

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“Diseño de un plan de propuestas de mejora que aumenten la productividad y competitividad de la producción de ventanas de aluminio en una empresa ubicada en la ciudad de Guatemala.”

Trabajo de graduación presentado por José Andrés Bravo Zuñiga para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2024

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“Diseño de un plan de propuestas de mejora que aumenten la productividad y competitividad de la producción de ventanas de aluminio en una empresa ubicada en la ciudad de Guatemala.”

Trabajo de graduación presentado por José Andrés Bravo Zuñiga

para optar al grado académico de

Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2024

Vo. Bo.:

(f)  _____

Ing. Mardoqueo Velásquez Gómez

Tribunal Examinador:

(f)  _____

Ing. Carlo Vinicio Prato Córdova

(f)  _____

Ing. Dulce María Chacón Muñoz

(f)  _____

Ing. Mardoqueo Velásquez Gómez

Fecha de aprobación de examen de graduación:

Guatemala, 24 de junio de 2024

ÍNDICE

Figuras	IV
Prefacio.....	VI
Resumen	VIII
1. Introducción.....	1
2. Justificación	2
3. Objetivos.....	3
3.1. Objetivo general	3
3.2. Objetivos específicos.....	3
4. Marco teórico.....	4
4.1. Estudio de mercado	4
4.2. Ingeniería de métodos	4
4.2.1. Concepto.....	4
4.2.2. Selección del proyecto	5
4.2.3. Obtención y presentación de datos.....	5
4.2.4. Diagrama de Operaciones	5
4.2.5. Diagrama de recorrido	6
4.2.6. Simulación SIMIO.....	6
4.2.1. Indicadores de desempeño (KPIs)	6
4.2.2. Análisis PESTEL	6
4.2.3. Análisis de datos.....	6
4.3. Lean Six Sigma	7
4.1. Diagrama de Ishikawa	8
4.2. 5s	8
4.3. Seguridad industrial	9
4.3.1. Concepto.....	9
4.3.2. Riesgos mecánicos	9
4.3.3. Riesgos ruido	10
4.3.4. Riesgos de fuego.....	10
4.3.5. Mala iluminación	11
4.3.6. Ergonomía de la planta	11
4.4. Estudio financiero	11
5. Determinación del estado actual	13
5.1. Descripción del mercado	13
5.1.1. Filtro de demanda.....	13
5.2. Descripción de la producción.....	14
5.3. DOP.....	15
5.4. Riesgos de la producción	16

5.5.	Datos recopilados de la empresa	19
5.5.1.	Proveedores	19
5.5.2.	Proceso de operación.....	20
5.6.	Descripción del factor humano	24
5.7.	Identificación de las características de maquinaria y equipo	25
5.8.	Diagrama de recorrido	32
5.9.	Simulación del estado actual	33
5.9.1.	Diseño conceptual de la simulación	33
5.9.2.	Análisis de la entrada.....	35
5.9.3.	Verificación y validación de simulación	46
5.10.	Enfoque seleccionado	47
5.11.	Indicadores.....	48
5.12.	Análisis del estado actual	56
6.	<i>Identificación de áreas de mejora con enfoque a la optimización por medio de Lean Six Sigma</i>	58
6.1.	Diagrama de Ishikawa para el cuello de botella en el área de ensamble.....	58
6.2.	Formato de recolección de datos.....	58
6.3.	Análisis Pareto	60
6.4.	Diagrama de Ishikawa para los problemas principales.....	62
6.4.1.	Problema: Métodos de ensamblaje ineficientes o poco efectivos.....	62
6.4.2.	Problema: Falta de asignación adecuada de estaciones de trabajo	62
6.4.3.	Problema: Ineficiencia en los equipos de ensamblaje	63
6.4.4.	Problema: Capacitación insuficiente del personal.....	63
6.4.5.	Problema: Seguridad industrial	64
6.5.	Descripción de las ideas de mejora	65
7.	<i>Plan de implementación de mejoras operativas con un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional.....</i>	68
7.1.	Caso de negocio	68
7.2.	Alcance.....	68
7.2.1.	Acuerdos específicos.....	68
7.3.	Entregables.....	70
7.3.1.	Indicadores de desempeño	70
7.3.2.	Formato de priorización de tareas	71
7.3.3.	Propuesta de creación de nuevas plazas	73
7.3.4.	Diseño del layout de la planta con secciones de trabajo enfocadas por procesos	74
7.3.5.	Explicación del sistema de sogas para la sección de ensamble	75
7.3.6.	Implementación de mejoras productivas	76
7.3.6.1.	Compra de taladros para escuadras	76
7.3.6.2.	Manual para la implementación de 5s.....	78
7.3.7.	Matriz de riesgo.....	92
7.3.8.	Propuesta de implementación de medidas preventivas mediante capacitaciones.....	98
7.3.8.1.	Lluvia de ideas para capacitaciones relevantes	98

7.3.8.2.	Preparación de materiales	99
7.3.8.3.	Perfil del instructor.....	99
7.3.8.4.	Puntos por abordar en capacitaciones	99
7.4.	Análisis técnico	100
7.5.	Análisis social.....	101
7.6.	Análisis legal	101
7.7.	Evaluación ecológica	101
7.8.	Evaluación ética	102
7.9.	Ejecución de proyecto	103
7.9.1.	Reuniones de seguimiento y definir frecuencia de estas	103
7.9.2.	Cumplimiento o no del cronograma establecido.....	103
7.9.3.	En caso de no cumplir el cronograma.....	103
7.9.4.	Establecer los objetivos de cada reunión.....	103
8.	<i>Impacto financiero de la implementación: Uso de TIR y VPN</i>	<i>105</i>
9.	<i>Conclusiones</i>	<i>113</i>
10.	<i>Referencias.....</i>	<i>115</i>
11.	<i>Anexos</i>	<i>122</i>
11.1.	Factores legales para considerar (PESTEL)	122
11.2.	Taladro cotizado	133
11.3.	Filtro de demanda.....	133
11.4.	Evaluación de riesgos	134
11.4.1.	Iluminación	134
11.4.2.	Ruido	136
11.4.3.	Paredes y piso	137
11.4.4.	Temperatura, ventilación y ventanas.....	137
11.4.5.	Análisis del cuestionario de “RUIDO: EVALUACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO ERGONÓMICO” del Ministerio de Trabajo del Gobierno de España	139

Lista de figuras

Figura 1 Diagrama de operaciones (método actual)	15
Figura 2. Acumulación de producto rechazado por control de calidad en área de carga y descarga.....	17
Figura 3. Planchas de vidrio mal almacenadas en área de carga y descarga	17
Figura 4. Uso de cuchilla sin mango para remover desperfectos del corte.....	18
Figura 5. Inventario (WIP) obstruyendo extintor	18
Figura 6. Toneles para desechos de vidrio.....	19
Figura 7. Detalle del proceso de cotización y venta actual.....	20
Figura 8. Detalle del proceso de programación, fabricación y despacho	21
Figura 9. Detalle de instalación, facturación y cobro	23
Figura 10. Diagrama de recorrido con DOP (Planta baja).....	32
Figura 11. Simulación del proceso productivo realizado en SIMIO	34
Figura 12. Histograma con distribución uniforme [Corte aluminio para piezas de marco y hoja]	35
Figura 13. Histograma con distribución normal [Desagüe; orificios para el drenaje de agua en marcos].....	36
Figura 14. Histograma con distribución uniforme [Taladrado de orificios para escuadras mecánicas de marco].....	36
Figura 15. Histograma con distribución triangular [Colocación de goma/hule en exterior de las piezas del marco]	37
Figura 16. Histograma con distribución exponencial [Ensamble de 4 piezas del marco]	37
Figura 17. Histograma con distribución triangular [Ajuste de escuadras mecánicas]	38
Figura 18. Histograma con distribución uniforme [Taladrado y atornillado de herrajes]	38
Figura 19. Histograma con distribución uniforme [Taladrado de orificios para escuadras de las piezas de la hoja].....	39
Figura 20. Histograma con distribución triangular [Colocación de goma/hule en interior de piezas de la hoja].....	39
Figura 21. Histograma con distribución exponencial [Ensamble de 4 piezas de la hoja]	40
Figura 22. Histograma con distribución triangular [Ajuste de escuadras mecánicas]	40
Figura 23. Histograma con distribución uniforme [Taladrado y atornillado de herrajes]	41
Figura 24. Histograma con distribución uniforme [Corte vidrio para piezas de marco y hoja] ..	41
Figura 25. Histograma con distribución normal [Colocar hoja pasiva sobre marco]	42
Figura 26. Histograma con distribución exponencial	42
Figura 27. Histograma con distribución uniforme	43
Figura 28. Histograma con distribución normal	43
Figura 29. Histograma con distribución exponencial	44
Figura 30. Histograma con distribución uniforme	44
Figura 31. Diagrama de Ishikawa – cuello de botella.....	58
Figura 32. Diagrama de Pareto para el cuello de botella (mesa de ensamble)	61
Figura 33. Diagrama de recorrido con división por secciones	74
Figura 34. Parte delantera de tarjeta roja	81
Figura 35. Parte trasera de tarjeta roja	81
Figura 36. Matriz de riesgos de seguridad industrial.....	93
Figura 37. Licencias totales de construcción autorizadas del 2021 al 2023	133

Figura 38. Curvas Blackwell	134
Figura 39. Zona de confort térmico (humedad vs temperatura)	139
Figura 40. Flujo para toma de decisiones	146
Figura 41. Familia de curvas RC	152
Figura 42. TIEMPOS DE REVERBERACIÓN	166

Lista de cuadros

Cuadro 1. Filtros de demanda.....	13
Cuadro 2. Descripción de maquinaria y equipo	25
Cuadro 3. Tiempo y distribución por operación.....	45
Cuadro 4. Resultados de simulación (estado actual)	46
Cuadro 5. Recomendación indicadores para el control del proceso de producción	48
Cuadro 6. Explicación de forma de medir cada indicador para el control del proceso de	49
Cuadro 7. Hoja de registro para las causas detectadas	59
Cuadro 8. Tabulación de resultados de la hoja de registro	60
Cuadro 9. Indicadores de desempeño	70
Cuadro 10. Ponderación de los criterios para considerar de los pedidos	71
Cuadro 11. Información de pedidos	71
Cuadro 12. Resultados del formato de priorización	72
Cuadro 13. Descripción del puesto.....	73
Cuadro 14. Comparación entre taladro convencional vs industrial.....	76
Cuadro 15. Resultados con mejoras en la simulación – Throughput	77
Cuadro 16. Resultados con mejoras en la simulación - Porcentajes de utilización de operaciones más relevantes	77
Cuadro 17. Hoja de registro para el comité de 5s.....	79
Cuadro 18. Pautas para organizar artículos necesarios.....	83
Cuadro 19. Lista de chequeo 5S	86
Cuadro 20. Resultados de auditorías	89
Cuadro 21. Escala de medición	89
Cuadro 22. LISTA DE CHEQUEO 5S: CONTROL VISUAL.....	89
Cuadro 23. LISTA DE CHEQUEO 5S: LIMPIEZA.....	90
Cuadro 24. LISTA DE CHEQUEO 5S: ORGANIZACIÓN.....	91
Cuadro 25. Requerimiento de inversión inicial para la implementación del plan propuesto	105
Cuadro 26. Descripción del gasto mensual de consumibles <i>con base en</i> la vida útil estimada requerido para la implementación del plan propuesto	106
Cuadro 27. Cobertura de demanda	107
Cuadro 28. Análisis marginal del plan propuesto.....	108
Cuadro 29. Tasa de interés activa (BANGUAT).....	111
Cuadro 30. Análisis del valor presente neto y TIR.....	112
Cuadro 31. Tipos y clases de luminarias	135
Cuadro 32. Colores para identificación de tuberías.....	138
Cuadro 33. Exposición por día (db).....	143

Prefacio

Este trabajo tiene como objetivo impulsar la productividad y competitividad de una reconocida empresa de fabricación de ventanas de PVC y aluminio en Guatemala, poniendo especial atención en mejorar su línea de producción de aluminio. Con su especialidad siendo ventanas de PVC, la compañía enfrenta desafíos en su línea de producción de aluminio que limitan su eficiencia y crecimiento.

Para comprender a fondo las operaciones de la empresa, se programaron visitas a la fábrica. La primera visita tuvo lugar el 14 de febrero de 2023, con la que participaron varios miembros de nuestro equipo junto con nuestro asesor, Mardoqueo Velásquez. Durante esta visita, tuvimos la oportunidad de interactuar con el ingeniero de producción y el dueño de la empresa. El dueño nos proporcionó una perspectiva valiosa sobre el funcionamiento administrativo y operativo de la fábrica, y enfatizó su relación con una corporación más grande. Además, se nos ofreció un recorrido detallado por las instalaciones, permitiéndonos familiarizarnos con el proceso productivo y los desafíos clave que deseaban abordar. Posteriormente, el 5 de mayo de 2023, realizamos una segunda visita con todos los integrantes del grupo y Mardoqueo Velásquez, en la cual presentamos al ingeniero de producción el proyecto propuesto para resolver los problemas identificados anteriormente. Esta reunión concluyó con el ingeniero aprobando las propuestas individuales por cada miembro del equipo.

La necesidad de intervención se hizo evidente durante nuestras visitas, donde identificamos ineficiencias en los procedimientos de fabricación. Sin embargo, cabe destacar que dichas ineficiencias son un subproducto del crecimiento acelerado de la empresa debido a la creciente demanda de sus productos. Es vital abordar estos problemas para satisfacer esta demanda sin comprometer la calidad o la eficiencia.

Existen limitaciones que pueden impactar la implementación de las mejoras propuestas, por ejemplo: la disponibilidad de tiempo por parte de la empresa para permitir las visitas a la planta puede restringir un análisis detallado de las operaciones de producción de aluminio; el acceso a información primaria, necesaria para el estudio es limitado, ya que la corporación maneja la contabilidad de la fábrica, lo que implica depender en gran medida de fuentes secundarias de información y literatura teórica como los recursos principales; la ausencia de un registro histórico completo de datos sobre el proceso de producción limita el análisis de tendencias a largo plazo y la comprensión del cambio en los procesos a lo largo del tiempo; por último, lo que es información sobre la ubicación y los planos de la nueva planta no se han proporcionado.

Resumen

El proyecto de maximizar la productividad y competitividad en la producción de ventanas de aluminio se fundamenta en teorías y prácticas consolidadas que aseguran una metodología robusta. A continuación, se describe la estructura del presente trabajo:

La primera fase, centrada en la evaluación del estado actual, utiliza el análisis de sistemas para comprender el proceso como un todo integrado, y no simplemente como una serie de partes aisladas. A través del Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP), se logra una visión gráfica de las operaciones y su secuencia. Para recopilar datos y comprender el estado actual, se emplean técnicas cuantitativas y descriptivas que provienen de la investigación operativa y la gestión de operaciones. El uso de la herramienta de simulación SIMIO e Input Analyzer permite modelar estos procesos en un entorno virtual.

En la segunda fase, el enfoque se vuelve hacia la identificación de áreas de mejora, donde se despliega toda la potencia de la metodología Lean Six Sigma. Se utilizan herramientas como el diagrama de Ishikawa para identificar y visualizar las posibles causas de los problemas, el análisis de Pareto para priorizar los problemas más críticos, y se describen las ideas que formarán parte del plan propuesto.

La tercera fase implica la evaluación de las propuestas de mejora para la elaboración del “Plan de Implementación de Mejoras Operativas con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional” y sus entregables. Esta etapa es crucial ya que consolida las alternativas tomando en cuenta las demás fases para elaborar un plan de propuestas de mejora que aumenten la productividad y competitividad de la producción de ventanas de aluminio en una empresa ubicada en la ciudad de Guatemala, mediante la aplicación de herramientas Lean Six Sigma.

En la cuarta fase busca concluir y se sumerge en el ámbito financiero. Se adoptan herramientas de la teoría financiera, como el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), para evaluar la viabilidad económica del proyecto. Estas herramientas ofrecen una perspectiva cuantitativa sobre los flujos de efectivo futuros y su rentabilidad. En esencia, el proyecto es un conjunto de teorías y prácticas que, cuando se ejecutan a la vez, ofrecen una hoja de ruta clara para mejorar la producción de ventanas de aluminio.

1. Introducción

Una fábrica que ha dedicado la mayor parte de sus operaciones a la fabricación de ventanas de PVC, diversificar y fortalecer su línea de producción de aluminio puede representar una oportunidad muy significativa para su crecimiento. No solo ampliaría su cartera de productos, sino que también le permitiría acceder a un segmento del mercado que valora las ventajas únicas que el aluminio ofrece. Además, las construcciones modernas exigen las ventanas de aluminio en sus proyectos, ya que buscan una estética que no puede lograrse con ventanas de PVC. Por lo tanto, para la fábrica, invertir en su línea de producción de aluminio no solo es una estrategia para diversificar, sino también una apuesta segura hacia un futuro prometedor en la industria de fabricación de ventanas.

El análisis realizado durante este proyecto evidenció en la determinación del estado actual que la empresa, similar a muchas otras en el mercado, ha evolucionado de manera reactiva, adaptándose a las demandas de los clientes sin un plan estratégico preestablecido. Esta naturaleza reactiva ha generado la adopción de prácticas laborales subóptimas y se presta a tener costos ocultos, afectando potencialmente la productividad y la rentabilidad. Sin embargo, se ha propuesto el "Plan de Implementación de Mejoras Operativas con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional" como solución.

Es importante destacar que el resultado financiero del plan es el determinante de la viabilidad del proyecto y el resultado fue altamente rentable. Esta rentabilidad no se deriva necesariamente de grandes inversiones, sino de la identificación de múltiples oportunidades de mejora que requieren mínima inversión. La clave está en una reorganización estratégica y en la capacitación de los empleados para garantizar una gestión eficaz y optimizada, maximizando así los beneficios.

2. Justificación

A través de este trabajo se determina la importancia de la implementación de mejoras a una línea de producción de aluminio en una empresa que se dedica a la fabricación de ventanas de PVC en la ciudad de Guatemala. El llevar a cabo el proyecto implica el uso de diversas competencias adquiridas a lo largo de la carrera de ingeniería industrial.

