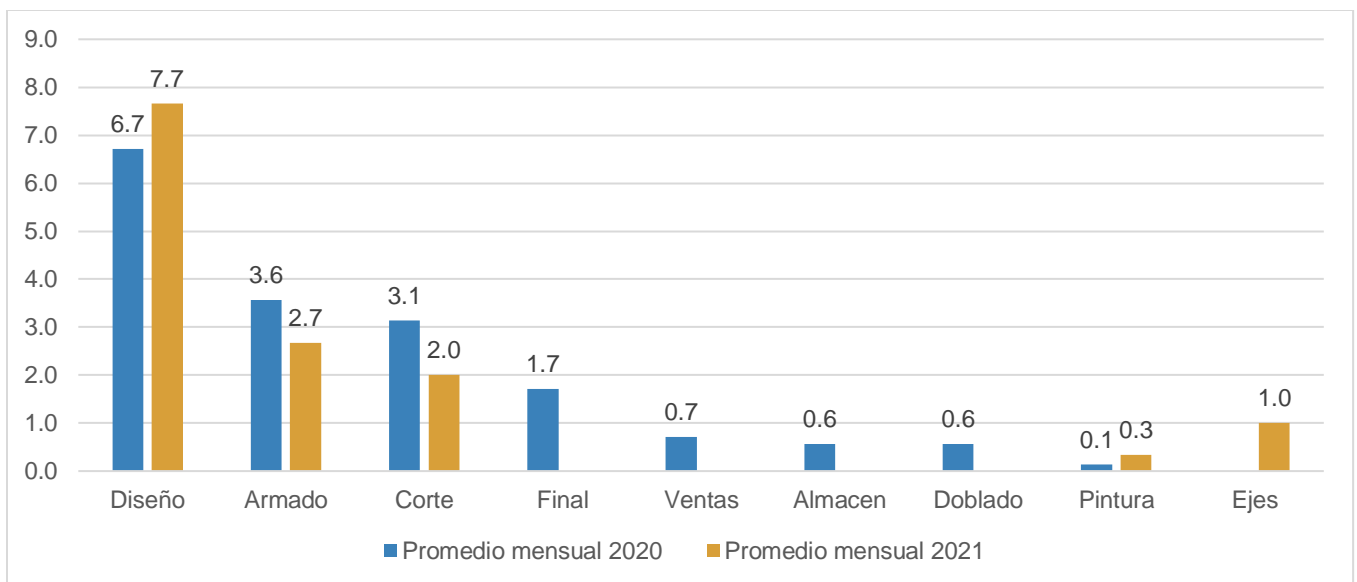


Figura 4.6 Comparación de los rechazos de calidad en 2020 contra 2021.

4.13.3. Factores de riesgo psicosocial

Se aplicó nuevamente la guía de referencia II de la NOM-035-STPS a todo el personal de producción, la figura 4.7 muestra la comparación de resultados obtenidos entre la primera aplicación en el año 2020 y la segunda en el 2021. El área de corte presentó un incremento en el indicador FRP-T de 6.2 puntos, encontrándose aun en un riesgo bajo pero que debe ser monitoreado para evitar incrementos en este proceso, siendo el principal riesgo, como se indica en la tabla 4.13 de resultados, el incremento en la percepción de carga de trabajo de los empleados que paso de un riesgo alto a muy alto.

El proceso de enfoque era doblado el cual tuvo una mejora considerable al reducir en un 39% los FRT-P obtenidos en la segunda medición. Los principales dominios mejorados son las condiciones en el ambiente de trabajo que paso de estar en un nivel alto a un nivel bajo, la jornada de trabajo paso de un riesgo muy alto a nulo y el liderazgo mejoro al pasar de un nivel muy alto de riesgo a alto, el resto de los dominios tuvieron mejoras menores pero que favorecieron a mejorar los factores de riesgo psicosocial en este proceso.

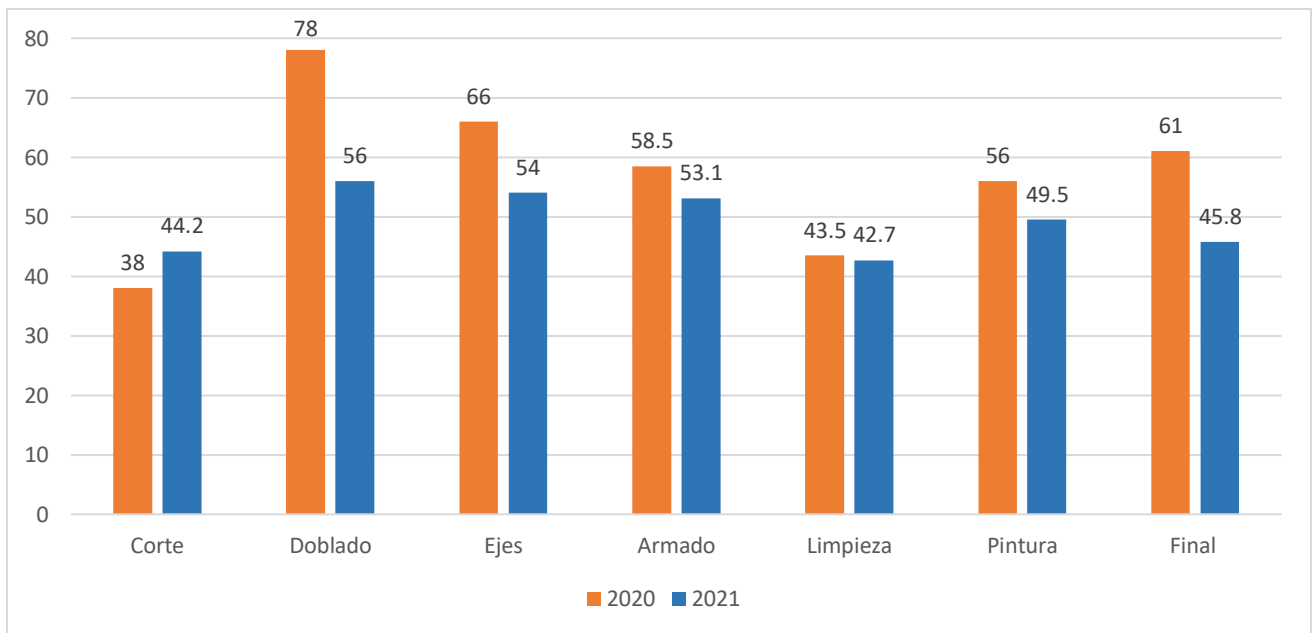


Figura 4.7 Comparación de resultados de la guía de referencia II en 2020 y 2021.

Tabla 4.13 Comparación de resultados obtenidos por área en el año 2020 contra el 2021.

Dominio	Corte		Doblado		Ejes		Armado		Limpieza		Pintura		Final	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Condiciones en el ambiente de trabajo	5	8.2	8	3	12	12	7	7.2	4.5	6.3	7	3.5	8	6
Carga de trabajo	17.3	22	28	24	31	29	23.1	22.5	14.5	21	24	22	26.5	20.3
Falta de control sobre el trabajo	7.7	5.3	14	14	0	0	10.1	8.2	12	8.3	11	11.5	11.5	8.3
Jornada de trabajo	0	1.7	6	0	0	2	1.8	2.6	1.5	1.7	2	4.5	3	2.8
Interferencia en la relación trabajo-familia	1.7	1.8	3	2	0	2	1.5	2	1	0.7	0.5	0.5	1	1.8
Liderazgo	2.3	2.3	12	9	8	0	7.9	3	3.5	1.7	4	2	4	3.5
Relaciones en el trabajo	1	1.2	2	3	7	4	3	3.5	3.5	1.3	3	4	1.5	2
Violencia	2.7	2	5	2	8	8	4.1	5	3	2	4.5	3.5	5.5	1.5

En el proceso de ejes se redujeron los riesgos en el dominio de liderazgo al pasar de un riesgo alto a nulo, situación similar sucedió en armado los cuales tenían un riesgo de liderazgo alto y pasaron a bajo. En limpieza y final la falta de control sobre el trabajo paso para los dos procesos de un riesgo alto a medio y en pintura las condiciones en el ambiente de trabajo mejoraron de un riesgo alto a bajo. El riesgo en el dominio de carga de trabajo se encuentra en un riesgo muy alto para los procesos de corte, doblado, ejes y armado, para los procesos de limpieza, pintura y final se encuentra en alto, por lo cual en general este dominio debe seguir siendo analizado por el equipo de trabajo del VSM-Ergo Integral para mejorar las condiciones de riesgo psicosocial de los empleados.

En la tabla 4.14 se muestran los promedios generales de cada dominio obtenidos en la aplicación de la guía de referencia II en 2020 contra los datos del 2021. Se identifica una mejoría en el 75% de los dominios evaluados, destacando la disminución del 48.4% en el dominio de liderazgo, así como un 26.8% en el de violencia. En los dominios de jornada de trabajo e interferencia en la relación trabajo familia, se tuvo un incremento en la puntuación obtenida, manteniendo el nivel de riesgo medio y bajo, respectivamente. El promedio general de FRT-P del área de producción tuvo una mejoría del 11.8% global pasando de 57.2 puntos obtenidos a 50.5, en ambos resultados se tiene un nivel de riesgo medio.

Tabla 4.14 Comparación de promedios generales del área de producción por dominio en el 2020 contra el 2021.