En el actual panorama empresarial, no basta con mantener operaciones estables, sino que es importante contar con metodologías estructuradas que permiten la mejora continua para ser competitivos dentro del mercado. La empresa en su producción de ventanas de aluminio en la ciudad de Guatemala enfrenta diversos desafíos en sus procesos, desde ineficiencias operativas hasta problemas logísticos que afectan su capacidad de entrega, además, no cuenta con indicadores de desempeño que permiten monitorear sus resultados. Estas ineficiencias no sólo afectan la rentabilidad, sino que también puede tener un impacto en la satisfacción del cliente y en la percepción de la marca en el mercado y limitar el crecimiento o inclusive promover un crecimiento desordenado.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar un plan de propuestas de mejora que aumenten la productividad y competitividad de la producción de ventanas de aluminio en una empresa ubicada en la ciudad de Guatemala, mediante la aplicación de herramientas Lean Six Sigma.

3.2. Objetivos específicos

1. Analizar los diferentes elementos y variables que intervienen en el proceso productivo para determinar el estado actual mediante la simulación del proceso actual en SIMIO y la evaluación de indicadores clave de desempeño de eficiencia y efectividad
2. Identificar áreas de mejora en el proceso productivo y gestión logística, para aumentar la productividad y competitividad mediante la metodología Lean Six Sigma.
3. Diseñar un plan de implementación de los cambios para evaluar las mejoras mediante la consideración de factores técnicos, legales, ecológicos y de seguridad industrial.
4. Cuantificar el impacto del plan de implementación para determinar la rentabilidad del proyecto del plan de mejoras propuesto, por medio de la tasa interna de retorno (TIR) y valor presente neto (VPN).

4. Marco teórico

En el marco teórico, se explorarán las herramientas fundamentales utilizadas en el ámbito de la gestión de proyectos. Es crucial comprender que el inicio de cualquier proyecto radica en la identificación clara de su propósito, lo cual conduce a la necesidad de un análisis profundo del mercado y del proyecto en sí mismo. Posteriormente, es esencial evaluar el estado actual del proyecto y su proceso, identificando áreas de mejora. Para abordar estas mejoras, se implementarán metodologías de Lean Six Sigma, centradas en la optimización y eliminación de desperdicios. Finalmente, se abordará la evaluación financiera para analizar la viabilidad del proyecto desde una perspectiva económica. Este enfoque integral garantiza una gestión efectiva y eficiente de los proyectos, maximizando las posibilidades de éxito y crecimiento empresarial.

4.1. Estudio de mercado

En el estudio de mercado se define el medio en el que se llevará a cabo el proyecto. Para comprender el mercado del proyecto se analiza la demanda, la oferta y las estrategias de mercadeo. Siempre desde el punto de vista del evaluador, es decir, el costo beneficio que tienen cada variable sobre la rentabilidad del proyecto. Este es el punto de partida para los siguientes estudios, ya que condiciona a los demás (Orjuela Córdova & Sandoval Medina, 2002).

4.2. Ingeniería de métodos

4.2.1. Concepto

El término de análisis de operaciones, diseño del trabajo, simplificación de trabajo e ingeniería de métodos se usan de forma intercambiable. Todos se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo o reducir el costo por unidad de producción, es decir, mejorar la productividad. La ingeniería de métodos es responsable de diseñar y desarrollar varios centros de trabajo donde el producto será fabricado y estudiar continuamente estos centros de

trabajo con el fin de encontrar una mejor forma de fabricar el producto y mejorar su calidad (Niegel & Freivalds, 2009a).

Existe un procedimiento sistematizado para desarrollar un plan para la fabricación de un nuevo producto. Este procedimiento se divide en etapas y a continuación se presenta el orden sugerido para abordar los proyectos (Niegel & Freivalds, 2009a).

4.2.2. Selección del proyecto

Los proyectos seleccionados representan nuevos productos o productos ya existentes que tienen un alto costo de manufactura y una baja ganancia. También, los productos que experimentan dificultades de calidad o no son competitivos son aptos para implementar ingeniería de métodos (Niegel & Freivalds, 2009a).

4.2.3. Obtención y presentación de datos

Se integra toda información relevante relacionada con el producto o servicio. Los diagramas y especificaciones, cantidades requeridas, requerimientos de entrega y proyecciones de la vida anticipada del producto. Esta información se debe almacenar en una forma ordenada para su análisis posterior. En esta etapa los diagramas de flujo son útiles para la planificación del proyecto (Niegel & Freivalds, 2009a).

4.2.4. Diagrama de Operaciones

Es una representación gráfica que muestra la secuencia de todas las operaciones y transportes que se realizan durante un proceso o actividad. Se utiliza para visualizar y comprender mejor la secuencia y naturaleza de las operaciones dentro de un sistema productivo (Niegel & Freivalds, 2009d).

4.2.5. Diagrama de recorrido

Un diagrama de recorrido es una representación gráfica que ilustra la secuencia de actividades y movimientos en un proceso específico, frecuentemente utilizado en manufactura o servicios para visualizar la trayectoria de materiales o personas dentro de un espacio o proceso. Ayuda a identificar ineficiencias, optimizar flujos de trabajo, facilitar la comunicación y reducir costos al minimizar movimientos innecesarios y mejorar la eficiencia del proceso (Niebel & Freivalds, 2009d).

4.2.6. Simulación SIMIO

SIMIO es una herramienta de software avanzada que permite modelar, simular y analizar procesos complejos en un entorno virtual. Esto permite a las organizaciones probar y mejorar sus procesos sin la necesidad de cambios en el mundo real (Simio Simulation Partner, s. f.).

4.2.1. Indicadores de desempeño (KPIs)

Los Indicadores de desempeño o KPIs (Key Performance Indicators) son mediciones cuantitativas que muestran cómo un equipo o empresa progresa hacia tus objetivos empresariales más importantes. Las empresas usan KPI en varios niveles para evaluar si las estrategias implementadas son efectivas (Martins, 2022).

4.2.2. Análisis PESTEL

Es una herramienta estratégica que permite analizar factores externos (Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ambientales y Legales) que podrían influir en una organización o industria (Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R, 2008).

4.2.3. Análisis de datos

El análisis de datos incluye el propósito de la operación, el diseño de la parte, las tolerancias y especificaciones, los materiales, procesos de manufactura, configuración y herramientas,

condiciones de trabajo, manejo de materiales, la distribución de la planta (Niebel & Freivalds, 2009a).

4.3. Lean Six Sigma

Six Sigma es visto como una progresión de las teorías tradicionales de calidad y mejoramiento continuo, como el Control Estadístico de Proceso y la Administración de la Calidad Total (TQM). De estas teorías anteriores, Six Sigma incorpora ciertos elementos y los organiza sistemáticamente, lo que resulta en un enfoque más perfeccionado y efectivo para alcanzar resultados. Los aspectos que cimentan el éxito de Six Sigma incluyen (Jiménez & Amaya, 2014):

1. Enfoque en los factores críticos para la satisfacción del cliente.
2. Basado en la implementación de proyectos de mejora.
3. Utiliza ampliamente datos y herramientas estadísticas.
4. Los resultados son medibles tanto en términos operacionales como financieros.
5. Su eficacia en la consecución de resultados incrementa el compromiso de la gerencia y los empleados.
6. Los proyectos son llevados a cabo por personal formado en la metodología (cinturones negros, verdes o amarillos).
7. Promueve un cambio cultural hacia la excelencia operacional.

Six Sigma se apoya en una metodología de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, comúnmente conocida como DMAIC. Su objetivo es mejorar la capacidad de los procesos para que generen sólo 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), lo que significa que los errores se vuelven casi imperceptibles para el cliente (Jiménez & Amaya, 2014).

4.1. Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta valiosa para identificar y visualizar las posibles causas del problema.

4.2. 5s

La metodología 5S es una herramienta esencial de gestión visual dentro de Lean Manufacturing, destinada a optimizar el ambiente laboral, mejorar la productividad y aumentar la calidad. Estas cinco "eses" provienen de términos japoneses y representan:

- Clasificación (Seiri): Separar y clasificar lo necesario e innecesario, manteniendo solo lo esencial en el puesto de trabajo.
- Organización (Seiton): Ordenar herramientas y materiales de manera eficiente, evitando pérdidas de tiempo en búsquedas.
- Limpieza (Seiso): Mantener un entorno de trabajo limpio y en buen estado, lo que mejora la motivación y reduce accidentes.
- Estandarizar (Seiketsu): Establecer estándares claros para discernir entre situaciones normales y anormales en el puesto de trabajo.
- Seguir Mejorando (Shitsuke): Fomentar una disciplina rigurosa y constante para mantener y mejorar los estándares establecidos.

La implementación de las 5S implica la participación activa de todo el personal. Se inicia con un "taller piloto" en un área específica y, una vez probado con éxito, se puede replicar en otros departamentos (Berganzo & Berganzo, 2023).

4.3. Seguridad industrial

4.3.1. Concepto

La seguridad industrial se refiere al conjunto de regulaciones obligatorias que tienen como objetivo prevenir o disminuir los riesgos que pueden surgir en las operaciones de los entornos industriales, así como minimizar los daños derivados de la actividad industrial y las enfermedades laborales. Debido a que las maquinarias y herramientas utilizadas en estas áreas pueden representar peligros, la prevención es fundamental para evitar daños a las personas, bienes y medio ambiente. El cumplimiento de estas disposiciones es obligatorio en todas las empresas y su principal finalidad es garantizar la seguridad de los trabajadores en el lugar de trabajo(Continua, 2021).

4.3.2. Riesgos mecánicos

El Real Decreto 1215/1997 establece las normas mínimas de seguridad y salud para el uso de equipos de trabajo por parte de los trabajadores. Este decreto define un equipo de trabajo como cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo. Ejemplos de equipos de trabajo incluyen máquinas, herramientas manuales, equipos de elevación de cargas y personas, equipos a presión, aparatos a gas, equipos de soldadura, compresores, herramientas portátiles, fotocopiadoras, retroproyectores, ganchos, pinzas, mesas, instalaciones de tratamiento superficial y pintura, así como combinaciones de máquinas que funcionan juntas.

La utilización de un equipo de trabajo implica actividades como ponerlo en marcha o detenerlo, utilizarlo, transportarlo, repararlo, transformarlo, mantenerlo y limpiarlo. Estas actividades conllevan riesgos mecánicos, que son los factores físicos que pueden causar lesiones debido a la acción mecánica de los elementos de las máquinas, herramientas, piezas o materiales proyectados.

El mal uso de maquinarias, herramientas y equipos de trabajo son fuente de riesgo y se pueden generar cortes, golpes, atrapamientos, aplastamientos, entre otros. Estos riesgos pueden ocurrir por falta de mantenimiento, uso inadecuado o falta de capacitación del personal o falta de señalización.

4.3.3. Riesgos ruido

El ruido se genera cuando existe la exposición prolongada a niveles elevados de sonido, lo que puede provocar daño auditivo y otros trastornos de salud, como estrés y fatiga. Estos riesgos se presentan en ambientes de trabajo con maquinarias ruidosas, como fábricas y talleres (Niebel & Freivalds, 2009b).

4.3.4. Riesgos de fuego

Los riesgos de fuego tratan la posibilidad de que se produzca un incendio en la planta. Estos riesgos pueden ser causados por fallas eléctricas, fugas de gas, acumulación de materiales inflamables y falta de medidas de seguridad y prevención.

Los factores que pueden llevar a un incendio y a una catástrofe se deben a prácticas inseguras que pueden dificultar la evacuación de un edificio en caso de incendio. Para que ocurra un incendio se necesita la presencia de combustible, una fuente de ignición y oxígeno. La gestión y reducción de riesgos asociados a estos factores determinan la posibilidad de un incendio grave (Organización Internacional del Trabajo, 2021).

Las causas más comunes que pueden llevar a un incendio importante incluyen la acumulación de materiales inflamables, una fuente de ignición, la incapacidad de detectar rápidamente el fuego o el humo, y la incapacidad de controlar y extinguir el fuego. La incapacidad para gestionar el riesgo de incendio puede resultar en la pérdida de vidas humanas, especialmente cuando las personas quedan atrapadas y no pueden escapar a tiempo. Es importante mencionar que

el mayor causante de muertes en un incendio se debe a los gases tóxicos presentes, los cuales representan un peligro grave y pueden causar pérdida de conocimiento en minutos (Organización Internacional del Trabajo, 2021).

Prácticas inseguras que pueden dificultar la evacuación incluyen un mal diseño del edificio que no prevé vías de escape adecuadas, obstrucción de las vías de evacuación y salidas de emergencia, falta de sistemas de alarma temprana, y falta de procedimientos de emergencia y formación adecuada (Organización Internacional del Trabajo, 2021).

4.3.5. Mala iluminación

La falta de iluminación adecuada en el lugar de trabajo, lo que puede afectar la visibilidad de los trabajadores y aumentar el riesgo de accidentes laborales. La mala iluminación también puede causar fatiga visual y otros problemas de salud (Niebel & Freivalds, 2009b).

4.3.6. Ergonomía de la planta

Se refiere a la adaptación de los puestos de trabajo, maquinarias y equipos a las necesidades físicas y psicológicas de los trabajadores, con el fin de prevenir lesiones y trastornos musculoesqueléticos. La falta de ergonomía en la planta puede provocar dolores de espalda, lesiones repetitivas y otros problemas de salud en el personal (Niebel & Freivalds, 2009c).

4.4. Estudio financiero

El estudio financiero, es la última etapa del análisis de viabilidad de un proyecto, ya que, cuantifica los beneficios y costos de los pasos requeridos para poner en marcha el proyecto. Tiene como objetivo sistematizar la información económica de los estudios anteriores para así determinar la rentabilidad del proyecto. Para esto se utiliza el esquema de los flujos de caja proyectos, para el periodo de tiempo que se considere relevante. El flujo de caja debe contener: la inversión inicial requerida para poner en marcha el proyecto, ingresos y egresos de la operación, momento en que

ocurren dichos ingresos y egresos, monto de capital de trabajo y valor de salvamento del proyecto (Orjuela Córdova & Sandoval Medina, 2002).

El **Valor presente neto (VPN)** es un concepto financiero que descuenta flujos de efectivo futuros para determinar su valor en el presente. Ayuda a las organizaciones a evaluar si una inversión propuesta aportará más valor del que costará. Complementario, está la **Tasa interna de retorno (TIR)** Es una métrica financiera que indica el rendimiento porcentual esperado de una inversión. Sirve como indicador de la rentabilidad potencial de un proyecto y es útil para comparar diferentes oportunidades de inversión (Martínez González, W., 2019).

5. Determinación del estado actual

Para comprender y mejorar un proceso de producción es fundamental comenzar evaluando su estado actual en varios aspectos, incluyendo el mercado, la producción, el factor humano involucrado y la maquinaria utilizada. Este análisis nos proporciona una visión completa del estado actual de la fábrica para poder identificar los desafíos y oportunidades que enfrenta el proceso. Con esta comprensión en mente, la simulación permitirá modelar el proceso actual.

5.1. Descripción del mercado

5.1.1. Filtro de demanda

Cuadro 1. Filtros de demanda

Métricas	Embudo objetivo	Resultados
Universo poblacional	Licencias aprobadas para construcción en áreas urbanas (anual)	6,042
Filtro 1	Licencias aprobadas al mes	504
Filtro 2	Ventanas por proyecto	1,200
Filtro 3	Repartición de unidades en un proyecto entre distintas fábricas de ventanas (20%)	243
Filtro 4	Potencial del mercado / Proyectos que se pueden participar (1%)	5
Ventas Iniciales (unidades)	Demanda de ventanas mensuales (20% Ventanas x 5 Proyectos)	1,215

*Fuente: Departamento de Análisis Estadístico de Construguate con información del Banco de Guatemala.

5.2. Descripción de la producción

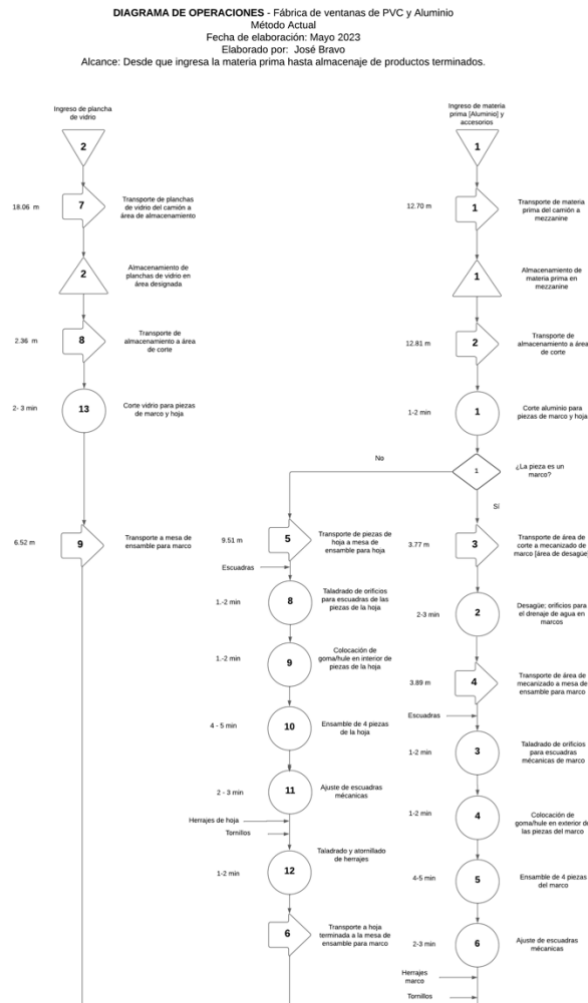
Las ventanas de aluminio a diferencia de las de PVC requieren de un proceso más manual. Según el ingeniero de producción Jeffrey M. el promedio de producción total mensual de PVC y Aluminio es de 2,000 m² del cual el 20% se dirige a la producción de ventanas de aluminio únicamente, así obteniendo una producción mensual de 400 m² de ventanas de aluminio. A continuación, se presentan los pasos registrados para la fabricación de las ventanas de aluminio:

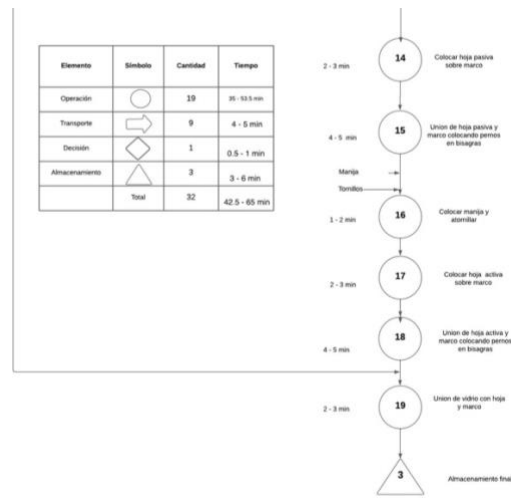
1. **Toma de medidas:** El primer paso en la fabricación de una ventana de aluminio es tomar medidas precisas del espacio donde se instalará la ventana, para asegurar que la ventana se ajuste perfectamente y proporcione un buen aislamiento térmico y acústico.
2. **Diseño:** Se realiza el diseño de la ventana, incluyendo las medidas, forma, tipo de apertura, tipo de vidrio para obtener los metros cuadrados de vidrio y material requeridos para la fabricación.
3. **Corte del perfil de aluminio:** El proceso productivo arranca con el corte de aluminio a la medida, utilizando una máquina con sierras especializadas. Es importante tener en cuenta las medidas precisas tomadas en el primer paso.
4. **Mecanizado:** Se realiza el mecanizado de los perfiles, que incluye la perforación para la colocación de los herrajes y desagües.
5. **Mecanizado manual (taladro):** Por falta de maquinaria como una troqueladora, los agujeros para las escuadras que sirven para la unión de los lados, se hace con un taladro manual.
6. **Fabricación del marco:** El siguiente paso es fabricar el marco de la ventana. Une la goma o felpa a los palos, de acuerdo con el diseño específico de la ventana. Es importante mencionar que se pueden agregar refuerzos adicionales en los puntos de mayor tensión.

7. **Fabricación de la hoja:** Se fabrica la hoja de la ventana, que es la parte móvil que se abre, cierra o desliza. Al igual que el marco, se hace después del corte del aluminio y mecanizado para dar forma al aluminio y crear el diseño específico de la hoja.
8. **Corte de vidrio:** Se realizan los cortes según las medidas proporcionadas por el diseño.
9. **Ensamble:** Luego, en una mesa se ensamblan el marco y la hoja de la ventana, utilizando tornillos y otros componentes. Por último, se instala el vidrio en la ventana en este punto.
10. **Acabado:** Después del ensamblaje, se almacena en la planta, esperando a que se complete el lote del proyecto para ser despachado.

5.3. DOP

Figura 1 Diagrama de operaciones (método actual)





5.4. Riesgos de la producción

En la fabricación de ventanas de PVC y aluminio, la naturaleza del trabajo conlleva un conjunto de riesgos. Si no se gestionan adecuadamente estos riesgos, pueden convertirse en accidentes y enfermedades laborales que no solo afectarán a los empleados, sino que también tendrán un impacto negativo en la empresa en términos de productividad, costos y reputación.

Durante las visitas y revisiones preliminares a las instalaciones de la empresa, se observaron una serie de prácticas y situaciones de alto riesgo, como el uso de cuchillas sin mango, empleados trabajando sin guantes de protección, vidrios rotos en el suelo, inventario excesivo que obstruye las señalizaciones y extintores, entre otros. Estos hallazgos no solo son indicativos de una cultura de seguridad deficiente, sino que también representan un peligro inminente para el personal. Si estas condiciones persisten, no es cuestión de si ocurrirá un accidente, sino cuándo. A continuación, se muestra evidencia del estado actual de la fábrica en relación con la seguridad ocupacional.

Figura 2. Acumulación de producto rechazado por control de calidad en área de carga y descarga



Figura 3. Planchas de vidrio mal almacenadas en área de carga y descarga



Figura 4. Uso de cuchilla sin mango para remover desperfectos del corte



Figura 5. Inventario (WIP) obstruyendo extintor



Figura 6. Toneles para desechos de vidrio



La evaluación de seguridad ocupacional, por lo tanto, no es una solamente una formalidad para cumplir con las normativas y leyes. Es una necesidad urgente y un deber ético asegurar un entorno de trabajo seguro para los empleados. Además, mejora la calidad, motivación y compromiso de la fuerza laboral con la empresa.

5.5. Datos recopilados de la empresa

5.5.1. Proveedores

Actualmente, la empresa trabaja con tres proveedores, aunque únicamente se proporcionó información detallada sobre el principal, conocido como Don Aluminio. Es crucial destacar que cuando un proveedor no dispone de todo el material requerido, surgen problemas operativos. Por ejemplo, la falta de piezas clave como las escuadras necesarias para unir componentes puede impedir la realización de una orden de compra única a un solo proveedor. Esto obliga a realizar compras separadas a distintos proveedores, cada uno con plazos de entrega diferentes, o incluso se adquirieren los productos necesarios a competidores directos.

- **Método de pago a proveedores:** Pago contra entrega

5.5.2. Proceso de operación

El proceso de gestión de ventas y producción en una empresa abarca múltiples etapas que van desde la solicitud de cotización hasta la instalación y facturación del producto. Este proceso se divide en tres fases principales: Cotización y venta, Programación, fabricación y despacho, e Instalación, facturación y cobro. Cada etapa tiene una serie de actividades específicas, descritas detalladamente, que involucran a diferentes encargados y tienen tiempos definidos para su realización.

Figura 7. Detalle del proceso de cotización y venta actual

Proceso	No.	Actividad	Descripción	Documentos	Encargado	Tiempo
Cotización y venta	1	SOLICITUD DE COTIZACIÓN CON MEDIDAS APROXIMADAS	El vendedor solicita cotización entregando datos completos del cliente, diseños de ventanería.	COTIZACIÓN IMPRESA 7:15 TODOS LOS DÍAS	VENDEDOR	NO ESTIMADO
	2	COTIZACIÓN	Por medio de todos los datos juntos que entrega el vendedor, se realiza una cotización (NO VÁLIDA, DEBE ENTREGARSE ANTES DE LAS 7:30 DEL DÍA SIGUIENTE PARA REVISIÓN).		COTIZADOR	24 HRS
	3	REVISIÓN DE COTIZACIÓN	Servicio técnico revisa diseños, costos de cotización y funciones, dando visto bueno o indicando cambios necesarios.		OSCAR M./MANUEL	
	4	ANÁLISIS DE MATERIAL	Se consulta con proveedores la disponibilidad de materiales para producir		JEFFREY	48 RHS
	5	ENTREGA DE COTIZACIÓN VENDEDOR / CLIENTE	Se entrega cotización. (La cotización entregada al vendedor está sujeta a cambios previo a la visita del técnico para estudiar el área de instalación con disponibilidad de materiales con proveedor). Si la cotización es aprobada, se procede a rectificación de medidas.		COTIZADOR / VENDEDOR	MÁXIMO 7 DÍAS PARA RESPETAR PRECIOS

Proceso	No.	Actividad	Descripción	Documentos	Encargado	Tiempo
Cotización y venta	6	PROGRAMAR VISITA TÉCNICA	El técnico debe verificar su agenda de visitas y programar en la fecha más próxima según prioridad.	LISTADO DE MONTAJE (DISEÑOS) Y LISTADO DE MATERIALES	OSCAR M.	6 HRS
	7	RECTIFICACIÓN DE MEDIDAS	Visita del técnico para estudiar área de instalación, rectificación de medidas para fabricación con diseños, obteniendo la firma de autorizado por el cliente.		OSCAR M.	SEGÚN AGENDA SE NOTIFICARÁ VENDEDOR PARA AGENDAR CITA
	8	RECOTIZACIÓN	Si se observa la necesidad de herramientas extras necesarias para instalaciones o es necesario realizar algún cambio en el diseño, se recotiza. FECHA ESTIMADA DE ENTREGA.		COTIZADOR / JEFFREY	12 HRS
	9	COTIZACIÓN APROBADA	Se envía por E-mail al cliente para su aprobación, así mismo el cliente contesta si es aprobada.		VENDEDOR	2 DÍAS MÁXIMO
	10	TRÁMITE DEL 60% DEL ANTICIPO	Se cobra el anticipo y se registra el pago con No. de recibo y No # de cotización.		RECIBO DE CAJA	VENDEDOR / MARÍA RAMÍREZ
	11	ENVÍO Y RECEPCIÓN DE ORDEN DE COMPRA / COTIZACIÓN / LISTADO DE MATERIALES	Recibe confirmación de cliente con cotización aceptada y orden de compra. Se realiza registro y se solicita cotización a proveedor.	COTIZACIÓN / ORDEN DE COMPRA / LISTADO DE MATERIALES	GABRIELA B.	24 HRS

Figura 8. Detalle del proceso de programación, fabricación y despacho

Proceso	No.	Actividad	Descripción	Documentos	Encargado	Tiempo
Programación, fabricación y despacho	12	ENVÍO DE COTIZACIÓN PROVEEDOR	Se enviará la cotización para control de precios de facturación final.	COTIZACIÓN PROVEEDOR	GABRIELA B.	24 HRS
	13	TRÁMITE PARA CHEQUE DE COMPRA DE MATERIALES	Solicita a caja fondos para compra de materiales de fabricación y envía copia a gerencia para autorización.	CHEQUE DE COMPRAS	JAQUELINE	

Proceso	No.	Actividad	Descripción	Documentos	Encargado	Tiempo
Programación, fabricación y despacho	14	IMPRESIÓN DE PENDIENTES EN OBRA E INSTALACIÓN PARA PROGRAMAR	Se imprimen los pendientes para incluir en programación con No. de correlativos	COTIZACIONES, RECLAMOS, COMPLEMENTOS	GABRIELA B	-
	15	PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN	Programación de producción por gerencia con números de correlativos para trabajar fechas de entrega.	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN	JEFFREY	24 HRS
	16	PUBLICACIÓN DE PROGRAMA	Se enviará a los responsables para que puedan informar a vendedores y clientes.	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN	JEFFREY	
	17	ENTREGA DE MATERIALES A BODEGA	Entrega de materiales a bodega para despacho a fabricación.	Sin Doc.	CARLOS S. Y FERNANDO V.	6 HRS
	18	RECEPCIÓN DE ORDEN DE TRABAJO	Recibe su programación y detalles de trabajo.	HOJA DE PROGRAMACIÓN	-	-
	19	RECIBE DISEÑOS Y MEDIDAS	Recibe sus diseños con medidas de fabricación con notas del encargado de producción.	HOJA DE DISEÑOS Y MONTAJES.	CARLOS G, ÓSCAR, CARLOS, FERNANDO	6 días hábiles para proyectos de distribución y 12 días para proyectos en serie o proyectos particulares
	20	RECIBE MATERIAL	Recepción de materiales para fabricar.	Sin Doc.	ENCARGADO DE PRODUCCIÓN DE TURNO Y OPERARIO DE FABRICACIÓN.	
	21	CORTAR PVC Y VIDRIO	Se realizan cortes de pvc según acabados y medidas de diseño.			
	22	SOLDAR Y PULIR	Recibe piezas cortadas y solda, limpia y pule.			
23	ENVIDRIADO Y LIMPIEZA	Corte de vidrio e instalación revisión.				

Proceso	No.	Actividad	Descripción	Documentos	Encargado	Tiempo
Programación, fabricación y despacho	24	REVISIÓN CONTROL DE CALIDAD Y CHECK LISTS	Revisar el control de acabados de los perfiles, vidrios, limpieza y complementos para instalación.	CHECK LISTS, FORMATO DE AUDITORÍA	ALEX C. Y JEFFREY M.	
	25	EMPAQUE Y ENVÍO DE PRODUCTO	Se revisa la calidad, se devuelve lo NO necesario.	FORMATO DE AUDITORÍA	ALEX C. Y JEFFREY M.	6 HRS
	26	RECEPCIÓN DE PRODUCTO CON CHECKLIST	Recibe con equipo de instaladores y transporte con checklist de complementos y hoja de diseños y montajes.	HOJA DE DISEÑOS Y MONTAJES.	EQUIPO DE INSTALACIÓN	-

Figura 9. Detalle de instalación, facturación y cobro

Proceso	No.	Actividad	Descripción	Documentos	Encargado	Tiempo
Instalación, facturación y cobro	27	ROTULACIÓN	Se rotulan las ventanas con la técnica que utilizan para el orden de instalación.	HOJA DE DISEÑOS Y MONTAJES	INSTALADOR	2 HRS
	28	PRE-INSTALACIÓN	Se revisa si lo fabricado está listo para instalar CON RECTIFICACIÓN DE VANOS, LIMPIEZA Y MEDIDAS , de lo contrario se devolverá a fábrica.		LUIS PEDRO / INSTALADORES	
	29	INSTALACIÓN DE MARCOS	Se atornilla a los lados los 4 o 6 puntos de fijación de verticales.		INSTALADOR	3 DÍAS HÁBILES PROYECTOS SERIE. 2 DÍAS HÁBILES PROYECTOS PARTICULARES.
	30	ACABADOS Y LIMPIEZA	Limpieza de marcos y vidrios. Retoque de esquinas, pulido de manijas y cerrojos.		INSTALADOR	
	31	SUPERVISIÓN DE INSTALACIÓN	Revisión y supervisión de ejecución de los trabajos de instalación y evitar malas instalaciones y solicitudes de reparaciones.		ÓSCAR M / LUIS PEDRO	
	32	RECEPCIÓN FINAL	Se entregará ventana por ventana a cliente o encargado de proyecto. El cliente FIRMA DE ENTERA SATISFACCIÓN.		HOJA DE INSTALACIÓN	

Proceso	No.	Actividad	Descripción	Documentos	Encargado	Tiempo
Instalación, facturación y cobro	33	RECEPCIÓN CONSTANCIA DE ENTERA SATISFACCIÓN	Se recibe la hoja en planta con firma del cliente de ENTERA SATISFACCIÓN. SI HA PASADO EL TIEMPO ESTIPULADO sin entrega de hoja de instalación debe verificar los motivos y buscar su pronta solución y cierre.	HOJAS DE INSTALACIÓN	ÓSCAR M.	24 HRS
	34	PROGRAMACIÓN DE COBRO	Se programa el cobro facturando con datos de cotización.		ESTER	
	35	FACTURACIÓN FÁBRICA A CORPORACIÓN	Se realiza el resumen de facturación para enviar a corporación.	COTIZACIÓN	CAROL IX.	
	36	FACTURACIÓN CORPORACIÓN A CLIENTE	Se realiza factura para enviar al cliente y tramitar el pago.	COTIZACIÓN	ESTER	24 HRS
	37	TRÁMITE DE PAGO	Se contacta al cliente para envío de cobros.	CHEQUE O DEPÓSITO DEL 40% RESTANTE	VENDEDOR	-
	38	RECIBE CHEQUE, PAGO Y EMITE RECIBO DE CAJA	Registro de pago en el sistema y realiza recibo de caja.	ESTADO DE CUENTA	MARÍA RAMÍREZ	-

5.6. Descripción del factor humano

1. Jornadas

El manejo de jornadas dentro de la empresa es por medio de la jornada diurna que comprende el trabajo con un límite de 8 horas diarias y 44 horas a la semana. Como método de bonificación para los empleados se factura por prestación de servicios profesionales las ventanas fabricadas fuera de su jornada laboral.

2. Cantidad de empleados: 17 empleados y 1 supervisor


3. Cantidad de empleados para aluminio: No especifica, por la baja producción se rotan entre los operarios de la línea de PVC.

4. Actividad económica

- Actividad económica no agrícola:
- Salario diario: Q 104.10
- Salario mensual: Q 3,166.38
- Bonificación incentiva: Q 250.00
- Salario total: Q 3,416.54
- Ingresos variados por prestación de servicios profesionales

5.7. Identificación de las características de maquinaria y equipo

Cuadro 2. Descripción de maquinaria y equipo

Oz Automatic Cutting Machine with Rising	Indicaciones
Blade 40mm	
	<p>Marca: OZ Machine</p> <p>Función: Máquina de corte automático con hoja de 420 mm, se utiliza para el proceso de corte, contiene sensor de seguridad, ajuste de velocidad y corte en distintos ángulos.</p> <p>Dimensiones: 3.75m X 1.09m X 1.32m</p> <p>Costo aproximado: \$10,620.96</p> <p>Vida útil: 10 años</p>

Máquina fresadora para desagües

Indicaciones

Marca: Elumatec



Función: fresado preciso, distintos
diámetros de fresas, poco esfuerzo con
dos palancas

Dimensiones: 0.72m X 0.65m X 0.96m

Costo aproximado: \$6,649.77

Capacidad: 0.74 kW

Vida útil: 5 años o más

Máquina de corte de vidrio

Indicaciones



Marca: Tuomas

Función: Mesa de corte de vidrio con alta precisión, ajuste de medidas y velocidad

Dimensiones: 2.1m X 3.6m X 0.8M

Costo aproximado: \$2,500 - \$5,900

Capacidad:

Vida útil: 10 años

Mesas para ensamble

Indicaciones

Marca: Uline



Función: Mesa de acero para ensamble,
con repisa inferior

Dimensiones: 3.05m X 0.91m

Costo aproximado: \$,1262.92

Capacidad: 2,000 lb

Vida útil: 5 a 15 años

Barreno

Indicaciones

Marca: Bosch



Función: Barreno eléctrico para agujeros en
escuadras

Dimensiones: 0.19 m

Costo aproximado: \$212.66:

Vida útil: 2 a 3 años

Alicate**Indicaciones**



Marca: Truper

Función: Herramienta para sujetar,
cortar y doblar

Dimensiones: 0.15 m

Costo aproximado: \$7.60

Vida útil: 3 años

Tenaza de armador**Indicaciones**



Marca: Truper

Función: Herramienta para sujetar,
cortar y doblar

Dimensiones: 0.25 m

Costo aproximado: \$8.97

Vida útil: 3 años

Espátula flexible**Indicaciones**



Marca: Truper

Función: Herramienta de raspado,
alisado, levantamiento y
reparaciones

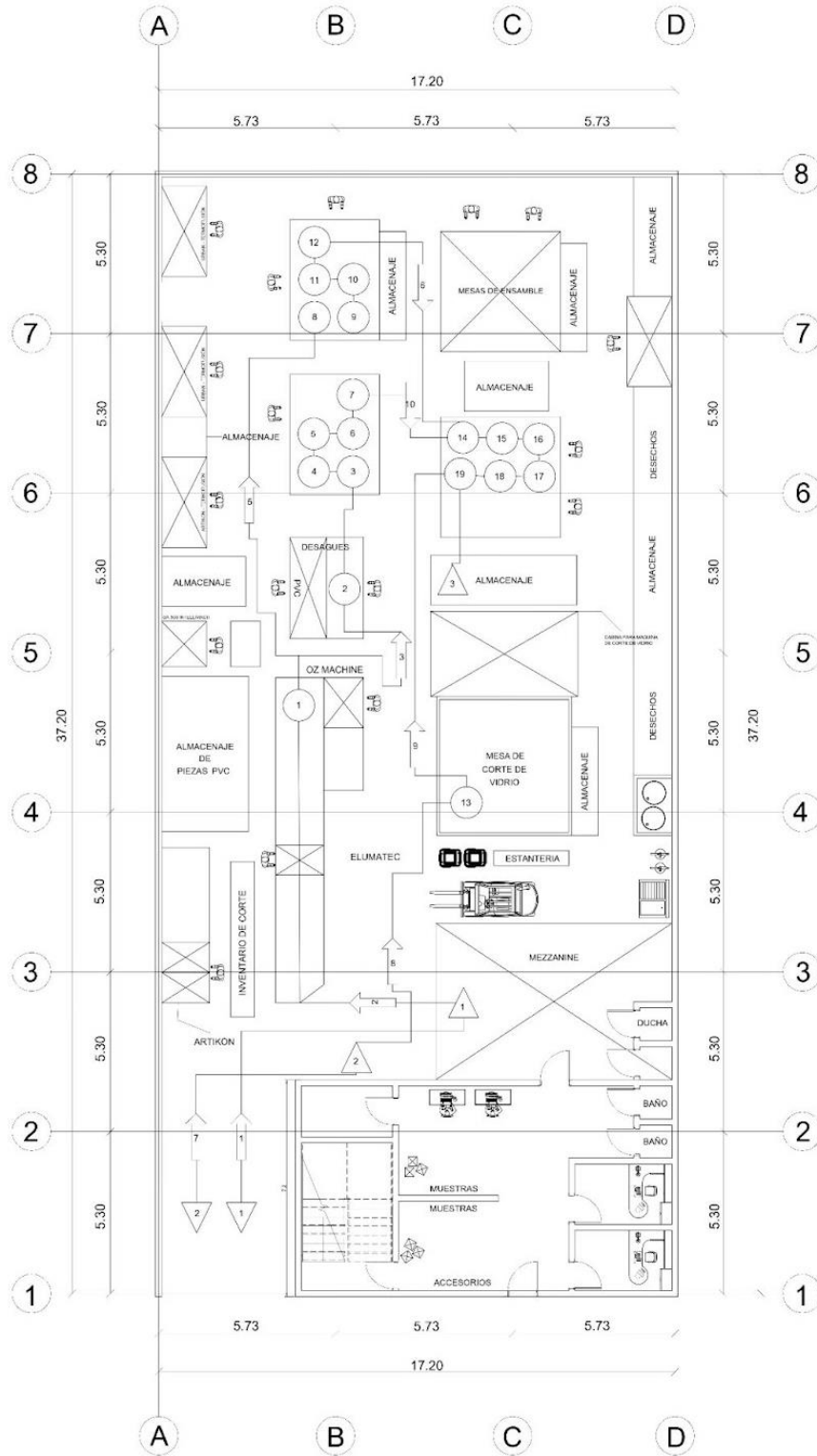
Dimensiones: 0.05 m

Costo aproximado: \$2.95

Vida útil: 3 años

5.8. Diagrama de recorrido

Figura 10. Diagrama de recorrido con DOP (Planta baja)



5.9. Simulación del estado actual

5.9.1. Diseño conceptual de la simulación

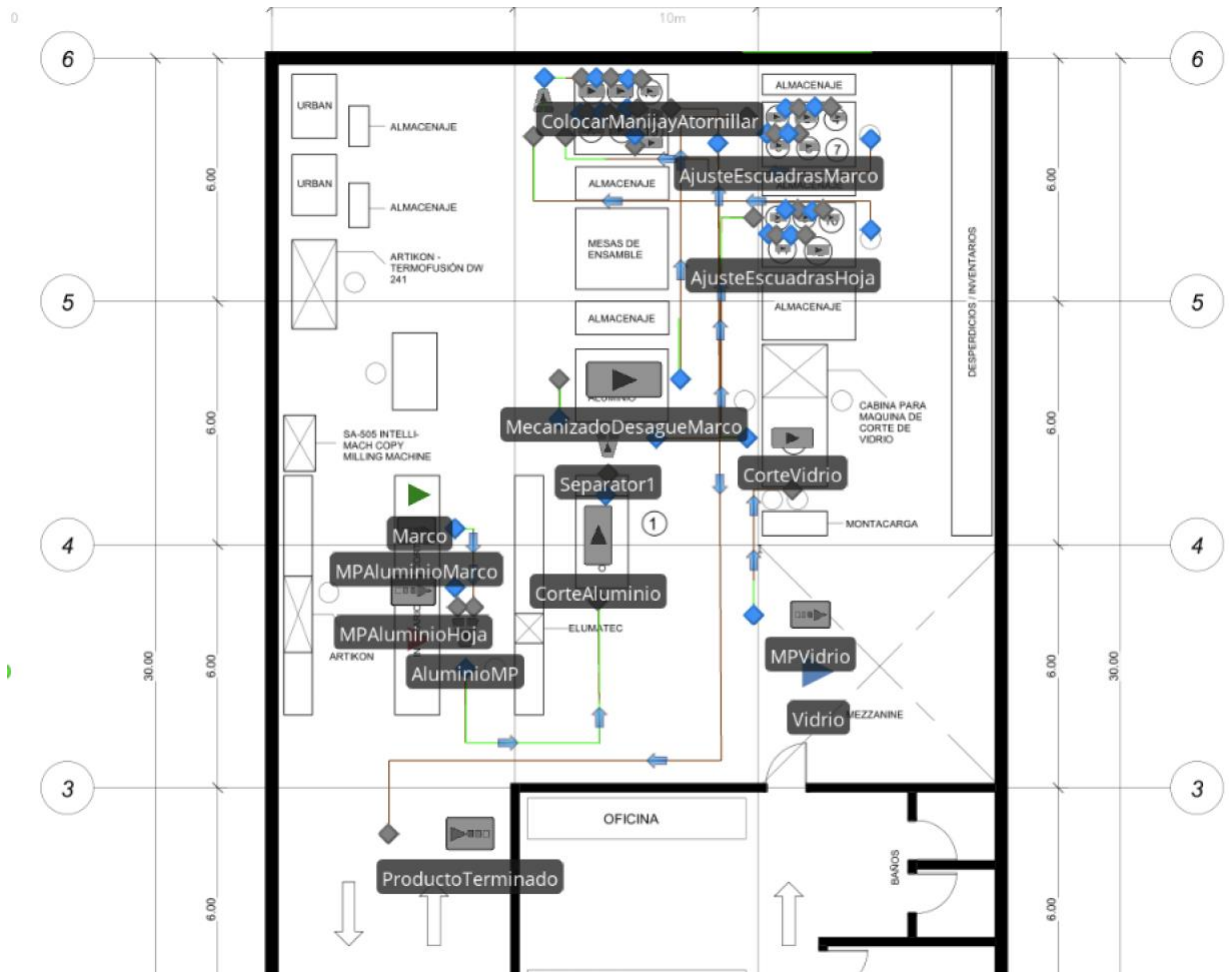
La simulación del proceso de producción de ventanas de aluminio se realizó con información brindada por el gerente de producción y la recopilación de datos durante las visitas a la planta. Esto nos permite capturar los procesos y procedimientos de la forma más cercana a como se realizan dentro de la planta. Además, esta simulación se realizó teniendo en cuenta el panorama completo de la empresa presentado previamente.

Debido a la baja demanda de ventanas de aluminio se ve afectado el grado de confianza de la simulación, sin embargo, por medio del estudio de tiempos de videos de procesos similares en línea y tomando de referencia la fabricación de ventanas de PVC, es posible generar un modelo que brinde una idea general del proceso productivo y así detectar los aspectos más relevantes. En la Figura 11 se puede observar el plano de la fábrica montado en SIMIO para que sea lo más representativo a la realidad. Cada servidor representa cada uno de los roles que puede desempeñar un operario.

Especificaciones de los roles

- Operario encargado de corte de aluminio con máquina
- Operario encargado de mecanizado de desagües de marcos de ventanas de aluminio.
- Operario encargado del corte de vidrio
- Operario encargado de subensamble de hoja de aluminio
- Operario encargado de ensamble de marco de aluminio
- Operario encargado de unión de marco, hoja y vidrio
- Operarios encargados de manejo de máquina para cortar vidrio

Figura 11. Simulación del proceso productivo realizado en SIMIO



Es importante mencionar que el estado actual de la producción sigue una secuencia lineal en el proceso de fabricación, pero por falta de una organización adecuada en el seguimiento del programa de producción se identifican deficiencias. Algunas de las causas identificadas son: la falta de asignación de estaciones de trabajo específicas a los operarios, trabajar en múltiples proyectos a la vez, entre otros. Por lo que, los resultados de la simulación varían a lo reflejado en la realidad. En este caso la simulación asume una producción en línea recta donde cada proceso es el paso previo requerido para obtener la ventana de aluminio.

5.9.2. Análisis de la entrada

La metodología empleada para obtener la distribución de tiempos por operación en el proceso productivo implicó la recopilación de datos de diversas fuentes. En primer lugar, se realizaron mediciones de tiempos directamente en la planta durante las visitas programadas, aprovechando los períodos de producción de aluminio para registrar los tiempos de corte de marco, hoja y vidrio. Sin embargo, debido a la escasez de material en estas visitas, solo fue posible cronometrar hasta el proceso de corte de perfiles. Para completar la información necesaria, se recurrió a vídeos en línea del mismo proceso productivo, especialmente para las operaciones de ensamblaje. De esta manera, se logró obtener datos cronometrados de aproximadamente 20 instancias, permitiendo así un análisis profundo y representativo de los tiempos de cada operación.

A continuación, se presentan los histogramas que muestran el resultado de ingresar un archivo de Excel por operación en “Input Analyzer”, una herramienta utilizada para analizar los datos de entrada y estimar los parámetros de las distribuciones estadísticas.

Figura 12. Histograma con distribución uniforme [Corte aluminio para piezas de marco y hoja]

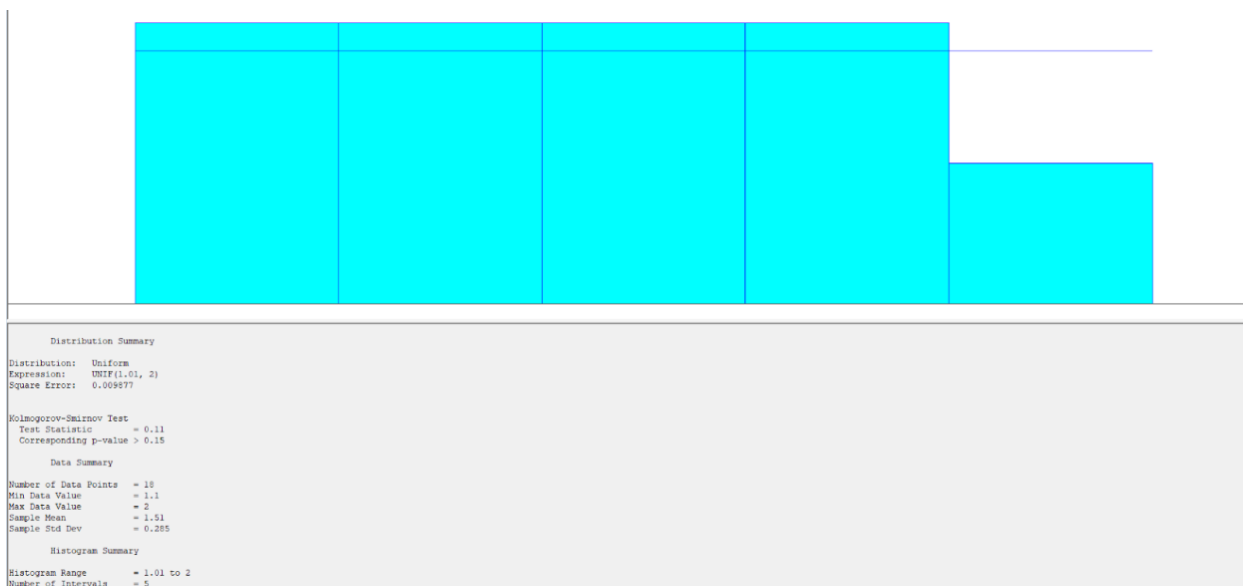


Figura 13. Histograma con distribución normal [Desagüe; orificios para el drenaje de agua en marcos]

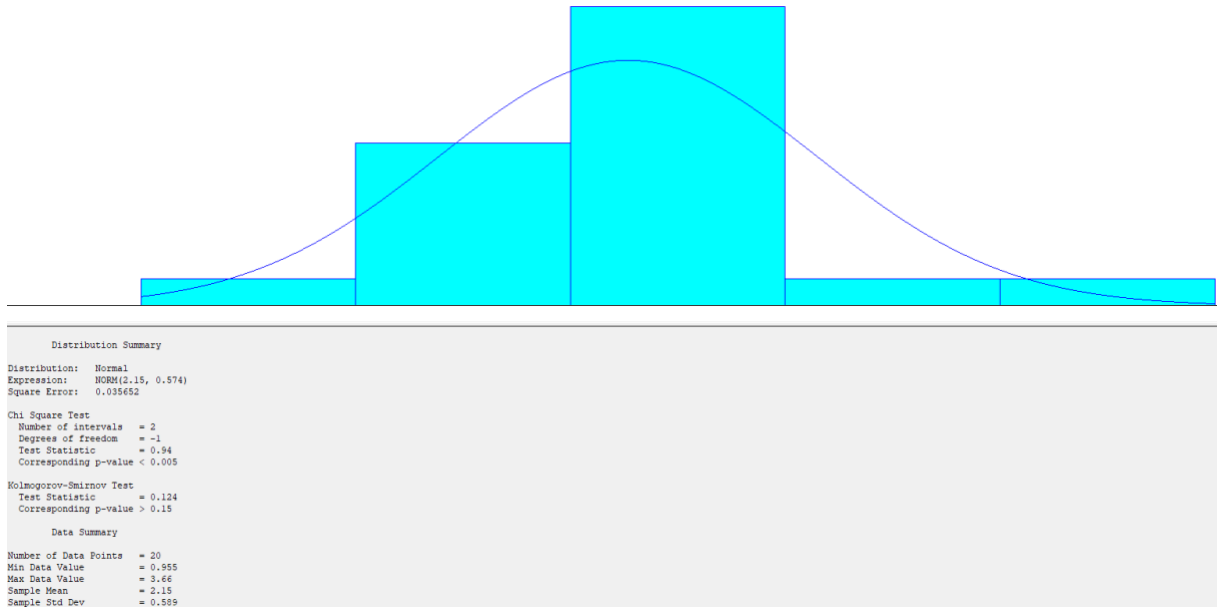


Figura 14. Histograma con distribución uniforme [Taladrado de orificios para escuadras mecánicas de marco]

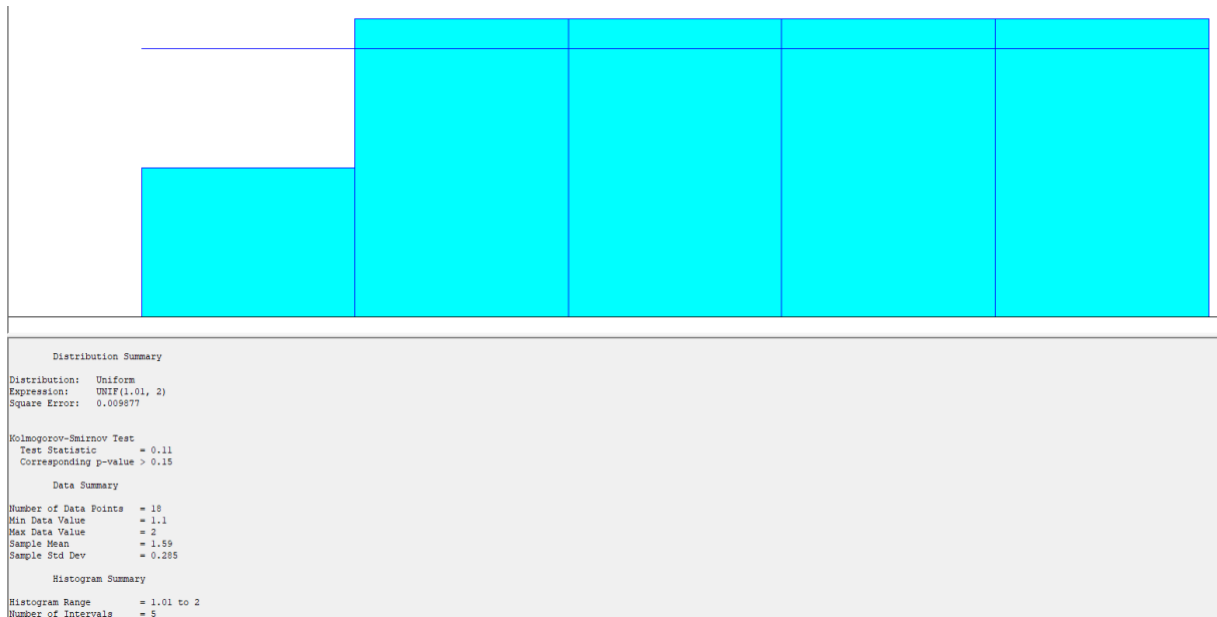


Figura 15. Histograma con distribución triangular [Colocación de goma/hule en exterior de las piezas del marco]