Dominio	Promedio general 2020	Promedio general 2021	Comportamiento
Condiciones en el ambiente de trabajo	7.3	6.6	Mejoro 10.4%.
Carga de trabajo	23.4	22.9	Mejoro 2.2%.
Falta de control sobre el trabajo	9.4	7.9	Mejoro 16.1%.
Jornada de trabajo	2	2.1	Afectación del 6.9%.
Interferencia en la relación trabajo-familia	1.2	1.5	Afectación del 24.13%.
Liderazgo	5.9	3	Mejoro 48.4%.
Relaciones en el trabajo	3	2.7	Mejoro 9.52%.
Violencia	4.6	3.4	Mejoro 26.8%.
Promedio general	57.2	50.5	Mejoro 11.8%.

4.13.4. Trastornos musculoesqueléticos

Se aplicó nuevamente el cuestionario nórdico de la NOM-036-STPS-2018 a todo el personal de producción. En la figura 4.8 se muestra la comparación de resultados obtenidos en el 2020 contra el 2021, se tuvo un incremento del 100% en las personas que manifestaron molestias en alguna parte de su cuerpo en el último año. En el Anexo A se muestran las respuestas completas proporcionadas por los empleados.

El área de corte paso de tener un empleado con molestias a contar con cuatro personas, el área de armado se incrementó de siete trabajadores a 12. Las áreas de ejes, limpieza y final aumentaron en una persona más con molestias, el proceso de pintura se mantuvo con la misma cantidad y doblado no presentó TME en ninguna de las dos mediciones realizadas.

El dramático incremento de TME en los empleados, se relacionó con la gran demanda de tiempo extra que tuvo la empresa después de la aplicación del cuestionario en el 2020, como se muestra en la figura 4.9 tendencia de tiempo extra en la MIPyME.

El cuestionario en el 2020 se aplicó en el mes de mayo en el cual el total de tiempo extra de los empleados fue de 64 horas, los dos meses siguientes tuvieron una disminución en el

tiempo, pero en el mes de agosto 2020 se tuvo un drástico incremento en la aprobación de horas de trabajo extras para los empleados, debido a la alta demanda que tuvo la empresa en esos momentos. Se estima que en promedio los empleados pasaron de trabajar 3.2 horas mensuales extras a laborar hasta 21.6 horas en promedio en el mes más crítico.

Este incremento no controlado del tiempo extra se puede relacionar con los factores de riesgo psicosocial al incrementar el riesgo en el 57% de los procesos, como se indicó en el análisis de factores de riesgo psicosocial.

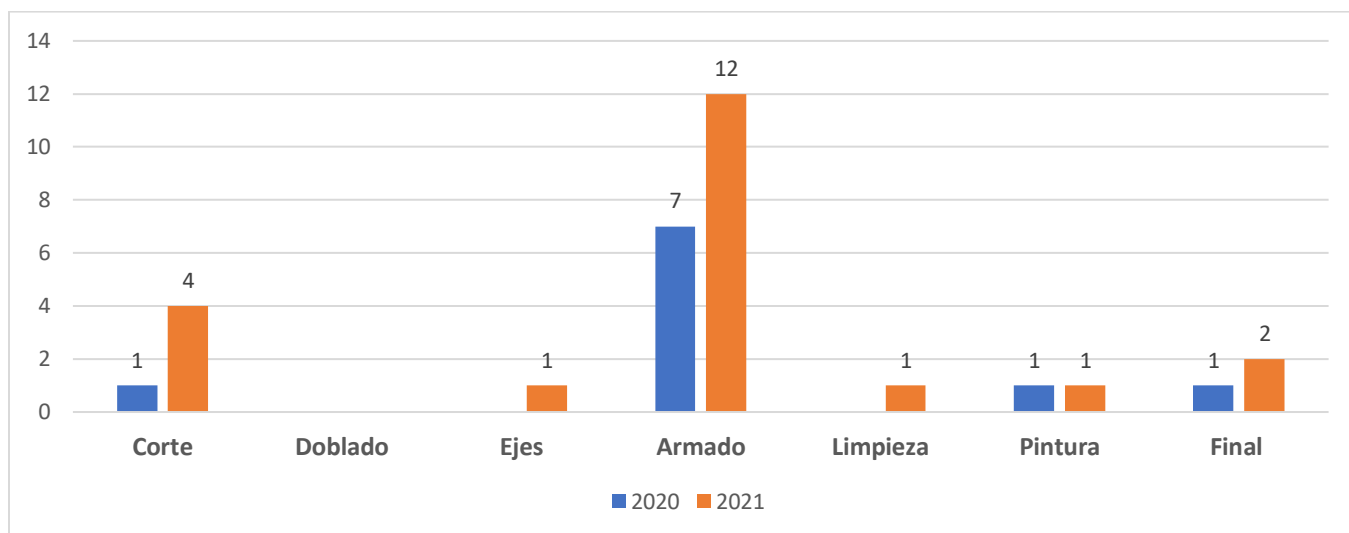


Figura 4.8 comparación de resultados del cuestionario nórdico en 2020 y 2021.

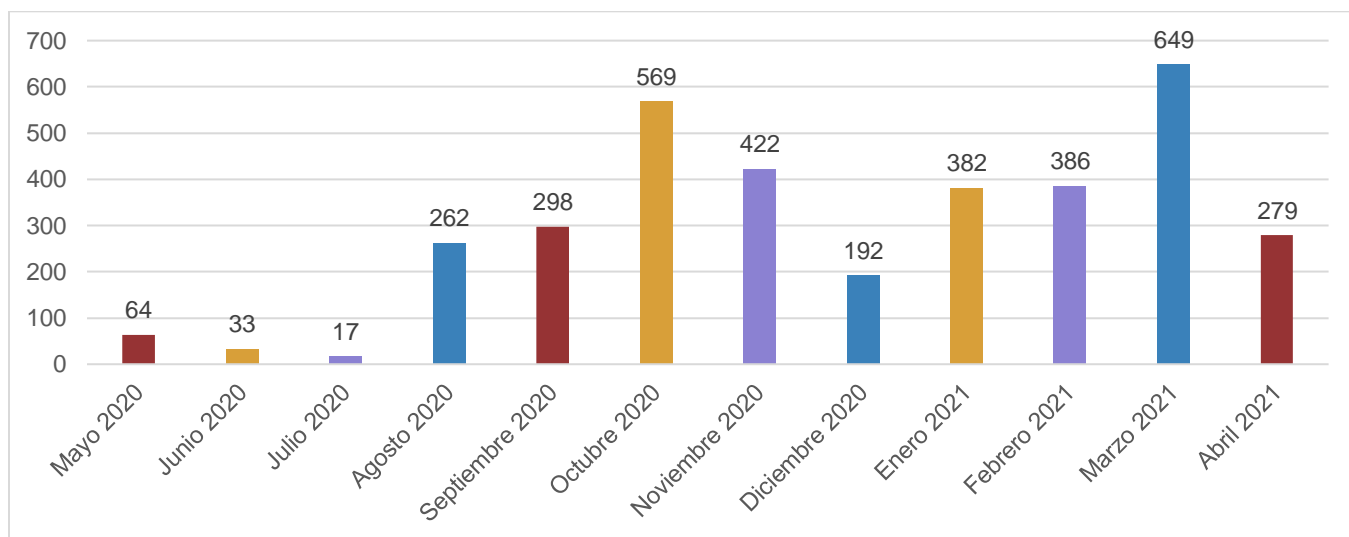


Figura 4.9 Tendencia del tiempo extra en horas en la MIPyME.

4.14. Control del sistema

La definición y estandarización de procedimientos de trabajo se encuentra en desarrollo por parte de la MIPyME, debido a que a raíz de la aplicación de la metodología VSM-Ergo Integral en la MIPyME se inició con el control de documentos al generar instrucciones de trabajo y ayudas visuales para los procesos, así como la actualización y aplicación de los Check- list de calidad.

La empresa continuará trabajando en esta etapa con las siguientes acciones:

- Para estandarizar las reuniones de inicio de turno se realizará una hoja estándar para los supervisores, indicando los puntos a tratar.
- Las instrucciones de trabajo del área de armado se actualizarán para incluir el uso de plantillas en los productos correspondientes.
- Se realizarán plantillas para otro tipo de remolques para continuar con la reducción del tiempo de ciclo.
- Se trabajará en una política para regular el tiempo extra de los empleados.

4.15. Recomendaciones

Se sugiere a la MIPyME en planes de trabajo futuro considerar mejorar las condiciones de iluminación en el área de producción, aun cuando es uno de los proyectos que mayor costo puede representar para la empresa, el contar con condiciones óptimas de iluminación no solo mejorará las condiciones ergonómicas de los empleados, también puede beneficiar la calidad y acabado del producto, así como permitir a la empresa contar con un turno vespertino.

El contar con un segundo turno en la empresa no solo ayudaría al incremento de la producción, también sería una solución para reducir la cantidad de horas extras que trabajan los empleados, lo cual se relaciona con el aumento en los TME por parte de los trabajadores y a su vez representa un costo significativo para la empresa.

Con el objetivo de mejorar el seguimiento a la implementación de los proyectos Kaizen, se recomienda a la empresa utilizar el formato de seguimiento a proyectos del Ergo-VSM Integral incluido en el Anexo B, el cual permite registrar la información clave de los proyectos, para dar un seguimiento adecuado.