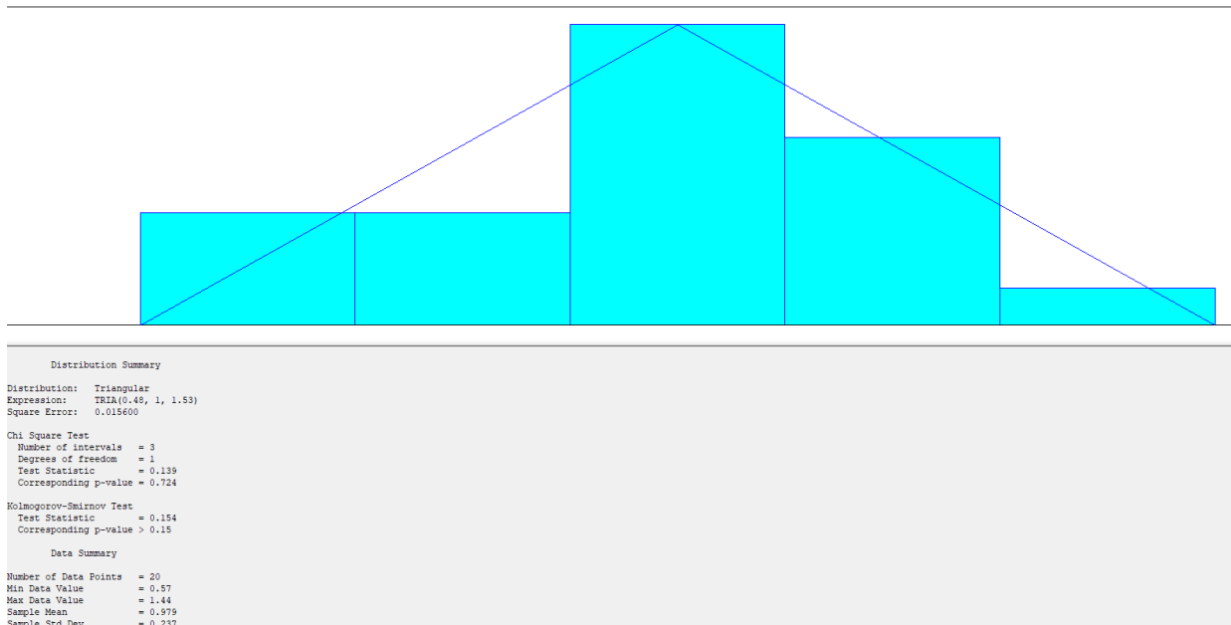


Figura 16. Histograma con distribución exponencial [Ensamble de 4 piezas del marco]

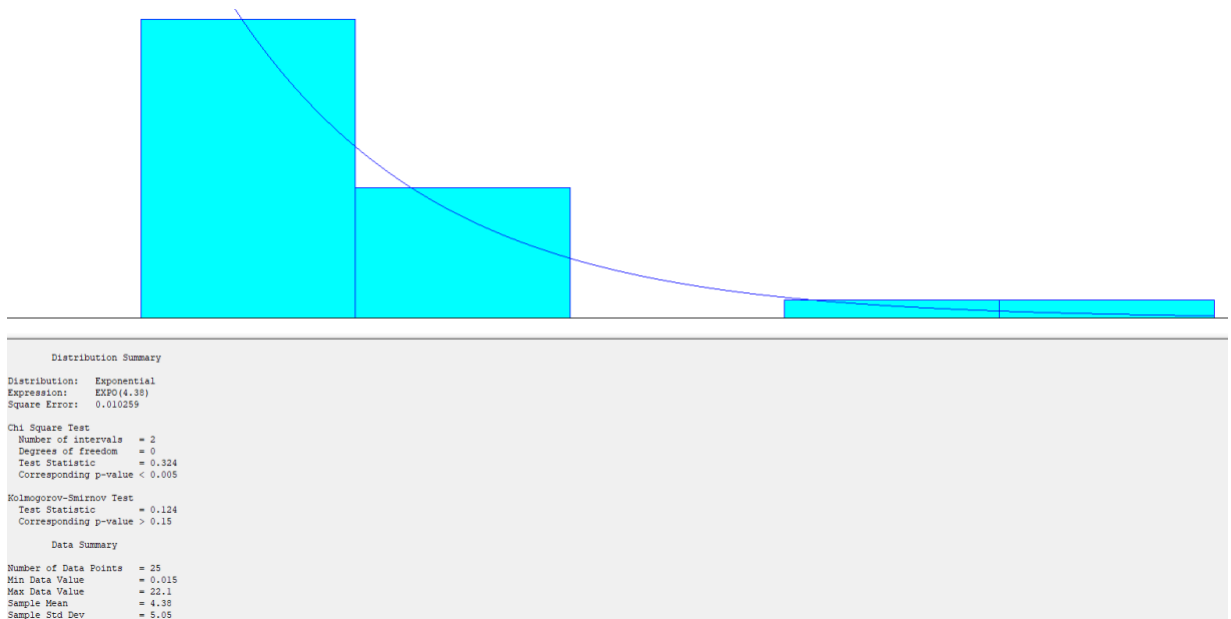


Figura 17. Histograma con distribución triangular [Ajuste de escuadras mecánicas]

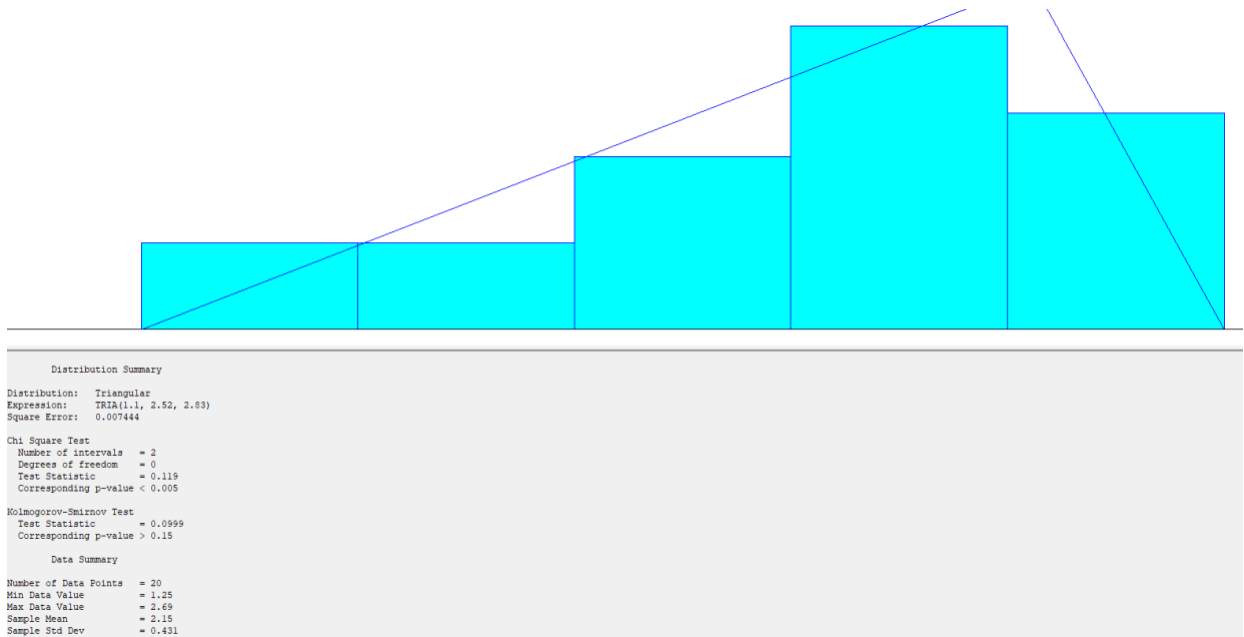


Figura 18. Histograma con distribución uniforme [Taladrado y atornillado de herrajes]

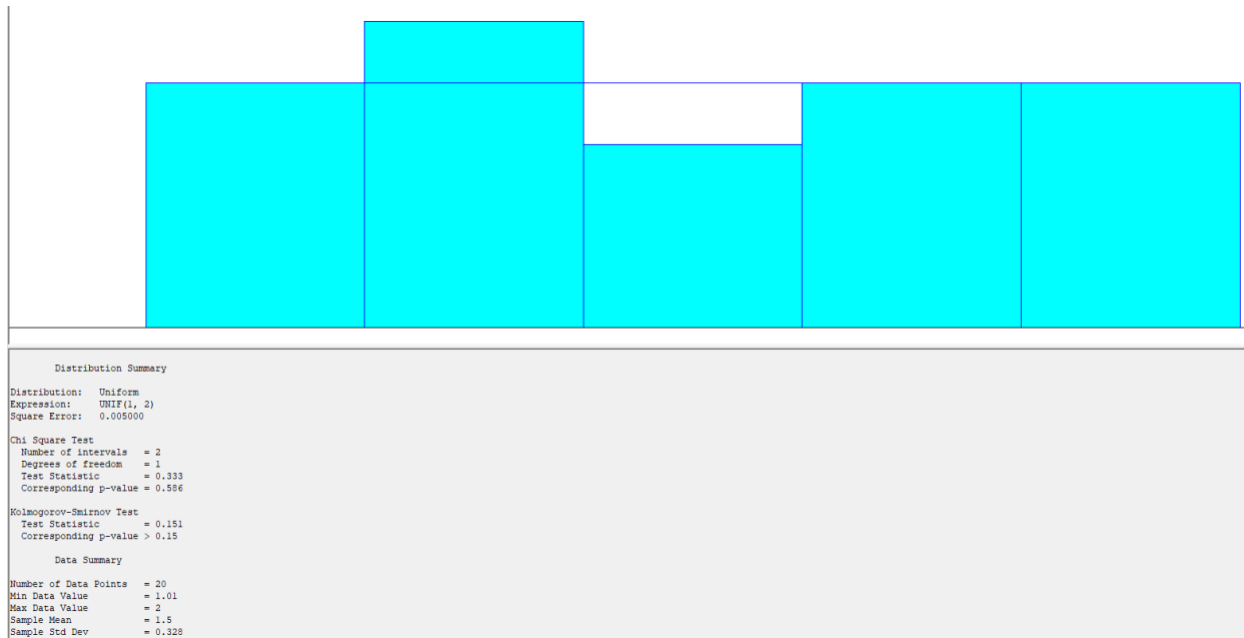


Figura 19. Histograma con distribución uniforme [Taladrado de orificios para escuadras de las piezas de la hoja]

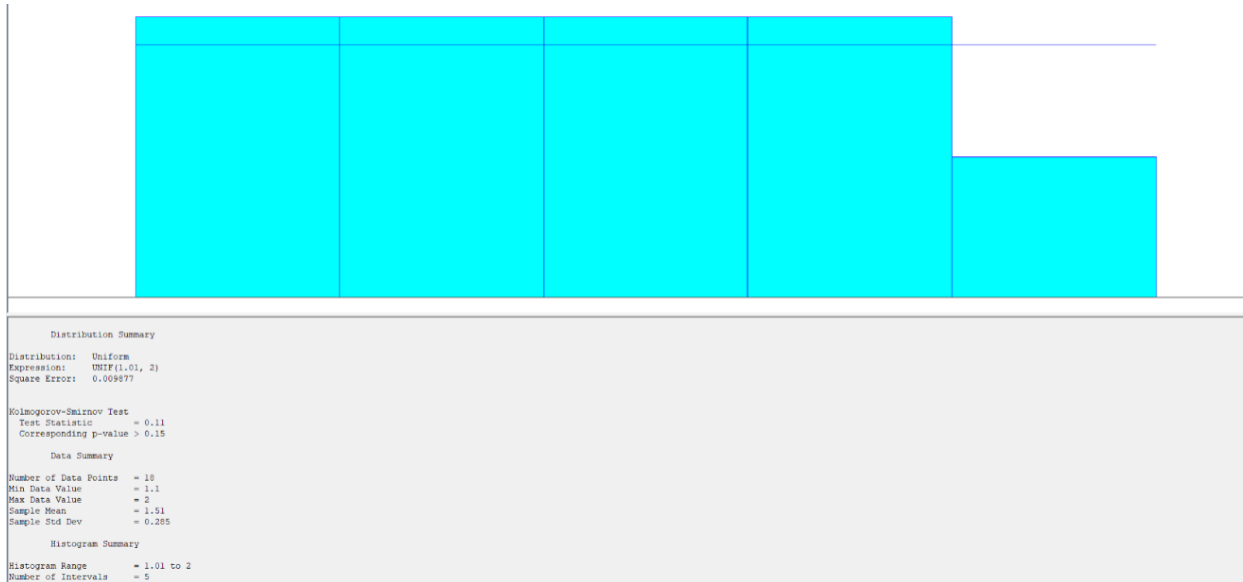


Figura 20. Histograma con distribución triangular [Colocación de goma/hule en interior de piezas de la hoja]

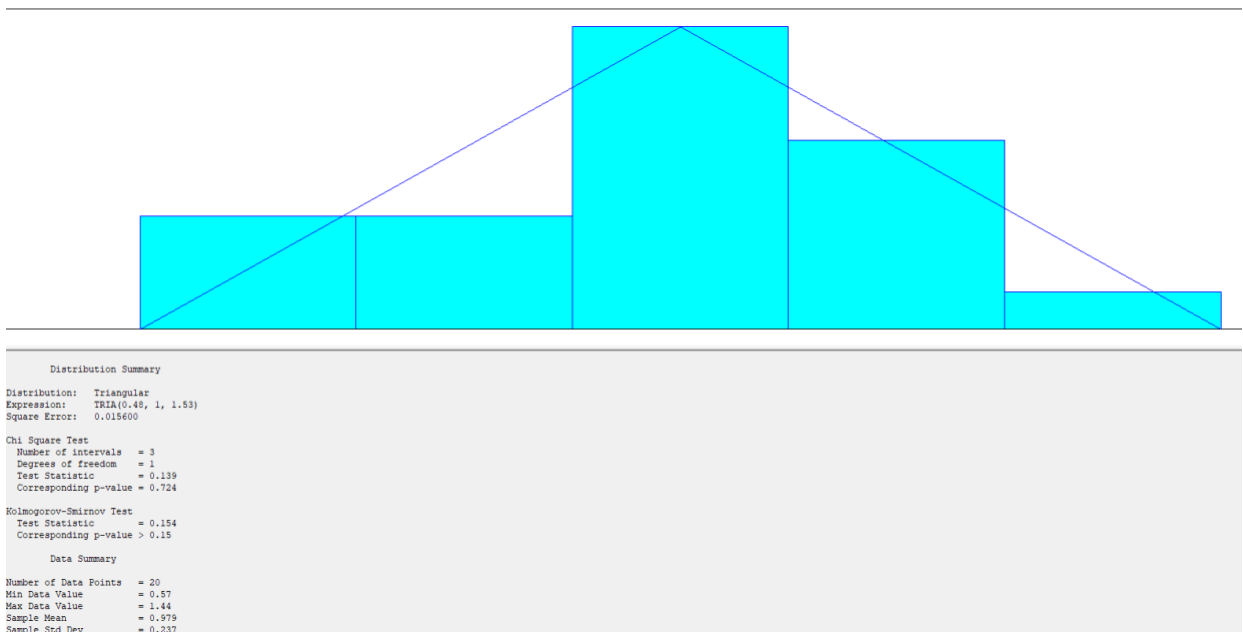


Figura 21. Histograma con distribución exponencial [Ensamble de 4 piezas de la hoja]

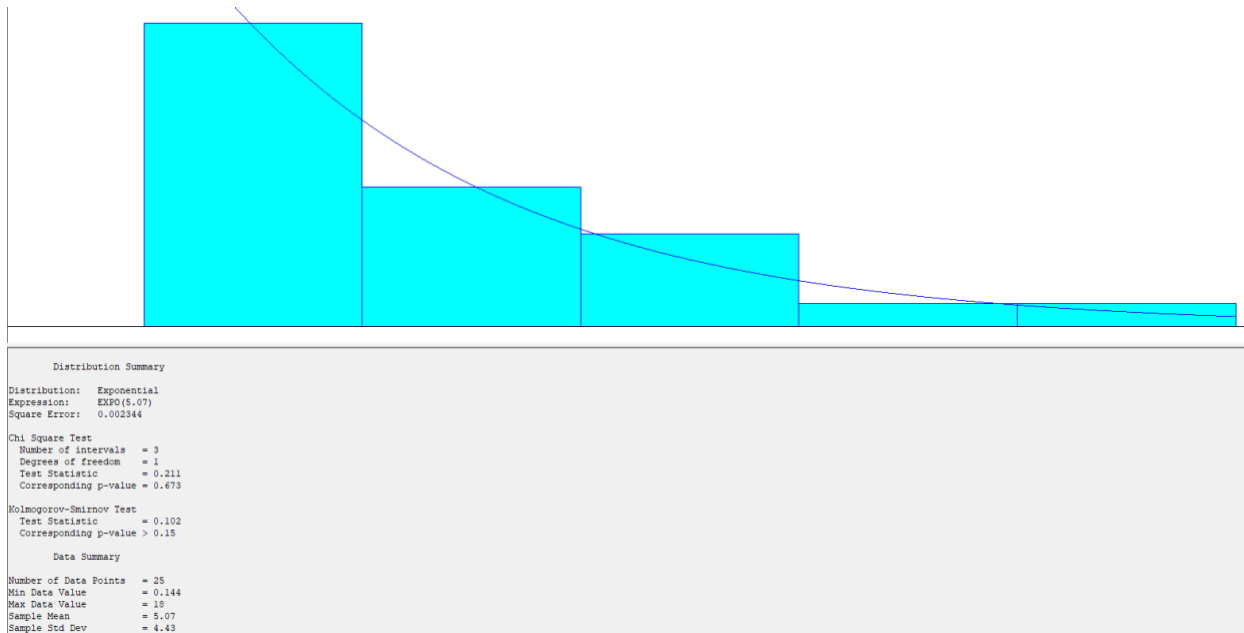


Figura 22. Histograma con distribución triangular [Ajuste de escuadras mecánicas]