Los TME manifestados por los empleados principalmente aquellos que realizan actividades de soldadura, los cuales presentan mayor molestia en la zona lumbar, se relacionan con lo que indica Vieira et al. [156]; los soldadores tienen una alta tasa de molestias en la zona baja de la espalda al terminar el turno. Estas molestias se relacionan con trabajar en posiciones incómodas, realizar tareas repetitivas o levantar objetos pesados [157].

La implementación de un programa de gimnasia laboral para reducir la cantidad de empleados que presentan TME en producción, así como una política de control de tiempo extra que regule esta situación. Coury et al. [158] indican que el realizar ejercicio en el lugar de trabajo o en otro sitio es una medida para controlar los TME. Jindo et al. [159] resalta que el practicar ejercicio en el trabajo se relaciona de positivamente con el compromiso laboral y la productividad.

Aun cuando se ha identificado que la efectividad de un programa de ejercicios para prevenir y controlar los TME, depende del compromiso de cada empleado [160]. Se considera que el implementarlo puede tener beneficios positivos para la mayoría de los empleados, por lo cual recomendamos a la empresa asesorarse para incluir este tipo de programa en su sistema.

La reducción de tiempo ciclo por el uso de plantillas en el proceso de armado, se relaciona con lo indicado por: Siva et al. [161] que obtuvo una reducción del 40% en el tiempo de fabricación, así como eliminación de actividades que no agregaban valor. Radhwan et al. [162] redujeron en un 34% el tiempo de ciclo del proceso. Lathashankar et al. [163] demostraron una disminución del 20% en el tiempo de ciclo y en defectos de calidad. Aphale et al. [164] disminuyeron en un 40% el tiempo de ensamble de los productos analizados.

Se sugiere extender el uso de plantillas en distintos modelos y áreas, ya que estudios relacionados con el uso de plantillas para los procesos de manufactura, indican que un patrón de trabajo no solo ayuda a la reducción del tiempo de ciclo, también reduce los defectos de calidad e inspecciones [163], [165] y facilita el trabajo a los empleados [162]. Por lo cual se sugiere utilizar plantillas para productos de gran tamaño, ya que esto permite que los componentes se mantengan en la orientación deseada durante su construcción [166].

Se recomienda adoptar la metodología 5's en la empresa para continuar con su proceso de mejora. Las 5's ayudan a los empleados a adquirir disciplina, a identificar los defectos de calidad y reducir accidentes de trabajo [130]. Debido a la cantidad de herramienta que se utiliza y a lo riesgoso de las actividades en una empresa de este tipo, la implementación de esta metodología sería beneficiosa para la cultura de la empresa y para los procesos.

Capítulo 5 Resultados y Discusión

En este capítulo se presentan los resultados finales y la conclusión de la metodología VSM-Ergo Integral, así como las recomendaciones consideradas para implementar esta metodología en un sector diferente al del análisis experimental realizado en este trabajo, finalmente se indican las líneas de investigación bajo las cuales se puede continuar trabajando para el análisis integral de los procesos de manufactura.

5.1 Resultados finales

La apertura de la gerencia y del personal fue clave para poder llevar a cabo esta implementación, demostrando interés y compromiso para realizar cada una de las etapas de la metodología. Rother & Shook [129] destacan la importancia del compromiso y responsabilidad de la gerencia, así como el esfuerzo constante para adaptar la metodología VSM al proceso de interés. Jarebrant et al. [19] coinciden en la relevancia de contar con un liderazgo y compromiso gerencial para poder implementar el Ergo-VSM en cualquier organización.

Hasle et al. [109] indican que aun cuando los equipos de trabajo pueden identificar claramente los problemas en su organización y de otros departamentos, si se sienten limitados o incapaces de sugerir cambios en el área que los está afectando, el personal solamente se enfoca en sus áreas, limitando la mejora de los procesos.

La falta de una cultura de manufactura esbelta en la empresa requirió entrenamientos para la comprensión de conceptos básicos y herramientas utilizadas en el proyecto, así como retrasos en la implementación de mejoras. López-Acosta et al. [29] resaltan la relevancia de entrenar al personal tanto en manufactura esbelta como en ergonomía, al implementar el Ergo-VSM, preparar al personal en estos temas les permite entenderlos y aplicarlos en sus actividades laborales.

Sakthi et al. [31] indican que el enfoque Ergo-Lean, relacionado directamente con el Ergo-VSM, podría ser de fácil adaptación y mejorar en resultados, si desde la fase inicial de implementación de la manufactura esbelta en una empresa se opta por incluir el enfoque ergonómico. Por su parte Hasle et al. [109] resalta que si el personal carece de las competencias requeridas, se necesitara personal externo para poder progresar en la implementación. Jarebrant et

al. [26] destacan como competencias la responsabilidad, participación y liderazgo enfocado, en caso de faltar alguna de ellas la posibilidad de implementar la herramienta de manera exitosa disminuye.

La medición de indicadores ergonómicos requirió más recursos en cuanto a tiempo y personal que realizará las mediciones. Estudios de VSM con enfoque ergonómico como el de Jarebrant et al.[30] concluyen que las horas extras invertidas en esta metodología son razonables, al obtener resultados positivos en las condiciones ergonómicas de los empleados sin afectar la productividad. Por su parte Sakthi et al. [31] indican que el tiempo adicional requerido se justifica ante la gerencia.

El desarrollo de la metodología VSM-Ergo Integral aporta una nueva herramienta de análisis del proceso tanto ergonómico como productivo, incluyendo el medio ambiente físico en el que los empleados realizan sus actividades. Sakthi et al. [31] lo indican como un área de oportunidad la inclusión de los factores del medio ambiente en este tipo de análisis.

La aplicación de un VSM con enfoque ergonómico se ha realizado principalmente en el sector salud [22], [26], [108], por lo cual realizar el análisis experimental en la industria metalmecánica permite comprobar que este tipo de metodologías se adaptan a otro tipo de procesos con resultados positivos que pueden replicarse en más industrias.

La inclusión del personal de producción fue relevante para identificar los cambios a realizar y poder implementarlos posteriormente. Winkel et al. [104] resaltan la inclusión de personal operativo para facilitar la aceptación de las mejoras, sobre todo si se identifican como ayuda para mejoras en las condiciones laborales. Hasle et al. [109] indican que ante la falta de comunicación o coordinación entre departamentos se pierde el enfoque para solucionar los problemas, considerando que la situación actual no se puede cambiar.

Cuatrecasas [167] indica que las decisiones efectivas se basan en el análisis de datos y de la información. Por lo cual el cálculo de los indicadores y el sistema de señalización para cada resultado, facilitan esta toma de decisiones ya que permite identificar de manera visual las áreas que serán prioridad para mejoras las condiciones ergonómicas o de carácter productivo.

5.2 Conclusiones

Se logró desarrollar una metodología VSM-Ergo Integral que incluye la normatividad oficial mexicana para las mediciones de medio ambiente físico, factores de riesgo psicosocial y trastornos musculoesqueléticos, así como integrarlo con indicadores productivos; tiempo de ciclo y rechazos de calidad.

La implementación del Ergo-VSM Integral representa un reto para las empresas, ya que el trabajar con diversos indicadores tanto ergonómicos como productivos puede parecer abrumador en un inicio, sobre todo si se no se cuenta con un compromiso sólido por parte del equipo de trabajo o la gerencia. Por lo cual se considera un aspecto crítico comprender la importancia de analizar bajo esta óptica el proceso y tener la certeza que los recursos invertidos en las primeras etapas nos guiaran para obtener mejoras integrales en los procesos que beneficien tanto a quien realiza las actividades como a la productividad.

El análisis experimental realizado en la MIPyME metalmecánica permitió identificar el estado actual del proceso, desde la perspectiva de riesgo ergonómicos y productivos, así como los flujos de información y material, para después realizar un análisis de las áreas de oportunidad y definir el plan de mejora que incluyo acciones para mejorar tanto productiva como ergonómicamente el proceso. Los resultados de esta implementación nos indican una mejoría del 11.8% global en los factores de riesgo psicosocial, así como un incremento en la productividad del 4.4%, al reducir el tiempo de ciclo 1.96 horas y una disminución del 20% general en los rechazos de calidad reportados.

La falta de procesos estandarizados, así como de conocimiento previo en la manufactura esbelta, se consideró uno de los principales retos en la aplicación de la metodología VSM-Ergo Integral, debido al tiempo que requirió la capacitación para el personal y por los retrasos al implementar acciones de mejora.

La pandemia por Covid-19 fue una situación que afecto la implementación de la metodología en la MIPyME metalmecánica, debido a las restricciones que se tuvieron; se optó por trabajar a distancia con la empresa y ésta a su vez trabajo con una menor cantidad de personal en las últimas etapas del proceso.

La inclusión de la normatividad oficial sobre las condiciones laborales ergonómicas es un área no explorada en este tipo de metodologías de acuerdo con el análisis realizado. Además, el

incluir las normas oficiales permite a las empresas y equipos de trabajo familiarizarse con las leyes establecidas en el país y darles el debido seguimiento.

Se considera factible la implementación del VSM-Ergo Integral en empresas grandes y/o con diferentes actividades con ajustes que dependerán de la realidad de la empresa pero que no afectan el objetivo de la metodología.