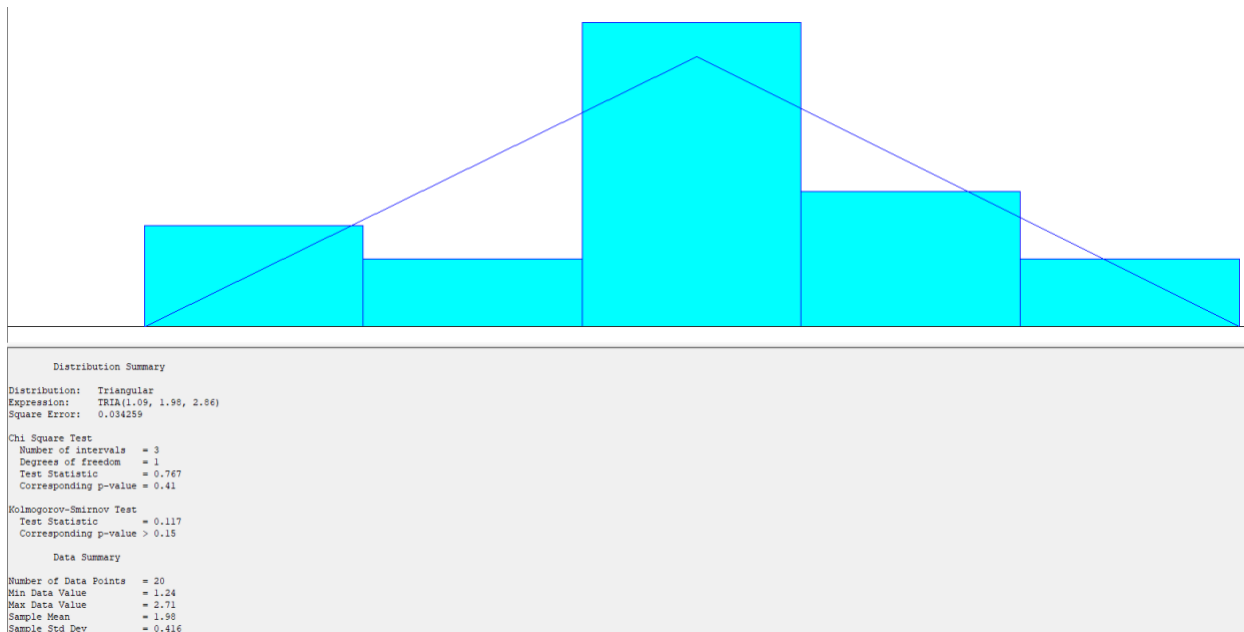


Figura 23. Histograma con distribución uniforme [Taladrado y atornillado de herrajes]

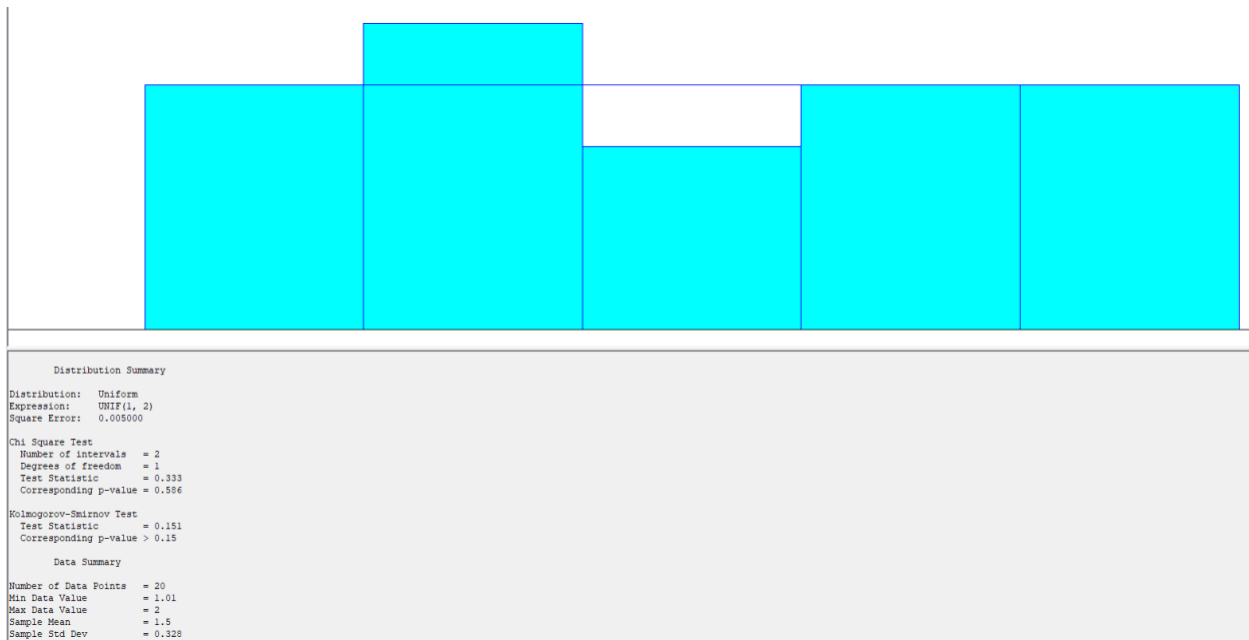


Figura 24. Histograma con distribución uniforme [Corte vidrio para piezas de marco y hoja]

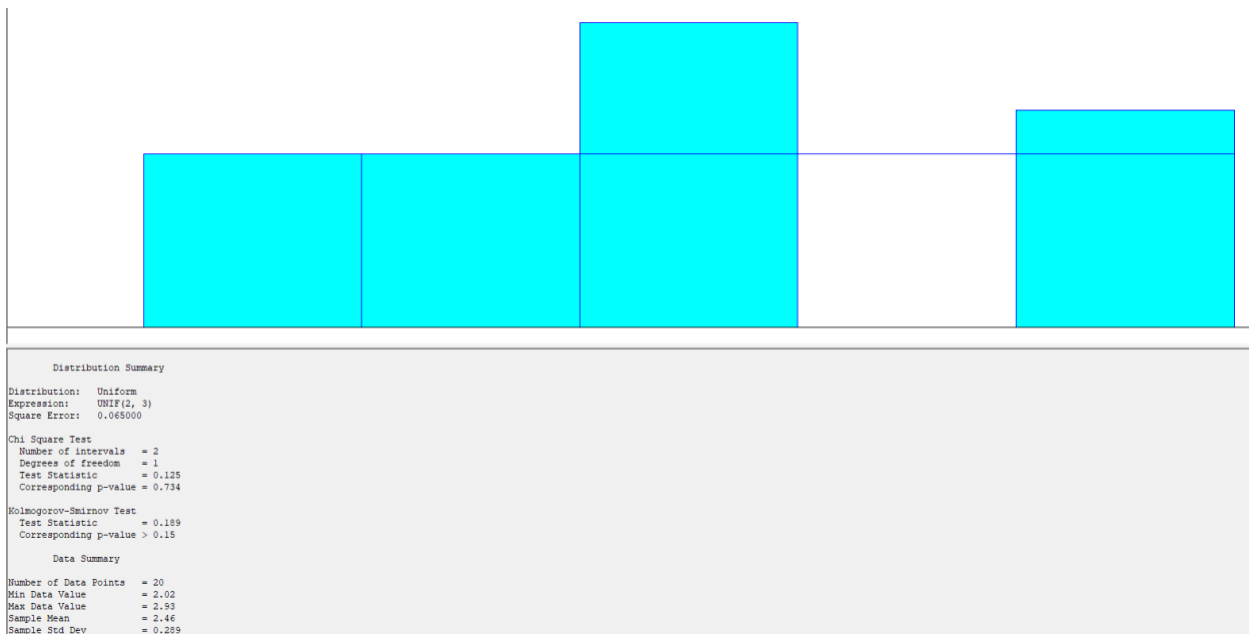


Figura 25. Histograma con distribución normal [Colocar hoja pasiva sobre marco]

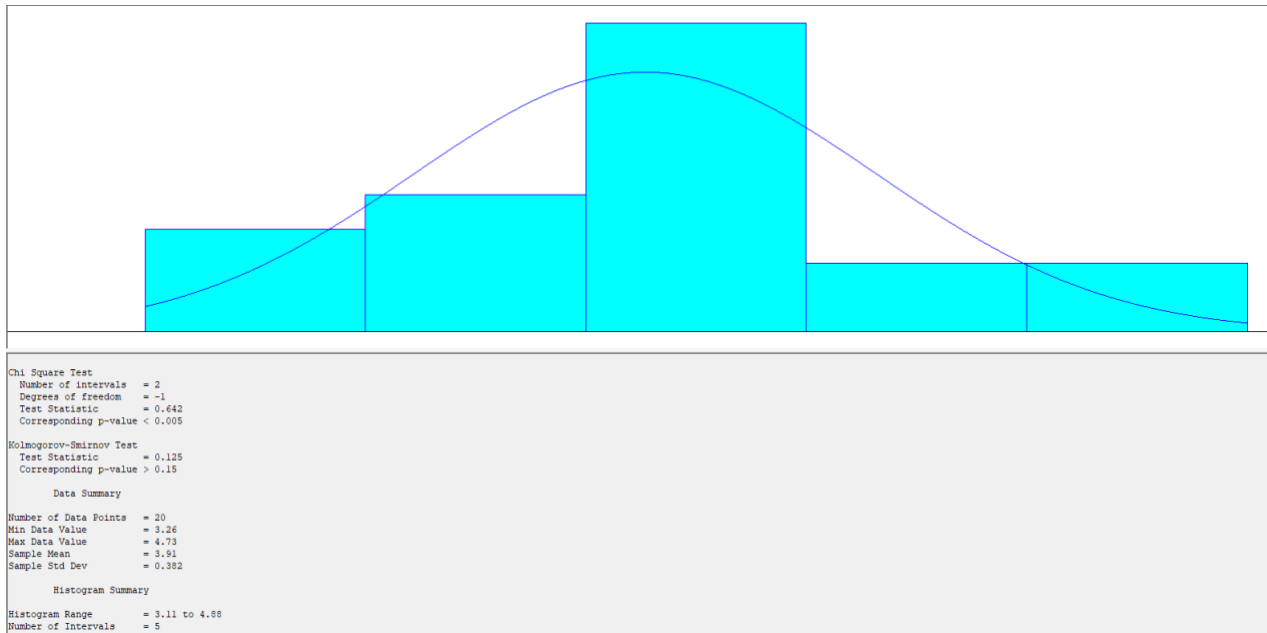


Figura 26. Histograma con distribución exponencial [Unión de hoja pasiva y marco colocando pernos en bisagras]

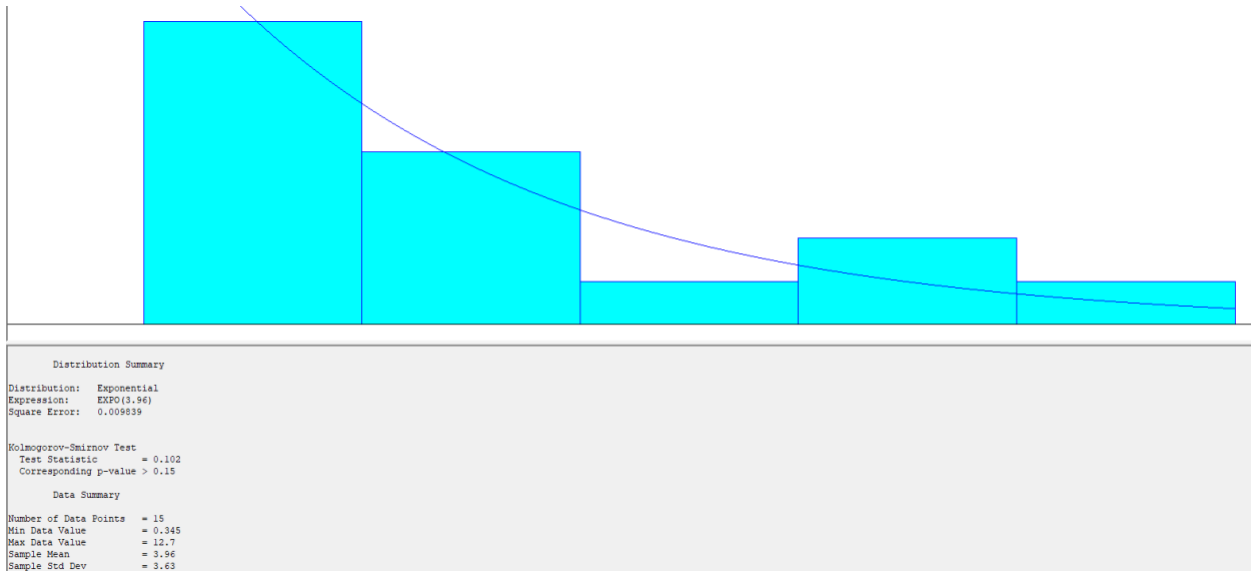


Figura 27. Histograma con distribución uniforme
 [Colocar manija y atornillar]

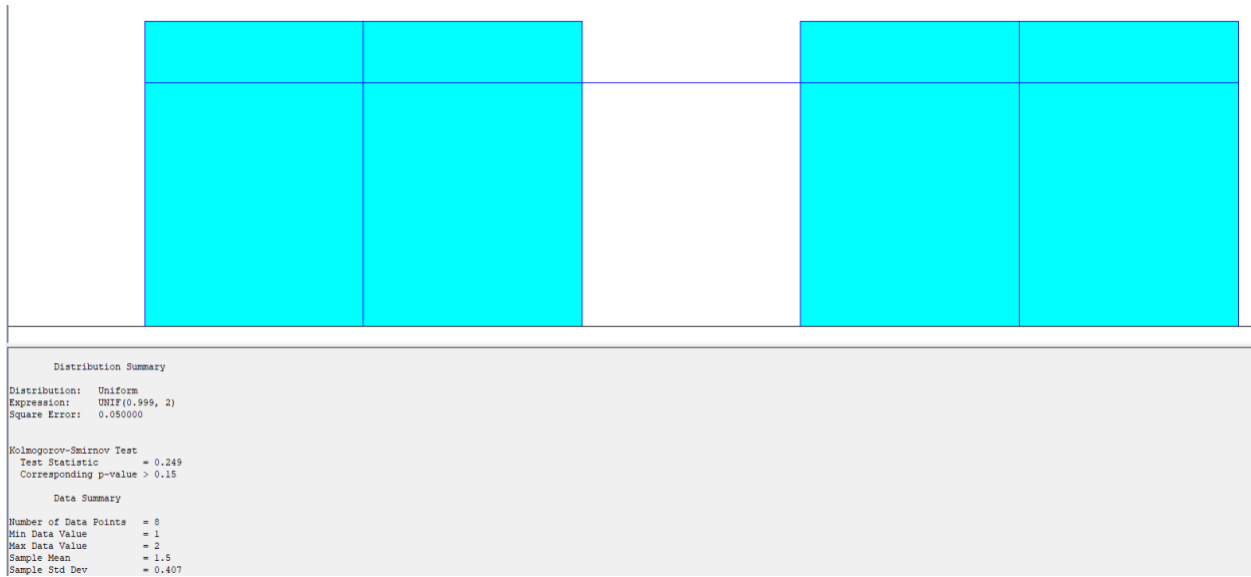


Figura 28. Histograma con distribución normal
 [Colocar hoja activa sobre marco]

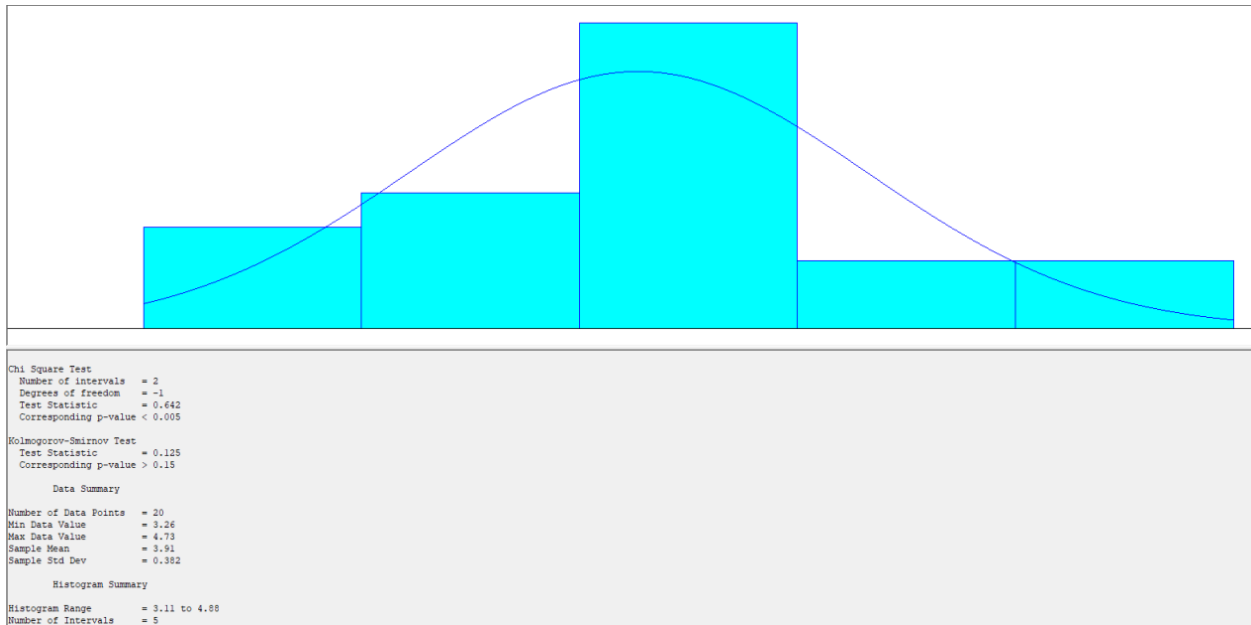


Figura 29. Histograma con distribución exponencial

[Unión de hoja activa y marco colocando pernos en bisagras]