5.3 Recomendaciones

La metodología VSM-Ergo Integral no es de aplicación exclusiva en MIPyMES metalmecánicas, su implementación se puede realizar en empresas grandes, así como de diversas actividades productivas tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Si la empresa ya cuenta con un proceso de implementación de la manufactura esbelta, se debe tener claro que en todos los análisis e implementaciones se debe considerar a la ergonomía y la manufactura esbelta.
- Los indicadores relacionados con el medio ambiente físico; ruido, iluminación y temperatura, dependerán de las condiciones del área de trabajos, por ejemplo, para lugares cerrados con temperatura controlada, este indicador se puede omitir.
- Los indicadores de TME y FRT-P no se recomienda excluirlos, debido a que estos padecimientos van en incrementos en diversos sectores.
- En caso de contar con un sistema de indicadores robusto para el área de producción, se pueden incluir aquellos que se consideren relevantes para el proceso, siempre y cuando no se descarten los indicadores ergonómicos.
- Fortalecer el equipo de trabajo con personal de diversos departamentos, por ejemplo: calidad, planeación, ingeniería, entre otros. Sin dejar fuera al personal de producción.
- Después de la primera implementación, se debe realizar un breve análisis para identificar en que paso se debe iniciar nuevamente el VSM-Ergo Integral.
- Se recomienda una periodicidad de un año para el correcto seguimiento e implementación del VSM-Ergo Integral.

5.4 Trabajos futuros

Se pretende continuar trabajando en robustecer los indicadores desarrollados para que reflejen de una manera sencilla el estado actual del proceso y faciliten la toma de decisiones tanto para el equipo de trabajo y la gerencia de la empresa. Por ejemplo, establecer un indicador para incluir el porcentaje de actividades que agregan y que no agregan valor en cada proceso puede ayudar a reflejar el estado actual del proceso

Aplicar los instrumentos de estimación del riesgo de actividades que impliquen levantamiento/descenso de cargas y estimación del riesgo por empuje y arrastre de cargas con o sin equipo auxiliar, contenidos en la NOM-036-STPS-2018 en aquellas áreas que mediante el cuestionario nórdico indican una alta tasa de TME, para poder realizar un análisis completo y realizar acciones que reduzcan estos riesgos.

La inclusión de indicadores relacionados con el medio ambiente; los residuos generados, cantidad de agua o energía eléctrica utilizada en cada proceso, complementaria la metodología al brindarle un enfoque sostenible al análisis del flujo de valor realizado en la empresa, la cual podría mejorar las condiciones productivas, ergonómicas y del medio ambiente en conjunto.

Referencias

- [1] Oficina Internacional del Trabajo, “Prevención de enfermedades profesionales,” Ginebra, 2013.
- [2] Organización Internacional del Trabajo, “La prevención de las enfermedades profesionales,” Ginebra, 2013.
- [3] ILO, “Global Trends on Occupational Accidents and Diseases,” 2015.
- [4] Secretaria del Trabajo y Previsión Social, “Seguridad y Salud en el Trabajo en México: Avances, Retos y Desafíos,” Ciudad de Mexico, 2017.
- [5] IMSS, “Estadísticas e Informes,” *IMSS*, 2018. [Online]. Available: <http://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss/informes-estadisticas>. [Accessed: 17-Nov-2019].
- [6] N. Fuentes, G. Osorio, and A. Mungaray, “Capacidades Intangibles Para La Competitividad Microempresarial En México,” *Probl. Desarro.*, vol. 47, no. 186, pp. 83–106, 2016.
- [7] INEGI and Secretaria de Economía, “Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las micro, pequeñas y medianas Empresas 2018,” Ciudad de México, 2019.
- [8] M. Almanei, K. Salonitis, and Y. Xu, “Lean Implementation Frameworks: The Challenges for SMEs,” *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 750–755, 2017.
- [9] A. Pearce, D. Pons, and T. Neitzert, “Implementing lean—Outcomes from SME case studies,” *Oper. Res. Perspect.*, vol. 5, pp. 94–104, 2018.
- [10] A. B. Pampanelli, P. Found, and A. M. Bernardes, “A Lean & Green Model for a production cell,” *J. Clean. Prod.*, vol. 85, pp. 19–30, 2014.
- [11] J. C. Hernandez Matias and A. Vizan Idoipe, *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*, Primera. Madrid: Fundacion EOI, 2013.
- [12] W. Faulkner and F. Badurdeen, “Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance,” *J. Clean. Prod.*, vol. 85, pp. 8–18, 2014.
- [13] U. Dombrowski, A. Reimer, and J. Wullbrandt, “An Approach for the Integration of Non-ergonomic Work Design as a New Type of Waste in Lean Production Systems,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, vol. 592, pp. 9–19.
- [14] T. Koukoulaki, “The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: An examination of sociotechnical trends over 20 years,” *Appl. Ergon.*, vol. 45, no. 2 Part A, pp. 198–212, 2014.

- [15] L. Botti, C. Mora, and A. Regattieri, “Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 111, pp. 481–491, 2017.
- [16] R. H. Westgaard and J. Winkel, “Occupational musculoskeletal and mental health: significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – a systematic review,” in *Seventh International Scientific Conference on Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders, PREMUS 2010*, 2010, p. 134.
- [17] B. André, F. Haldal, and K. Edwards, *Abstract book - 9th NOVO Symposium, Quality in health care*. Trondheim: Department of Health- and Social science Sor-Trondelag University College. General, 2015.
- [18] S. Vukadinovic, I. Macuzic, M. Djapan, and M. Milosevic, “Early management of human factors in lean industrial systems,” *Saf. Sci.*, no. June 2017, pp. 1–7, 2018.
- [19] C. Jarebrant *et al.*, “Development of a tool for integrating Value Stream Mapping and ergonomics in healthcare - A Nordic Multicenter study,” in *The 7th Nordic Working Life Conference*, 2014, no. 1, pp. 1689–1699.
- [20] S. E. Mathiassen, C. Jarebrant, O. Birgitta, and J. Winkel, “Ergonomic Value Stream Mapping – an integrated rationalization tool considering ergonomics and productivity,” in *Fifth International Scientific Conference on Prevention of Workrelated Musculoskeletal Disorders*, 2004, pp. 77–78.
- [21] A. Fercoq, S. Lamouri, and V. Carbone, “Lean/Green integration focused on waste reduction techniques,” *J. Clean. Prod.*, vol. 137, pp. 567–578, 2016.
- [22] J. Winkel, K. Dudas, U. Harlin, C. Jarebrant, and J. J. Hanse, “Ergonomic Value stream Mapping (ErgoVSM) – potential for integrating work environment issues in a Lean rationalization process at two Swedish Hospitals,” in *7th NOVO Symposium: A Nordic Model for Sustainable Systems in the Health Care Sector*, 2013, p. 2013.
- [23] K. Edwards and J. Winkel, “Ergonomic Value stream Mapping (ErgoVSM) – potential for integrating work environment issues in a Lean rationalization process at a Danish hospital,” in *7th NOVO Symposium : A Nordic Model for Sustainable Systems in the Health Care Sector*, 2013.
- [24] S. Gunnarsdóttir and B. D. Birgisdóttir, “Ergonomic Value stream Mapping (ErgoVSM) – potential for integrating work environment issues in a Lean rationalization process at University Hospital on Iceland,” in *7th NOVO Symposium: A Nordic Model for Sustainable Systems in the Health Care Sector*, 2013, p. 2013.
- [25] J. Winkel *et al.*, “A Nordic evaluation of a work environment complement to Value Stream Mapping for in- creased sustainability of patient fl ows at hospitals - The NOVO Multicentre Study I,” in *9th NOVO Symposium, Quality in health care*, 2015.
- [26] C. Jarebrant *et al.*, *Ergonomic Value Stream Mapping. Tool and User Guide*. Copenhagen, 2016.

- [27] M. R. Suryoputro, A. D. Sari, R. Burhanudin, and M. Sugarindra, “Lean production design using value stream mapping and ergonomics approach for waste elimination on buffing panel upright process,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 277, no. 1, pp. 0–7, 2017.
- [28] F. Aqlan, S. S. Lam, M. Testani, and S. Ramakrishnan, “Ergonomic Risk Reduction to Enhance Lean Transformation,” in *Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference*, 2013, no. November.
- [29] M. López-Acosta, S. García-Vilches, J. M. Velarde-Cantú, and A. Chacara-Montes, “Implementation of the lean ergonomics approach to process performance improvement,” *J. Microfinance Plan. Control*, vol. 5, no. 15, pp. 10–21, 2019.
- [30] C. Jarebrant, J. Winkel, J. J. Hanse, S. E. Mathiassen, and O. Birgitta, “ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing,” *Hum. Factors Ergon. Manuf. Serv. Ind.*, vol. 26, no. 2, pp. 191–204, 2016.
- [31] N. T. Sakthi, R. Jeyapaul, K. E. K. Vimal, and K. Mathiyazhagan, “Integration of human factors and ergonomics into lean implementation: ergonomic-value stream map approach in the textile industry,” *Prod. Plan. Control*, vol. 0, no. 0, pp. 1–18, 2019.
- [32] F. Madariaga Neto, *Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*, Segunda. Madrid: Bubok Publishing, 2018.
- [33] A. S. Tejada, “Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos,” *Ciencia y Sociedad*, Santo Domingo, pp. 276–310, 2011.
- [34] F. Abu, H. Gholami, M. Z. Mat Saman, N. Zakuan, and D. Streimikiene, “The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications,” *J. Clean. Prod.*, vol. 234, pp. 660–680, 2019.
- [35] A. Palange and P. Dhattrak, “Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2021.
- [36] S. M. Zahraee, A. Toloioe, S. J. Abrishami, N. Shiwakoti, and P. Stasinopoulos, “Lean manufacturing analysis of a Heater industry based on value stream mapping and computer simulation,” *Procedia Manuf.*, vol. 51, no. 2019, pp. 1379–1386, 2020.
- [37] T. Sakthi Nagaraj and R. Jeyapaul, “An empirical investigation on association between human factors, ergonomics and lean manufacturing,” *Prod. Plan. Control*, vol. 0, no. 0, pp. 1–15, 2020.
- [38] W. D. Leong, H. L. Lam, W. P. Q. Ng, C. H. Lim, C. P. Tan, and S. G. Ponnambalam, “Lean and Green Manufacturing—a Review on its Applications and Impacts,” *Process Integr. Optim. Sustain.*, vol. 3, no. 1, pp. 5–23, 2019.