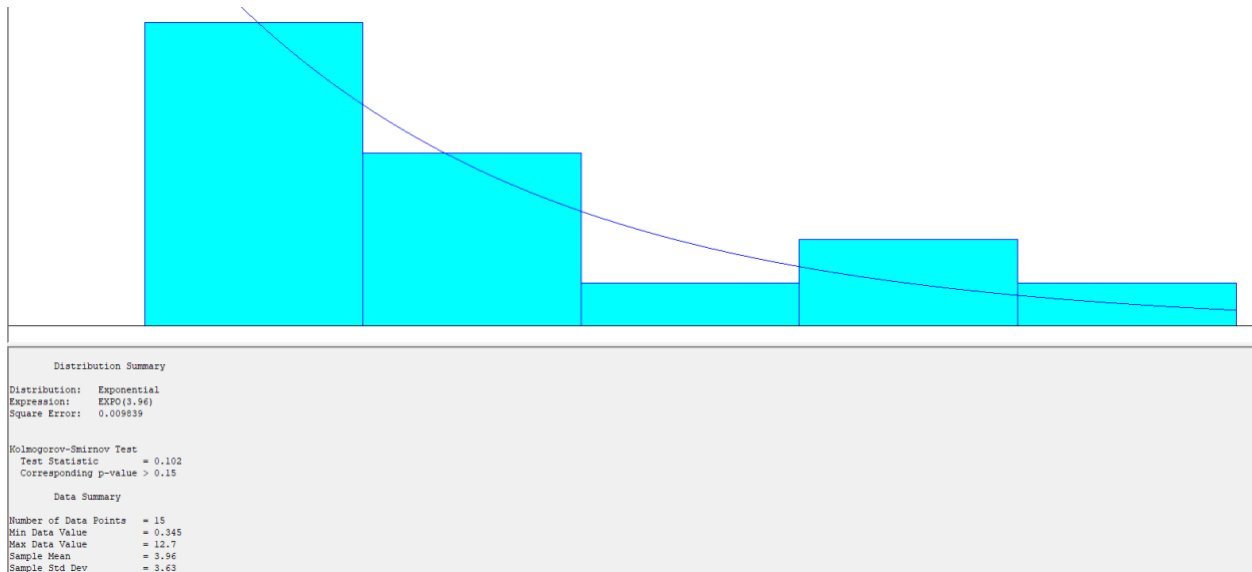
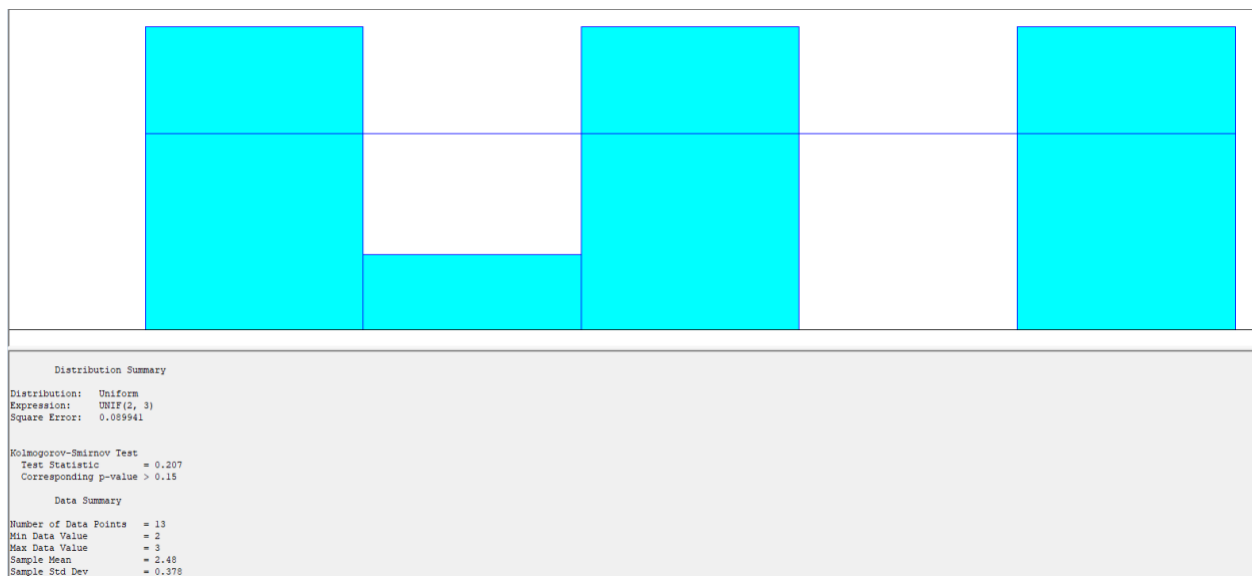


Figura 30. Histograma con distribución uniforme

[Unión de vidrio con hoja y marco]



En el Cuadro 3 se resumen la recopilación de los tiempos de las operaciones necesarias para configurar los procesos de la simulación en Simio, junto con las distribuciones y los tiempos aproximados para cada operación obtenidos de los histogramas de “Input Analyzer”.

Cuadro 3. Tiempo y distribución por operación

Operación	Distribución	Tiempo aproximado
Corte aluminio para piezas de marco y hoja	Uniforme	1-2 minutos por pieza
Desagüe; orificios para el drenaje de agua en marcos	Normal, media 2 minutos, desviación estándar 0.5 minutos	2-3 minutos por pieza
Taladrado de orificios para escuadras mecánicas de marco	Uniforme	1-2 minutos por pieza
Colocación de goma/hule en exterior de las piezas del marco	Triangular, moda 1 minuto, mínimo 0.5 minutos, máximo 1.5 minutos	1-2 minutos por pieza
Ensamble de 4 piezas del marco	Exponencial, media 4 minutos	4-5 minutos por pieza
Ajuste de escuadras mecánicas	Triangular, moda 2 minutos, mínimo 1 minuto, máximo 3 minutos	2-3 minutos por pieza
Taladrado y atornillado de herrajes	Uniforme	1-2 minutos por pieza
Taladrado de orificios para escuadras de las piezas de la hoja	Uniforme	1-2 minutos por pieza
Colocación de goma/hule en interior de piezas de la hoja	Triangular, moda 1 minuto, mínimo 0.5 minutos, máximo 1.5 minutos	1-2 minutos por pieza
Ensamble de 4 piezas de la hoja	Exponencial, media 4 minutos	4-5 minutos por pieza
Ajuste de escuadras mecánicas	Triangular, moda 2 minutos, mínimo 1 minuto, máximo 3 minutos	2-3 minutos por pieza
Taladrado y atornillado de herrajes	Uniforme	1-2 minutos por pieza

Operación	Distribución	Tiempo aproximado
Corte vidrio para piezas de marco y hoja	Uniforme	2-3 minutos por pieza
Colocar hoja pasiva sobre marco	Normal, media 2 minutos, desviación estándar 0.5 minutos	2-3 minutos por pieza
Unión de hoja pasiva y marco colocando pernos en bisagras	Exponencial, media 4 minutos	4-5 minutos por pieza
Colocar manija y atornillar	Uniforme	1-2 minutos por pieza
Colocar hoja activa sobre marco	Normal, media 2 minutos, desviación estándar 0.5 minutos	2-3 minutos por pieza
Unión de hoja activa y marco colocando pernos en bisagras	Exponencial, media 4 minutos	4-5 minutos por pieza
Unión de vidrio con hoja y marco	Uniforme	2-3 minutos por pieza

5.9.3. Verificación y validación de simulación

Cuadro 4. Resultados de simulación (estado actual)

Entidades	Entidades creadas	Entidades terminadas (Throughput)	Tiempo promedio en sistema (horas)
Hoja	17	16	0.53
Marco	17	16	0.53
Vidrio	17	16	0.53
Producto terminado (Total)	N/A	16	0.53

En base a los resultados se puede evaluar la efectividad de la simulación y determinar si se pueden hacer mejoras al proceso para aumentar la productividad. En este caso, se ha identificado que el estado actual, si se apegara a la secuencia lineal vista en la simulación, enfrentaría muchos desafíos debido a los distintos tiempos entre estaciones de trabajo. Una posible solución sería

reorganizar las estaciones por procesos para optimizar el flujo de trabajo y reducir los tiempos de espera.

En el Cuadro 4 se muestran los resultados donde las entidades representan cada una de las piezas requeridas para completar una ventana. En el “Throughput” de la Hoja, Marco y el Vidrio se observa que las entidades destruidas son 16, lo que significa que 16 piezas lograron terminar la simulación, representando una ventana terminada. En realidad, la atención está dividida entre distintos proyectos, por lo que disminuye la productividad o, al menos, no permite una medición precisa de un proyecto/producto en específico.

La simulación ha permitido identificar los problemas en el proceso de producción de ventanas de aluminio y es el primer paso para sugerir posibles soluciones para aumentar la productividad. Es importante identificar posibles cambios y evaluar su impacto en la operación para saber que cambios priorizar antes de implementarlos en la planta.

5.10. Enfoque seleccionado

“Common themes in customer-experience transformations” es un enfoque que contempla los siguientes elementos:

- Definición de cambios/implementaciones piloto en base a prioridades y comunicar ambiciosamente a todos los empleados la visión y objetivos de esto.
- Análisis constante de los indicadores y métricas para comprender las necesidades y rendimiento que se tiene en ese momento específico.
- Reuniones periódicas entre los interesados para adoptar una perspectiva holística e involucramiento en mantener la mejora continua necesaria para el éxito.

5.11. Indicadores

La implementación de indicadores es crucial para evaluar el desempeño de los procesos y tomar decisiones informadas. Estos indicadores proporcionan una visión objetiva de la eficiencia, productividad y calidad de las operaciones. Además, sirven como base para la toma de decisiones estratégicas, ayudando a asignar recursos de manera eficiente y priorizar iniciativas de mejora. En el contexto de la simulación realizada y la búsqueda de mejoras, los indicadores desempeñarán un papel fundamental en el éxito de las iniciativas de mejora y el crecimiento de la empresa, considerando que actualmente no se utilizan en las operaciones diarias se recomienda implementar los KPIs del Cuadro 5.

Cuadro 5. Recomendación indicadores para el control del proceso de producción

	Eficiencia	Efectividad	Legitimidad
Estratégico	Costo de producción = Q. 312, 000	% de ventanas devueltas por clientes = 0%	Cumplimiento con regulaciones de seguridad industrial = 0%
Táctico	Porcentaje de utilización = 13.62%	Tiempos de entrega = 100%	Aprovechamiento de los recursos (vidrios con tinte) = 50%
Operativo	Tiempos muertos = 86.37%	Control de calidad = 100%	Tasa de accidentes = 16.67%

Cuadro 6. Explicación de forma de medir cada indicador para el control del proceso de

Indicador	Temporalidad	Tipo	Descripción	Método de recopilación
Costo de producción	Mensual	Razón	El propósito de este indicador es medir el costo total de producción de las ventanas de aluminio para poder identificar oportunidades de reducción de costos y mejorar la eficiencia en la producción.	Registre los costos de materiales, mano de obra y otros gastos necesarios para la producción.
Porcentaje de ventanas devueltas por clientes	Mensual	Porcentaje	El propósito de este indicador es medir el nivel de satisfacción del cliente y la calidad del producto. Un alto porcentaje de ventanas devueltas puede indicar problemas en la calidad del producto o en el proceso de producción.	Registre el número de ventanas devueltas por los clientes y divida ese número por el total de ventanas entregadas. Multiplicando el resultado por 100 para obtener el porcentaje de devoluciones.
Cumplimiento con regulaciones de seguridad industrial	Trimestral	porcentaje	El propósito de este indicador es asegurar que la producción de ventanas de aluminio se realice cumpliendo con los estándares y regulaciones de seguridad industrial, lo que puede prevenir accidentes laborales y mejorar la seguridad del producto final.	Realice inspecciones regulares para verificar el cumplimiento de las regulaciones de seguridad industrial. Registre el número de incumplimientos y divida ese número por el número total de inspecciones realizadas. Multiplique el resultado por 100 para obtener el porcentaje de cumplimiento.

Indicador	Temporalidad	Tipo	Descripción	Método de recopilación
Porcentaje de utilización	Semanal	Porcentaje	El propósito de este indicador es medir la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles, como la maquinaria y la mano de obra, lo que puede ayudar a identificar oportunidades de mejora en la eficiencia y la productividad.	Registre la cantidad de tiempo que los equipos o recursos están siendo utilizados y divida ese tiempo por el tiempo total disponible. Multiplique el resultado por 100 para obtener el porcentaje de utilización.
Tiempos de entrega	Semanal	Tasa	El propósito de este indicador es medir la rapidez y la eficiencia en el proceso de entrega de las ventanas de aluminio a los clientes, lo que puede mejorar la satisfacción del cliente y la competitividad del negocio.	Registre el número de entregas realizadas en un período de tiempo determinado. Divida ese número por el tiempo total transcurrido en ese período. El resultado es la tasa de entregas.
Aprovechamiento de los recursos (vidrios con tinte)	Mensual	Porcentaje	El propósito de este indicador es medir la eficiencia en el uso de los recursos específicos utilizados en la	Se puede utilizar un porcentaje que vea del total de recursos de vidrio, cuanto es reciclable y cuanto

Indicador	Temporalidad	Tipo	Descripción	Método de recopilación
			utilizados en la producción de ventanas de aluminio con vidrios con tinte, lo que puede ayudar a identificar oportunidades de mejora en la eficiencia y la rentabilidad en la producción de este tipo de ventana.	contamina para sacar un porcentaje
Tiempos muertos	Semanal	Porcentaje	El propósito de este indicador es medir el tiempo que se pierde en el proceso de producción debido a interrupciones o problemas técnicos, lo que puede ayudar a identificar oportunidades de mejora en la eficiencia del proceso.	Registre la cantidad de tiempo en que el equipo o los recursos no están siendo utilizados y divida ese tiempo por el tiempo total disponible. Multiplique el resultado por 100 para obtener el porcentaje de tiempos muertos.
Control de calidad	Diario	Escala	El propósito de este indicador es medir la calidad del producto final y detectar posibles problemas en el proceso de producción para poder tomar acciones correctivas y mejorar la calidad del producto.	Utilice una escala para medir el nivel de calidad de los productos o servicios. Por ejemplo, puede utilizar una escala de 1 a 10 para medir la calidad de los productos o servicios. Registre la puntuación obtenida para cada producto o servicio.

Indicador	Temporalidad	Tipo	Descripción	Método de recopilación
Tasa de accidentes	Mensual	Tasa	El propósito de este indicador es medir la seguridad laboral en el proceso de producción, lo que puede ayudar a prevenir accidentes y mejorar la seguridad del personal en la fábrica.	Registre el número de accidentes ocurridos en un período de tiempo determinado. Divida ese número por el número total de trabajadores y multiplique el resultado por 100 para obtener la tasa de accidentes por cada 100 trabajadores.

A continuación, se explica cómo se obtuvieron los valores de cada indicador mencionado en el Cuadro 5 y 6.

1. Estratégico

- **Costo de producción**

El costo preliminar presentado está fundamentado en las dimensiones estándar de la ventana más común, cuyas medidas son de 1.5x1.2 metros. El área individual de esta ventana es de 1.8 metros cuadrados (1.5 m multiplicado por 1.2 m). Si tomamos en cuenta que la empresa produce un total de 400 metros cuadrados de ventanas, esto nos da un total aproximado de 222 ventanas (400 metros cuadrados dividido entre 1.8 metros cuadrados por ventana).

Centrándonos en los materiales, en una de las visitas se platicó que el margen promedio por ventana era de 35% y la venta del metro cuadrado oscila entre Q 1,200 a Q 1,400. Con la información de la demanda actual y el precio podemos estimar el costo de producción de la siguiente manera.

$$Precio = \frac{Costo\ de\ Ventas}{(1 - \% \text{ margen})}$$

$$\text{Costo de Ventas} = \text{Precio}(1 - \% \text{ margen})$$

$$\text{Costo de Ventas} = 1200 (1 - 35\%) = Q 780$$

$$\text{Costo de Ventas Total} = Q 780 \times 400 = Q 312,000$$

- **Porcentaje de ventanas devueltas por clientes**

No se han reportado ventanas devueltas en el periodo que se realizó la visita, por lo que este KPI es 0%. En este caso se considera positivo que el porcentaje sea lo más bajo posible.

- **Cumplimiento con regulaciones de seguridad industrial**

La información mencionada indica que no hay cumplimiento con regulaciones de seguridad, lo que se traduce en un 0% de cumplimiento.

2. Táctico

- **Porcentaje de Utilización**

Para calcular este KPI, necesitamos entender cuánto tiempo estuvo activamente trabajando una máquina o recurso en comparación con el tiempo total disponible. A partir de los resultados de la simulación, se observa que hay varias métricas relacionadas con diferentes entidades. Sin embargo, no se proporciona una medida del proceso productivo real por la limitación de acceso a visitas.

Las ventanas en la simulación reportan un "Throughput" (rendimiento) de 1.0899. Este número representa las horas que estuvo activo y el total de horas de trabajo fue, de 8 horas, entonces la utilización sería

$$1.0899/8 = 0.1362 \text{ o } 13.62\%$$

- **Tiempos de entrega**

Con una demanda baja de proyectos de ventanas de aluminio, se ha cumplido el 100% de los tiempos de entrega. Esto es, evidentemente, un resultado ideal, pero es importante señalar que

con un aumento en la demanda, este KPI podría no mantenerse en el 100%. Sin embargo, por ahora, se marca en verde.

- **Aprovechamiento de los recursos:**

El objetivo de este KPI es medir cómo la empresa gestiona y utiliza sus recursos, en este caso, los residuos de vidrio. Un buen aprovechamiento implica que los recursos se utilizan de manera efectiva para generar valor o reducir costos.

Dada la situación que describe, podemos interpretar lo siguiente:

- **Vidrio reciclable:** En lugar de pagar por la disposición de estos desechos o encontrar un método para reciclarlos internamente, la empresa ha encontrado una forma de que alguien se los lleve sin costo. Esto es una forma de aprovechar ese recurso, ya que se elimina un posible gasto.
- **Vidrios con tinte:** Estos no se pueden reciclar. Sin embargo, la empresa ha logrado un acuerdo para que se los lleven junto con el vidrio reciclable, lo que significa que, a pesar de no obtener un beneficio monetario directo, evita los costos asociados con la disposición de estos desechos.

$$\text{Aprovechamiento de recursos} = \frac{\text{Recursos aprovechados}}{\text{Recursos disponibles}} \times 100 = \frac{1}{2} = 50\%$$

En este caso, la empresa aprovecha 1 de 2 recursos (el vidrio reciclable), lo que da un 50%. El otro recurso, los vidrios con tinte, no se aprovecha en términos monetarios, pero al ser retirados sin costo para la empresa, se considera que se ha llegado a un acuerdo de 50/50 con la persona que retira los desechos. Por lo tanto, el aprovechamiento total también se mantiene en 50%.