- [39] Z. G. dos Santos, L. Vieira, and G. Balbinotti, "Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry," *Procedia Manuf.*, vol. 3, no. Ahfe, pp. 5947–5954, 2015.
- [40] A. N. A. Wahab, M. Mukhtar, and R. Sulaiman, "A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions," *Procedia Technol.*, vol. 11, no. Iceei, pp. 1292–1298, 2013.
- [41] B. Verrier, B. Rose, E. Caillaud, and H. Remita, "Combining organizational performance with sustainable development issues: The Lean and Green project benchmarking repository," *J. Clean. Prod.*, vol. 85, pp. 83–93, 2014.
- [42] R. H. Westgaard and J. Winkel, "Occupational musculoskeletal and mental health: Significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems - A systematic review," *Appl. Ergon.*, vol. 42, no. 2, pp. 261–296, 2011.
- [43] A. Hamja, M. Maalouf, and P. Hasle, "The effect of lean on occupational health and safety and productivity in the garment industry—a literature review," *Prod. Manuf. Res.*, vol. 7, no. 1, pp. 316–334, 2019.
- [44] K. Edwards, "Integrating Work Environment Considerations Into Lean and Value Stream Mapping," in *12th International Conference on Occupational Stress and Health*, 2017.
- [45] S. Miguez, J. Garcia, J. Faustino, and A. Goncalves, "A Successful Ergonomic Solution Based on Lean Manufacturing and Participatory Ergonomics," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, vol. 602, pp. 643–655.
- [46] R. Khani, A. Salehi, and S. Sajad, "Relationship Between Lean Manufacturing and Ergonomics," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, vol. 606, no. October, pp. 1–5.
- [47] A. Realyvásquez Vargas, J. L. García Alcaraz, and J. Blanco Fernández, "Desarrollo y validación de un cuestionario de compatibilidad macroergonómica," *Contaduría y Adm.*, vol. 61, no. 3, pp. 478–498, 2016.
- [48] M. Zare, M. Crod, F. Hossein-Arabi, and R. Brunet, "Does Ergonomics Improve Product Quality and Reduce Cost? A review Article," *Hum. Factors Ergon. Manuf. Serv. Ind.*, vol. 26, no. 2, pp. 205–223, 2016.
- [49] G. Tortorella, J. Cómbita-Niño, J. Monsalvo-Buelvas, L. Vidal-Pacheco, and Z. Herrera-Fontalvo, "Design of a methodology to incorporate Lean Manufacturing tools in risk management, to reduce work accidents at service companies," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 177, pp. 276–283, 2020.
- [50] M. Brito, A. L. Ramos, P. Carneiro, and M. A. Gonçalves, "Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area," *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1112–1119, 2017.
- [51] U. Dombrowski, A. Reimer, and T. Stefanak, "Evaluation and Systematic Analysis of

- Ergonomic and Work Safety Methods and Tools for the Implementation in Lean Production Systems,” in *Advances in Human Factors and Systems Interaction*, 2019, vol. 781, pp. 332–342.
- [52] A. Luttmann, M. Jager, and B. Griefahn, “Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo,” Berlin, 2004.
- [53] M. Márquez Gómez, “Prediction of work-related musculoskeletal discomfort in the meat processing industry using statistical models,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 75, no. March 2018, 2020.
- [54] T. M. Lima and D. A. Coelho, “Ergonomic and psychosocial factors and musculoskeletal complaints in public sector administration – A joint monitoring approach with analysis of association,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 66, pp. 85–94, 2018.
- [55] N. Maimaiti *et al.*, “Cervical musculoskeletal disorders and their relationships with personal and work-related factors among electronic assembly workers,” *J. Safety Res.*, vol. 71, pp. 79–85, 2019.
- [56] S. Acaröz Candan, U. K. Sahin, and S. Akoğlu, “The investigation of work-related musculoskeletal disorders among female workers in a hazelnut factory: Prevalence, working posture, work-related and psychosocial factors,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 74, no. March, 2019.
- [57] Oficina Internacional del Trabajo, *Riesgos psicosociales, estrés y violencia en el mundo del trabajo*, Primera., vol. 8, no. 1–2. Ginebra: PRODOC, 2016.
- [58] S. Leka and A. Jain, *Health impact of psychosocial hazards at work: an overview*, Primera. Ginebra: OMS, 2010.
- [59] Comité Mixto OIT-OMS, “Factores psicosociales en el Trabajo: naturaleza, incidencia y prevención,” Ginebra, 1984.
- [60] T. Cox, A. Griffiths, and E. Rial-González, *El estrés relacionado con el trabajo*, Primera. Luxemburgo: EU-OSHA, 2005.
- [61] A. Fernandes, M. Figueiredo, J. Ribeiro, J. Neves, and H. Vicente, “Psychosocial Risks Assessment in Cryopreservation Laboratories,” *Saf. Health Work*, 2020.
- [62] Organización Mundial de la Salud, *El efecto sobre la salud de los riesgos psicosociales en el trabajo*, Primera. Madrid: OMS, 2018.
- [63] S. Leka, T. Cox, A. Jain, and J. Hassard, *Guidance on the European Framework for Psychosocial Risk Management*, Primera. Ginebra: OMS, 2008.
- [64] R. Weissbrodt, M. Arial, M. Graf, S. Iff, and D. Giauque, “Preventing psychosocial risks at work: An evaluation study of labour inspectorate interventions,” *Saf. Sci.*, vol. 110, no. July, pp. 355–362, 2018.

- [65] Organización Mundial de la Salud, *Entornos laborales saludables: fundamentos y modelo de la OMS: contextualización, prácticas y literatura de apoyo.*, Primera. Ginebra, 2010.
- [66] Organización Internacional del Trabajo, *Factores ambientales en el lugar de trabajo. Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT.*, Primera. Ginebra, 2001.
- [67] X. Bai and H. Wicaksono, “How Relevant Are Environmental Factors in The Ergonomic Performance Assessments ?,” *Procedia Manuf.*, vol. 52, no. 2019, pp. 325–330, 2020.
- [68] M. A. Zadjafar and M. R. Gholamian, “A sustainable inventory model by considering environmental ergonomics and environmental pollution, case study: Pulp and paper mills,” *J. Clean. Prod.*, vol. 199, pp. 444–458, 2018.
- [69] I. Dianat, A. Vahedi, and S. Dehnavi, “Association between objective and subjective assessments of environmental ergonomic factors in manufacturing plants,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 54, pp. 26–31, 2016.
- [70] A. Piñeda G. and G. Montes P., “ERGONOMÍA AMBIENTAL: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos,” *Rev. Ing. Matemáticas y Ciencias la Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 49–71, 2014.
- [71] A. Boulila, M. Ayadi, and K. Mrabet, “Ergonomics study and analysis of workstations in Tunisian mechanical manufacturing,” *Hum. Factors Ergon. Manuf.*, vol. 28, no. 4, pp. 166–185, 2018.
- [72] J. C. Aurich *et al.*, “Noise investigation in manufacturing systems: An acoustic simulation and virtual reality enhanced method,” *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 337–347, 2012.
- [73] Oficina Internacional del Trabajo, *Trabajar en un planeta más caliente: el impacto del estrés térmico en la productividad laboral y el trabajo decente.*, Primera. Ginebra, 2019.
- [74] I. Avila Roque, Y. Martinez Garcia, R. Baques Merino, A. Rodríguez Betancourt, and C. López Doval, *Estrés térmico, salud y confort laboral*, Primera., vol. 53, no. 9. 2016.
- [75] T. Kjellstrom, D. Briggs, C. Freyberg, B. Lemke, M. Otto, and O. Hyatt, “Heat, Human Performance, and Occupational Health: A Key Issue for the Assessment of Global Climate Change Impacts,” *Annu. Rev. Public Health*, vol. 37, pp. 97–112, 2016.
- [76] A. D. C. Cújar-Vertel and G. P. Julio-Espitia, “Evaluación de las condiciones térmicas ambientales del área de producción en una panadería en Cereté (Córdoba),” *Entramado*, vol. 12, no. 1, pp. 332–343, 2016.
- [77] I. Holmér, “Evaluation of cold workplaces: An overview of standards for assessment of cold stress,” *Ind. Health*, vol. 47, no. 3, pp. 228–234, 2009.
- [78] E. Monroy Martí, “NTP 1036: Estrés por frío (I),” *Inst. Nac. Segur. e Hig. en el Trab.*, no. I, pp. 1–6, 2015.

- [79] H. Anttonen, A. Pekkarinen, and J. Niskanen, "Safety at work in cold environments and prevention of cold stress," *Ind. Health*, vol. 47, no. 3, pp. 254–261, 2009.
- [80] B. O. Bolaji, M. U. Olanipekun, A. A. Adekunle, and A. E. Adeleke, "An analysis of noise and its environmental burden on the example of Nigerian manufacturing companies," *J. Clean. Prod.*, vol. 172, pp. 1800–1806, 2018.
- [81] K. Melemez and M. Tunay, "The investigation of the ergonomic aspects of the noise caused by agricultural tractors used in Turkish forestry," *African J. Agric. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 243–249, 2010.
- [82] S. O. Ismaila and A. Odusote, "Noise exposure as a factor in the increase of blood pressure of workers in a sack manufacturing industry," *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 116–121, 2014.
- [83] Eurofound and International Labour Organization, *Working conditions in a global perspective*. Luxemburgo: Office of the European Union, 2019.
- [84] J. Anshel, "Visual ergonomics in the workplace," *AAOHN J.*, vol. 55, no. 10, pp. 414–420, 2007.
- [85] INSST, "Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos," *Insst*, p. 43, 2015.
- [86] ILO, "Why is lighting in the workplace important? Improving lighting levels in the factory Finding the best place for the light source," 2014.
- [87] Organización Internacional del Trabajo, *Identificación y reconocimiento de las enfermedades profesionales: Criterios para incluir enfermedades en la lista de enfermedades profesionales de la OIT*, Primera. Ginebra: OIT, 2009.
- [88] Organización Internacional del Trabajo, *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. Aprovechar 100 años de experiencia*, Primera. Ginebra: OIT, 2019.
- [89] IMSS, "Alerta el IMSS Sobre el Síndrome Ocular por el Uso Prolongado de Pantallas," 2017. [Online]. Available: <http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/201707/192>. [Accessed: 23-May-2021].
- [90] Minedu, "Cuidando la parte superior de la espalda salud docente," Lima, 2016.
- [91] IMSS, "Con Hidroterapia, Electroterapia y Rayo Láser, el IMSS Trata Lesiones por Uso Excesivo de Dispositivos | Sitio Web 'Acercando el IMSS al Ciudadano,'" *IMSS*, 2017. [Online]. Available: <http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/201704/119>. [Accessed: 24-Nov-2019].
- [92] HOG, "¿Qué es la sinovitis? > Los sangrados en las coyunturas que no se atienden > Complicaciones > HoG Handbook > Hemophilia of Georgia," *HOG*, 2019. [Online]. Available: <https://www.hog.org/handbook/esp/article/4/18/what-is-synovitis>. [Accessed:

24-Nov-2019].

- [93] M. Pérez, “Artritis y artrosis,” *Farm. Prof.*, vol. 12, pp. 50–55, 2003.
- [94] C. oficial de Bizkaia, “Epicondilitis y epitrocleititis,” *Ortopedia*, vol. 25, no. 6, pp. 49–51, 2011.
- [95] Á. M. Medina, G. I. Velásquez, L. G. Vargas, L. M. Henao, and E. M. Vásquez, “Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención,” *Rev. CES Salud Pública*, vol. 4, pp. 116–124, 2014.
- [96] Organización Mundial de la Salud, “Trastornos mentales,” 2021. .
- [97] L. Leiros, “Historia de la Ergonomía, o de cómo la Ciencia del Trabajo de basa en verdades tomadas de la Psicología,” *Revista de historia de la psicología*, vol. 30, no. 4, Valencia, pp. 33–53, Oct-2009.
- [98] N. E. Camargo Cea, “La enseñanza de la ergonomía en México,” *Arcos Design*, vol. 7, no. 1, Rio de Janeiro, pp. 115–137, 2013.
- [99] M. Obregón Sánchez, *Fundamentos de Ergonomía*, Primera. Ciudad de Mexico: Grupo Editorial Patria, 2016.
- [100] IEA, “Definition and Domains of Ergonomics | IEA Website,” 2019. [Online]. Available: <https://www.iea.cc/whats/index.html>. [Accessed: 08-Nov-2019].
- [101] A. Otto and O. Battaia, “Reducing physical ergonomic risks at assembly lines by line balancing and job rotation: A survey,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 111, pp. 467–480, 2017.
- [102] T. Cedillo Nolasco, “En Mexico, 38% de males ocupacionales, por trastorno músculo-esqueleticos,” *Sem. la UAM*, vol. XVIII, no. 30, 2012.
- [103] K. Edwards *et al.*, “Evaluation and development of an ergonomic complement to the Value Stream Mapping tool- a NOVO multicenter Study plan,” in *3rd NOVO R&D Symposium - Sustainable Nordic health care systems*, 2009, p. 43.
- [104] J. Winkel, K. Edwards, B. D. Birgisdóttir, and S. Gunnarsdóttir, “Facilitating and inhibiting factors in change processes based on the lean tool ‘value stream mapping’: an exploratory case study at hospital wards,” *Int. J. Hum. Factors Ergon.*, vol. 3, no. 3/4, p. 291, 2015.
- [105] K. Edwards and J. Winkel, “Some key issues in the development of ergonomic intervention tools,” in *NES2016 - Ergonomics in theory and practice. 48th Annual Conference of Nordic Ergonomics and Human Factors Society*, 2016, pp. 176–178.
- [106] I. J. Kim, “Cognitive Ergonomics and Its Role for Industry Safety Enhancements,” *J. Ergon.*, vol. 6, no. 4, pp. 1–4, 2016.

- [107] A. Arce, L. Romero-Dessens, and J. Leon-Duarte, “Ergonomic Value Stream Mapping: A Novel Approach to Reduce Subjective Mental Workload,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, vol. 792, pp. 307–317.
- [108] M. Pereiro da Silva and F. Goncalves Amaral, “ErgoVSM on a hospital pharmaceutical stream,” in *Occupational and Environmental Safety and Health. Studies in Systems, Decision and Control*, vol. 202, Porto: Springer Nature, 2019, pp. 439–445.
- [109] P. Hasle, L. Starheim, P. L. Jensen, and B. J. Diekmann, “Value stream mapping as a tool for systematic employee based improvement of the psychosocial work environment in hospitals,” *23rd EUROMA Conf. - Interact.*, pp. 1–6, 2016.
- [110] K. Edwards, “Ergonomic value stream mapping - can Lean and ergonomics go hand in hand?,” in *Human Factors in Organizational Design and Management - XI Nordic Ergonomics Society Annual Conference*, 2014, pp. 123–126.
- [111] K. Edwards and J. Winkel, “Accounting for effect modifiers in ergonomic intervention research,” in *NES2016 - Ergonomics in theory and practice. 48th Annual Conference of Nordic Ergonomics and Human Factors Society*, 2016, no. 1, pp. 191–195.
- [112] CANACINTRA, “Estudio para determinar la competitividad de la industria metalmecánica de la CANACINTRA,” Ciudad de México, 2017.
- [113] J. G. Mendoza León and A. Valenzuela Valenzuela, “Aprendizaje, innovación y gestión tecnológica en la pequeña empresa. Un estudio de las industrias metalmecánica y de tecnologías de información en Sonora,” *Contaduría y Adm.*, vol. 59, no. 4, pp. 253–284, 2014.
- [114] CANACINTRA, “SECTOR INDUSTRIAL METAL-MECÁNICO - CANACINTRA.” [Online]. Available: <https://canacintra.org.mx/camara/sectores/sector-industrial-metal-mecanico/>. [Accessed: 20-Mar-2020].
- [115] E. Farina, A. Bena, and A. Dotti, “Impact on safety of a preventive intervention in metalworking,” *Saf. Sci.*, vol. 71, pp. 292–297, 2015.
- [116] E. A. Bedoya Marrugo, “Comportamiento de la accidentalidad en una empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia,” *Nova*, vol. 13, no. 24, p. 93, 2015.
- [117] S. Hermawati, G. Lawson, and A. P. Sutarto, “Mapping ergonomics application to improve SMEs working condition in industrially developing countries: a critical review,” *Ergonomics*, vol. 57, no. 12, pp. 1771–1794, 2014.
- [118] D. L. Parker, L. M. Brosseau, Y. Samant, M. Xi, W. Pan, and D. Haugan, “A randomized, controlled intervention of machine guarding and related safety programs in small metal-fabrication businesses.,” *Public Health Rep.*, vol. 124 Suppl, pp. 90–100, 2009.
- [119] L. M. Brosseau, D. Parker, Y. Samant, and W. Pan, “Mapping safety interventions in metalworking shops,” *J. Occup. Environ. Med.*, vol. 49, no. 3, pp. 338–345, 2007.

- [120] INEGI, “Censos economicos 2014,” 2014.
- [121] INEGI and Secretaria de Economía, “INEGI Presenta resultados de la encuesta nacional sobre productividad y competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas empresas,” Ciudad de México, 2018.
- [122] V. Yen Siong, J. Azlis-Sani, N. Hisyamudin Muhd Nor, M. Nur Annuar Mohd Yunos, J. Anne Boudeville, and S. Ismail, “Ergonomic Assessment in Small and Medium Enterprises (SMEs),” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1049, no. 1, 2018.
- [123] J. G. I. Gómez Romero, M. D. Villarreal Solís, and F. M. Villarreal Solís, “Las incapacidades de aprendizaje organizacional y su relación con los estilos de aprendizaje organizacional en la Mipyme,” *Contaduria y Adm.*, vol. 60, no. 3, pp. 686–702, 2015.
- [124] J. Karlton, “Change Processes and Ergonomic Improvements in Small and Medium Enterprises,” *Hum. Factors Ergon. Manuf.*, vol. 14, no. 2, pp. 135–155, 2004.
- [125] M. Ibarra, L. González, and M. de R. Demuner, “Competitividad empresarial de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Baja California,” *Estud. Front.*, vol. 18, no. 35, pp. 107–130, 2017.
- [126] INEGI, “Censos económicos 2014. Baja California,” 2016.
- [127] SEDECO, “Variación anual en el número de establecimientos, personal y exportaciones de las IMMEX - Comparación,” 2018. [Online]. Available: <http://sedeco.regionescompetitivas.com/sedeco/immex>.
- [128] “Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. DENUÉ.” [Online]. Available: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>. [Accessed: 18-Nov-2019].
- [129] M. Rother and J. Shook, *Learning to See. Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*, 1.4. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2009.
- [130] A. Villaseñor and E. Galindo, *Manual de Lean Manufacturing*, Primera. Ciudad de México: Editorial Limusa, 2007.
- [131] M. Imai, *Kaizen. La clave de la ventaja competitiva japonesa*, Decima ter. Ciudad de México: Grupo Patria Cultural, 2001.
- [132] M. F. Suárez-Barraza, J. Ramis-Pujol, and L. Kerbache, “Thoughts on kaizen and its evolution: Three different perspectives and guiding principles,” *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 2, no. 4, pp. 288–308, 2011.
- [133] M. Imai, *Gemba Kaizen*, Segunda. Madrid: Mc Graw Hill, 2012.
- [134] A. C. Laraia, P. E. Mood, and R. W. Hall, *The Kaizen Blitz: Accelerating Breakthroughs in Productivity and Performance*, Primera. Wiley, 1999.

- [135] M. F. Suárez Barraza and J. Á. Miguel Dávila, “Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la mejora continua,” *Pecunia Rev. la Fac. Ciencias Económicas y Empres. Univ. León*, vol. 7, no. 7, p. 285, 2008.
- [136] R. Recht and C. Wilderom, “Kaizen and culture: On the transferability of Japanese suggestion systems,” *Int. Bus. Rev.*, vol. 7, no. 1, pp. 7–22, 1998.
- [137] Japan Human Relations Association, *Kaizen Teian 2: Guiding Continuous Improvement Through Employee Suggestions*, Primera. Nueva York: Productivity Press, 1992.
- [138] C. Camisón, S. Cruz, and T. González, *Gestión integral de la calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas*. Madrid, 2006.
- [139] STPS, *NOM-011-STPS-2001*. México, 2001, pp. 17–19.
- [140] D. Trabajo, R. F. De Seguridad, P. Administrativo, F. D. M. Regulatoria, and A. D. E. S. E. Higiene, “NOM-015-STPS-2001,” 2002.
- [141] STPS, *NOM-025-STPS-2008*. México, 2008.
- [142] Secretaria del Trabajo y Previsión Social, *NOM-035-STPS-2018*, vol. 5002338. 2019, pp. 1–32.
- [143] STPS, *NOM-036-1-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el Trabajo-Identificación, análisis, prevención y control. Parte 1: Manejo manual de cargas*. Mexico, 2018, p. 52.
- [144] A. F. Pinder, Andrew Dj,; Gillian, “Validation of the HSE Manual handling Assessment Charts as predictors of work-related low back pain,” Londres, 2014.
- [145] Health and Safety Executive, “Health and Safety Executive Manual handling assessment - charts (the MAC tool),” Londres, 2016.
- [146] HSE, “Risk assessment of pushing and pulling (RAPP) tool, Health & Safety Executive (HSE), UK.,” pp. 1–15, 2016.
- [147] L. López-Aragón, R. López-Liria, ángel J. Callejón-Ferre, and M. Gómez-Galán, “Applications of the standardized nordic questionnaire: A Review,” *Sustainability*, vol. 9, no. 9, pp. 1–42, 2017.
- [148] CONEVAL, *Manual para el diseño y la construcción de indicadores*, Primera. Ciudad de México, 2014.
- [149] OIT, “¿Qué son y cómo se construyen los indicadores en la evaluación de impacto? | Guía para la evaluación de impacto.” [Online]. Available: <https://guia.oitcinterfor.org/como-evaluar/como-se-construyen-indicadores>. [Accessed: 16-May-2020].
- [150] F. J. Rodriguez and L. Gomez Bravo, *Indicadores de Calidad y Productividad en la*

- Empresa*, Primera., no. 140. Caracas: Nuevos Tiempos, 1991.
- [151] D. Parmenter, *Key Performance Indicators*, Tercera. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
- [152] S. M. Hussein, M. Hasan, and M. G. Murtuza, “A Team Formation Framework for Managing Diversity in Multidisciplinary Engineering Project,” *Int. J. Eng. Pedagog.*, vol. 7, no. 1, p. 84, 2017.
- [153] B. W. Niebel and A. Freivalds, *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo.*, Duodécima. Ciudad de México: Mc Graw Hill, 2009.
- [154] C. Salazar and S. Del Castillo, *Fundamentos Básicos De Estadística*, Primera. Quito, 2018.
- [155] Minnesota Mining and Manufacturing Company, “3M® EAR™ TaperFit™ Tapones regulares,” 2020. [Online]. Available: https://www.3m.com.mx/3M/es_MX/inicio/todos-los-productos-3m/~/3M-EAR-TaperFit-Tapones-regulares/?N=5002385+3294326285&rt=rud. [Accessed: 09-May-2020].
- [156] E. R. Vieira, S. Kumar, and Y. Narayan, “Smoking, no-exercise, overweight and low back disorder in welders and nurses,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 38, no. 2, pp. 143–149, 2008.
- [157] M. A. Sanda and J. Nugble, “Situational Assessment of Noise and Ergonomic Factors in Welding Activities: Implications on the Well-Being of Ghanaian Informal Auto-Mechanics,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1215 AISC, pp. 142–148, 2020.
- [158] H. J. C. G. Coury, R. F. C. Moreira, and N. B. Dias, “Evaluation of the effectiveness of workplace exercise in controlling neck, shoulder and low back pain: A systematic review,” *Rev. Bras. Fisioter.*, vol. 13, no. 6, pp. 461–479, 2009.
- [159] T. Jindo, Y. Kai, N. Kitano, K. Tsunoda, T. Nagamatsu, and T. Arao, “Relationship of workplace exercise with work engagement and psychological distress in employees: A cross-sectional study from the MYLS study,” *Prev. Med. Reports*, vol. 17, no. October 2019, p. 101030, 2020.
- [160] F. C. Barros, A. M. Cabral, R. de F. C. Moreira, and T. de O. Sato, “Does adherence to workplace-based exercises alter physical capacity, pain intensity and productivity?,” *Eur. J. Physiother.*, vol. 21, no. 2, pp. 83–90, 2019.
- [161] R. Siva, M. Prabakaran, S. Rishikesh, A. Santhosh Kumar, and M. Sangeetha, “Lead time reduction through lean techniques on filter drier component by modifying fixture design - Case study,” *Mater. Today Proc.*, vol. 33, no. xxxx, pp. 2651–2655, 2020.
- [162] H. Radhwan, M. S. M. Effendi, M. F. Rosli, Z. Shayfull, and K. N. Nadia, “Design and Analysis of Jigs and Fixtures for Manufacturing Process,” in *Joint Conference on Green Engineering Technology & Applied Computing*, 2019.
- [163] B. Lathashankar, G. Ashritha, S. Asma, K. Shivam, and K. Nitesh, “Cycle time reduction

- in manufacturing industry by designing a dedicated fixture : A case study,” *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 3, pp. 34–42, 2018.
- [164] S. Aphale, V. Nandurdikar, and S. Desale, “Design and Deployment of Fixture on Assembly Line to Improve Productivity Design and Deployment of Fixture on Assembly Line to Improve Productivity,” *J. Phys. Conf. Ser.*, 2021.
- [165] S. S. Pachbhai and L. P. Raut, “A Review on Design of Fixtures,” *Int. J. Eng. Res. Gen. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 126–146, 2014.
- [166] J. Jamshidi and P. G. Maropoulos, “Methodology for High Accuracy Installation of Sustainable Jigs and Fixtures,” *Adv. Sustain. Manuf.*, pp. 149–155, 2011.
- [167] L. Cuatrecasas, *Gestión Integral de la Calidad*, Primera. Barcelona: Profit Editorial Inmobiliaria, 2010.

Anexo A

Resultados del cuestionario Nórdico de Kuorinka contenido en la NOM-036-STPS-2018, aplicado en la MIPyME metalmecánica en 2020. Las preguntas del cuestionario nórdico de Kuorinka son las siguientes:

- A. ¿Ha tenido molestias en cuello, hombro, espalda (zona dorsal), espalda (zona lumbar), brazo, codo, antebrazo, mano/muñeca, pierna, rodilla, pantorrilla o pie?
- B. ¿Cuánto tiempo tiene con las molestias?
- C. ¿Ha tenido que cambiar de puesto de trabajo?
- D. ¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?
- E. ¿Cuánto tiempo ha tenido las molestias en los últimos 12 meses?
- F. ¿Cuánto tiempo dura cada episodio con molestias?
- G. ¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido realizar su trabajo en los últimos 12 meses?
- H. ¿Ha recibido tratamiento médico para estas molestias en los últimos 12 meses?
- I. ¿Ha tenido molestias en los últimos 7 días?
- J. Califique sus molestias entre 1 y 5, donde 1 representa molestias mínimas y 5 molestias muy fuertes.
- K. ¿A qué factores atribuye sus molestias?

A continuación, se muestra la matriz con las respuestas obtenidas por los 10 empleados que presentaron molestias en el 2020, para identificar al empleado en la columna identificada con el símbolo de número (#), se identificara a los empleados como E y el número correspondiente, así como el área donde trabajan dentro de la empresa y con las letras de la A la K están identificadas las preguntas indicadas en la parte de arriba.

#	Área	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
E1	Corte	Mano izquierda	6 meses	No	Si	8-30 días	1-4 semanas	No	No	Si	2	Golpes en el trabajo
		Mano derecha	6 meses	No	Si	1-7 días	1-4 semanas	No	No	Si	2	Golpes en el trabajo
		Cuello	5 años	No	Si	1-7 días	1-4 semanas	No	Si	Si	4	Me atropellaron hace 5 años
E2	Armado	Zona lumbar	1 semana	No	Si	1 semana	1 hora	No	No	Si	3	Por estar parado en el trabajo y cargar cosas pesadas
E3	Armado	Zona lumbar	8 años	No	Si	1 mes	3 horas	No	No	No	2	Por mi estatura, peso y por lesiones cuando jugaba basquetbol
E4	Armado	Rodilla Izquierda	6 meses	No	Si	Siempre	Más de un mes	No	Si	SI	4	Por la edad
		Rodilla Derecha	6 meses	No	Si	Siempre	Más de un mes	No	Si	SI	4	Por la edad

E5	Armado	Hombro izquierdo	6 meses	no	si	Más de 30 días	1-24 horas	Una vez	Si	SI	4	Por soldar mucho
		Hombro derecho	6 meses	No	Si	Más de 30 días	1-24 horas	Una vez	Si	SI	4	Por soldar mucho
E6	Armado	Zona lumbar	4 meses	No	Si	Siempre	Más de un mes	No	Si	Si	3	Levante una revoladora en mi casa
E7	Armado	Zona lumbar	1 año	No	Si	1-7 días	1-24 horas	Si	No	No	5	Por las posturas del trabajo y si realizo un esfuerzo muy rápido en el trabajo
E8	Armado	Cuello	4 años	No	Si	Siempre	Más de un mes	No	No	Si	4	Por dormir con muchas almohadas
E9	Pintura	Muslo derecho	3 años	No	Si	Siempre	Más de un mes	No	No	Si	2	Me caí en mi casa y desde entonces me duele, sobre todo en los días de clima frío
E10	Final	Muslo izquierdo	14 años	No	Si	Más de 30 días	1-7 días	No	No	No	2	Me operaron de una hernia de disco por un accidente y desde entonces

En la siguiente matriz se concentran los resultados de los 21 empleados con molestias de la aplicación en 2021, siguiendo el mismo formato que en la tabla anterior.

#	Área	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
E1	Corte	Zona lumbar	2 años	No	Si	8-30 días	24 horas	No	No	No	2	No sé porque comenzó la molestia
E2	Corte	Cuello	3 meses	No	Si	8-30 días	24 horas	No	No	No	2	Por la manera de dormir, al despertarme tengo la molestia
E3	Corte	Zona lumbar	5 años	No	SI	Siempre	Más de un mes	No	No	No	1	Me caí del techo de mi casa y desde entonces me quedo mal la espalda
E4	Corte	Cuello	2 semanas	No	Si	8-30 días	Siempre	No	No	Si	4	Por el estrés y la cama en la que duermo
		Hombro Derecho	3 semanas	No	Si	8-30 días	1-24 horas	No	No	Si	3	Levante pesas mal
		Mano izquierda	4 meses	No	Si	Siempre	Siempre	No	Si	Si	2	Tuve un accidente en el trabajo con la prensa
		Rodilla derecha	1 mes	No	Si	1-7 días	1-24 horas	No	No	No	4	Cansancio del trabajo y que soy árbitro de futbol
E5	Final	Rodilla izquierda	3 meses	No	Si	Más de 30 días	1-24 horas	No	Si	Si	1	Me atropellaron hace 3 meses
		Rodilla derecha	3 meses	No	Si	Más de 30 días	1-24 horas	No	Si	Si	1	Me atropellaron hace 3 meses

E6	Limpieza	Zona lumbar	3 meses	No	Si	1-7 días	1-24 horas	No	No	No	3	Cansancio del trabajo, al usar el taladro Pfiutek, la fuerza cae en la espalda baja.
E7	Pintura	Muslo derecho	3 años	No	Si	Siempre	Más de un mes	No	No	Si	2	Tuve una caída en su casa y desde entonces me duele, sobre todo en los días de clima frío
E8	Final	Muslo izquierdo	14 años	No	Si	Más de 30 días	1-7 días	No	No	No	2	Por la operación de hernia de disco por un accidente y desde entonces me duele
E9	Armado	Mano derecha	3 años	No	Si	8-30 días	1-7 días	No	No	No	3	Cuando trabajaba en la construcción usaba mucha agua y con el movimiento de las manos me comenzó la molestia.
E10	Armado	Zona lumbar	5 años	No	Si	8-30 días	1-24 horas	Una vez	No	No	4	Por cargar cosas pesas en el trabajo y la posición en que lo realizo
E11	Armado	Zona lumbar	1 mes	No	Si	1-7 días	1-24 horas	No	No	Si	2	Por el sobrepeso y estar mucho tiempo parado en el trabajo
E12	Armado	Zona lumbar	6 meses	No	Si	8-30 días	1-24 horas	No	No	No	1	Por el trabajo
E13	Armado	Rodilla izquierda	2 meses	No	Si	8-30 días	1-24 horas	No	No	No	1	Por las posiciones del trabajo
		Rodilla derecha	2 meses	No	Si	8-30 días	1-24 horas	No	No	No	1	Por las posiciones del trabajo
		Zona lumbar	1 mes	No	Si	1-7 días	1-24 horas	No	No	No	2	Por mover cosas pesadas sin ayuda
E14	Armado	Rodilla izquierda	1 mes	No	Si	8-30 días	1-7 días	No	Si	Si	2	Me pegue en la rodilla con un remolque al estar soldando
E15	Armado	Codo izquierdo	4 meses	No	Si	8-30 días	1-7 días	No	No	Si	4	Creo que porque cargue mal una pieza y no he descansado
E16	Armado	Rodilla izquierda	2 meses	No	Si	1-7 días	1-7 días	No	No	Si	1	Por falta de ejercicio y las posiciones del trabajo
E17	Armado	Zona lumbar	1 año y medio	No	Si	Más de 30 días	1-7 días	No	Si	Si	3	Levante una revolvedora mal en mi casa y me trono la espalda y no me podía levantar
E18	Armado	Rodilla Izquierda	12 meses	No	Si	Más de 30 días	1-24 horas	No	Si	SI	4	después del COVID me comenzaron a doler

		Rodilla Derecha	12 meses	No	Si	Más de 30 días	1-24 horas	No	Si	SI	4	después del COVID me comenzaron a doler
E19	Armado	Zona lumbar	3 meses	No	Si	1-7 días	1-24 horas	No	No	No	1	Por la edad y estar parado todo el día
E20	Armado	Cuello	4 años	No	Si	Siempre	Más de un mes	No	No	Si	2	Por dormir con 3 almohadas
E21	Ejes	Hombro izquierdo	2 meses	No	si	8-30 días	1-7 días	No	No	No	2	Por levantar los ejes pesados y la edad
		Hombro derecho	2 meses	No	Si	8-30 días	1-7 días	No	No	No	2	Por levantar los ejes pesados y la edad
		Zona lumbar	2 años	No	Si	Siempre	Más de un mes	No	No	Si	3	La doctora me dijo que tenía una bolita de grasa en la espalda y no levantara cosas pesadas, pero las sigo levantando

Anexo B

El formato de seguimiento a proyectos del Ergo-VSM Integral, es una guía para la implementación de los planes de mejora, se debe iniciar por escribir el nombre del proyecto, los integrantes del equipo de trabajo y el proceso en el que se enfoca la mejora, así como el objetivo que se planea lograr con este cambio.

Todas las actividades requeridas para llevar a término el proyecto se deben anotar en la tabla correspondiente, incluyendo el responsable de la actividad, la fecha de inicio y termino de la acción, comentarios relacionados con los requerimientos para lograrlo y el porcentaje de avance en el momento que se llena el formato, el cual se deberá actualizar con una periodicidad definida por el equipo de trabajo. Esta información permitirá identificar retrasos u omisiones por parte del equipo, así como recursos requeridos para lograrlo.

Formato de seguimiento a proyectos del Ergo-VSM Integral					
Nombre del proyecto:					
Integrantes del equipo:					
Proceso de enfoque:					
Objetivo:					
Actividades del proyecto					
Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Comentario	% de avance
Porcentaje de avance del proyecto:					