3. Operativo

- **Tiempo Muerto**

Una vez calculado el porcentaje de Utilización, es crucial entender su contraparte, el "Tiempo Muerto". Esta métrica nos permite identificar los periodos en los cuales una máquina o recurso no está siendo utilizado, es decir, no está produciendo. Puede ser causado por diversas razones: mantenimientos, fallos, esperas, entre otros. En este caso se da por el cuello de botella generado en el ensamble de las ventanas. El Tiempo Muerto es el complemento del porcentaje de utilización, ambas métricas sumadas siempre deben equivaler al 100% del tiempo total, ya que representan dos aspectos opuestos del tiempo de producción: tiempo activo y tiempo inactivo.

Si el porcentaje de utilización, basado en el "Throughput" reportado y el total de horas trabajadas, es del 13.62%, entonces, el Tiempo Muerto (o inactividad) de la máquina o recurso será del **86.38%**

- **Control de calidad**

Actualmente no se cuenta con un paso dedicado al control de calidad y la forma de medir esto es por medio del indicador **porcentaje de ventanas devueltas por clientes** que indica que actualmente no hubieron problemas en ese periodo de tiempo, por lo que, la calidad se mantiene en 100%.

- **Tasa de accidentes:**

Se reportaron tres accidentes en un total de 18 empleados. Por lo tanto, la tasa de accidentes es:

$$3/18 \times 100 = 16.67$$

Por lo tanto, 16.67% de los empleados han tenido algún tipo de accidente.

5.12. Análisis del estado actual

La fábrica de ventanas enfrenta una serie de desafíos que afectan su eficiencia y productividad en todo el proceso de producción. Uno de los principales obstáculos se encuentra en la adquisición de materiales, donde la incapacidad para consolidar órdenes de compra a un único proveedor genera complicaciones logísticas y aumenta los costos operativos. Este problema se ve agravado por la falta de un equipo dedicado exclusivamente a gestionar las compras de materiales, lo que dificulta la optimización de los procesos de adquisición y la planificación de inventario. Además, la baja producción de ventanas de aluminio se debe en parte a la falta de un enfoque específico en esta área, lo que limita la capacidad de la empresa para maximizar la eficiencia y cumplir con la demanda del mercado de manera oportuna.

Otro aspecto crítico que requiere atención inmediata es la seguridad ocupacional en el lugar de trabajo. La cultura actual de la fábrica refleja un déficit en la atención a la seguridad, como lo demuestran los accidentes reportados y las prácticas inseguras observadas en el entorno laboral. La presencia de vidrios rotos dispersos por la planta, así como el uso de herramientas inadecuadas y la falta de capacitación en prácticas seguras, representan riesgos significativos para la salud y seguridad de los empleados. Abordar estos problemas es crucial para proteger la integridad física de los trabajadores y mejorar el ambiente laboral en general.

A la luz de los desafíos identificados, resulta evidente que la fábrica de ventanas enfrenta obstáculos significativos que requieren una atención inmediata y estratégica. En particular, la baja productividad en la mesa de ensamble representa un punto crítico que afecta la eficiencia general de la operación y su capacidad para satisfacer las demandas del mercado de manera rentable. Esta situación subraya la necesidad de implementar mejoras sustanciales en los métodos de ensamblaje

y optimizar los procesos operativos para aumentar la productividad y reducir los tiempos de producción.

Además, la falta de indicadores clave de rendimiento representa un desafío adicional que obstaculiza la capacidad de la empresa para monitorear y mejorar continuamente sus procesos operativos. Sin una medición clara y objetiva del desempeño, resulta difícil identificar áreas de mejora y evaluar el impacto de las iniciativas de mejora implementadas. Por lo tanto, es importante establecer un sistema robusto de indicadores que permita a la empresa monitorear de cerca su rendimiento y tomar decisiones informadas basadas en datos para impulsar la eficiencia y la calidad en toda la operación.

Para abordar estos desafíos de manera efectiva, la próxima sección del trabajo se centrará en la identificación de áreas de mejora con un enfoque en la optimización a través de metodologías Lean Six Sigma. Al adoptar enfoques probados como Six Sigma y Lean, la empresa podrá implementar cambios significativos en sus procesos operativos y mejorar su competitividad en el mercado. Sin embargo, para garantizar el éxito de estas iniciativas, es crucial contar con indicadores sólidos que permitan medir el progreso y asegurar que las mejoras implementadas estén alineadas con los objetivos estratégicos de la organización. En última instancia, al abordar tanto la baja productividad en la mesa de ensamble como la falta de indicadores clave de rendimiento, la empresa estará mejor posicionada para alcanzar niveles más altos de eficiencia operativa y calidad del producto. Se propone que la mesa de ensamble funcione como una prueba piloto para las mejoras identificadas, lo que permitirá evaluar su efectividad antes de implementarlas en toda la operación. Esta estrategia gradual ayudará a reducir la resistencia al cambio y garantizará una transición suave y efectiva hacia procesos más eficientes en toda la empresa.

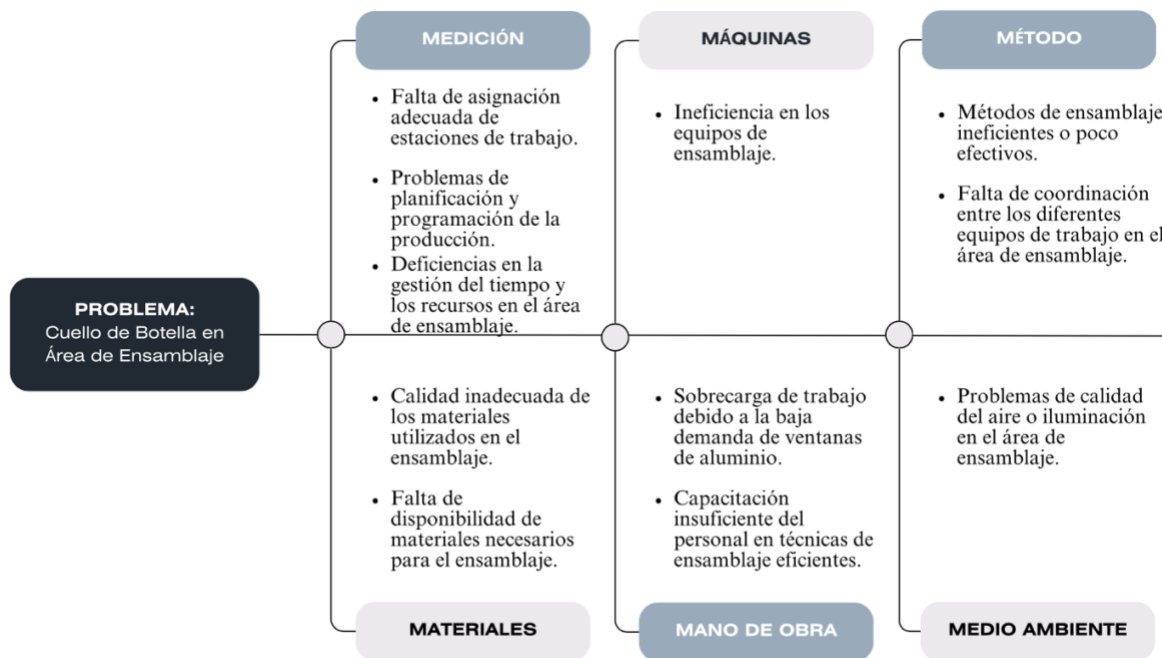
6. Identificación de áreas de mejora con enfoque a la optimización por medio de Lean Six

Sigma

6.1. Diagrama de Ishikawa para el cuello de botella en el área de ensamble

A través de la simulación del proceso actual, se han identificado áreas de mejora, siendo una de las más críticas, el cuello de botella en el área de ensablaje. Para abordar este problema de manera efectiva, es fundamental realizar un análisis de las posibles causas que contribuyen a este cuello de botella.

Figura 31. Diagrama de Ishikawa – cuello de botella



6.2. Formato de recolección de datos

La recopilación de información para la hoja de registro del Cuadro 7 se llevó a cabo en consulta con el ingeniero de producción y el supervisor, garantizando así que los puntos a registrar fueran los más relevantes para ellos. Este proceso asegura una recopilación de datos precisa, fundamental para el análisis posterior de las causas del cuello de botella en el área de ensablaje.

El usuario final es el supervisor de área, quien debe utilizar un formato físico para recopilar los datos de manera sistemática junto a un cronómetro en el área para registrar los sucesos y mediciones de manera detallada y clara. Esta hoja de registro, derivada de las causas detectadas en el diagrama de Ishikawa, servirá como base fundamental para analizar los datos y llevar a cabo investigaciones sobre el cuello de botella, permitiendo priorizar las causas que tienen un mayor impacto en los tiempos muertos.

Cuadro 7. Hoja de registro para las causas detectadas

HOJA DE REGISTRO				
Fecha	Turno	Causa	Tiempo (minutos)	Observaciones
2024-02-21	Mañana	Falta de asignación adecuada de estaciones de trabajo.	30	Al no asignar claramente las estaciones de trabajo, se producen demoras y confusiones entre los trabajadores.
2024-02-21	Mañana	Capacitación insuficiente del personal en técnicas de ensamblaje eficientes.	20	Con la baja demanda de pedidos, los trabajadores se ven obligados a realizar tareas adicionales para mantenerse ocupados, lo que aumenta la fatiga y reduce la eficiencia.
2024-02-21	Mañana	Métodos de ensamblaje ineficientes o poco efectivos.	40	Los trabajadores reportan dificultades para seguir el método de ensamble establecido, lo que lleva a retrabajos y pérdida de tiempo.
2024-02-21	Mañana	Calidad inadecuada de los materiales utilizados en el ensamblaje.	15	Se han detectado defectos en algunas piezas de aluminio suministradas, lo que afecta la calidad del producto final y requiere tiempo adicional para corregirlos.
2024-02-21	Mañana	Ineficiencia en los equipos de ensamblaje	25	Las herramientas manuales presentan fallos frecuentes, por ejemplo, no están afiladas lo que ralentiza el proceso de ensamble.
Fecha	Turno	Causa	Tiempo (minutos)	Observaciones

2024-02-21	Mañana	Problemas de calidad del aire o iluminación en el área de ensamblaje.	10	Se ha notado una deficiencia en la calidad del aire y la iluminación en el área de trabajo, lo que dificulta la concentración y aumenta la fatiga de los trabajadores.
------------	--------	---	----	--

NOTAS:

La hoja de registro se diseñó de manera clara y fácil de entender, permitiendo el registro de datos específicos sobre las causas identificadas del cuello de botella en el área de ensamblaje.

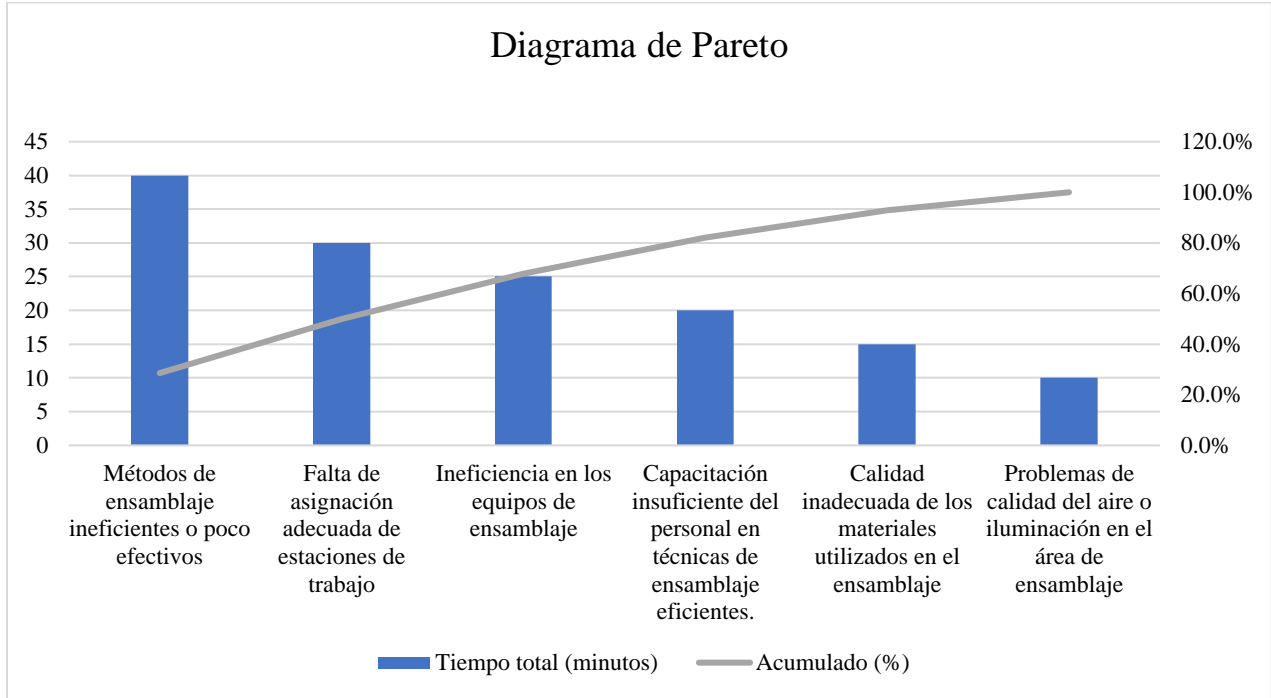
6.3. Análisis Pareto

A continuación, se muestra un análisis de Pareto basado en los datos recopilados en la hoja de registro.

Cuadro 8. Tabulación de resultados de la hoja de registro

Causa	Tiempo total (minutos)	Porcentaje del tiempo total	Acumulado (%)
Métodos de ensamblaje ineficientes o poco efectivos	40	28.6%	28.6%
Falta de asignación adecuada de estaciones de trabajo	30	21.4%	50.0%
Ineficiencia en los equipos de ensamblaje	25	17.9%	67.9%
Capacitación insuficiente del personal en técnicas de ensamblaje eficientes.	20	14.3%	82.1%
Calidad inadecuada de los materiales utilizados en el ensamblaje	15	10.7%	92.9%
Problemas de calidad del aire o iluminación en el área de ensamblaje	10	7.1%	100.0%
Total	140	100%	N/A

Figura 32. Diagrama de Pareto para el cuello de botella (mesa de ensamble)



El análisis de Pareto revela que el 82.1% del tiempo perdido en el proceso de ensamble de ventanas de aluminio está asociado con cuatro causas principales. Estas son: métodos de ensamble ineficientes o poco efectivos (28.6%), falta de asignación adecuada de estaciones de trabajo (21.4%), ineficiencia en los equipos de ensamble (17.9%), y capacitación insuficiente del personal en técnicas de ensamble eficientes (14.3%). Estos resultados indican que la mayor parte del tiempo perdido se debe a problemas relacionados con la planificación y ejecución del proceso de ensamble, así como a la falta de habilidades específicas en el personal. Para abordar eficazmente este problema, es crucial mejorar los métodos de ensamble, optimizar la asignación de estaciones de trabajo, mejorar la eficiencia de los equipos de ensamble y proporcionar una capacitación adecuada al personal. Enfocarse en estas áreas clave tiene el potencial de generar mejoras significativas en la eficiencia del proceso y reducir tiempos muertos perdido en el ensamble de ventanas de aluminio.

6.4. Diagrama de Ishikawa para los problemas principales

6.4.1. Problema: Métodos de ensamblaje ineficientes o poco efectivos

Diagrama de Ishikawa – Métodos de Ensamblaje Ineficientes

- **Medición:** Falta de indicadores de eficiencia específicos para el proceso en general.
- **Máquinas:** Herramientas manuales poco seguras para ciertas operaciones de ensamblaje.
- **Métodos:** Procedimientos de ensamblaje no estandarizados o poco claros.
- **Materiales:** Calidad inconsistente de los materiales utilizados en el ensamblaje.
- **Mano de obra:** Falta de capacitación específica en técnicas de ensamblaje eficientes.
- **Medio ambiente:** Condiciones ambientales inadecuadas, como la falta de ventilación adecuada o la iluminación deficiente, que afectan la precisión del ensamblaje.

6.4.2. Problema: Falta de asignación adecuada de estaciones de trabajo

Diagrama de Ishikawa – Falta de asignación de estaciones de trabajo

- **Medición:** Ausencia de evaluaciones regulares del flujo de trabajo y tiempos de ciclo en cada estación.
- **Máquinas:** Carencia de equipos especializados para operaciones específicas en algunas estaciones de trabajo.
- **Métodos:** Falta de un enfoque sistemático para la asignación de estaciones basado en la carga de trabajo y la capacidad de los operarios.
- **Materiales:** Suministro irregular de materiales necesarios en cada estación de trabajo.
- **Mano de obra:** Falta de capacitación específica para operar en diferentes estaciones de trabajo.
- **Medio ambiente:** Ausencia de señalización en las estaciones de trabajo, lo que puede causar confusión y retrasos en el proceso.

6.4.3. Problema: Ineficiencia en los equipos de ensamblaje

Diagrama de Ishikawa – Ineficiencia en equipos de ensamblaje

- **Medición:** Falta de seguimiento del rendimiento y mantenimiento de los equipos de ensamblaje.
- **Máquinas:** Equipos obsoletos o mal mantenidos que afectan la productividad y la calidad del ensamblaje.
- **Métodos:** Procedimientos de operación ineficientes o poco optimizados para ciertos equipos.
- **Materiales:** Uso de materiales inadecuados que causan desgaste o problemas de funcionamiento en los equipos.
- **Mano de obra:** Falta de entrenamiento o capacitación para el manejo adecuado de los equipos de ensamblaje.
- **Medio ambiente:** Condiciones ambientales adversas, como fluctuaciones de temperatura o humedad, que afectan el funcionamiento y la vida útil de los equipos de ensamblaje.

6.4.4. Problema: Capacitación insuficiente del personal

Diagrama de Ishikawa – Capacitación insuficiente del personal

- **Medición:** Ausencia de indicadores para evaluar el nivel de competencia y el progreso del personal en las habilidades de ensamblaje.
- **Máquinas:** Dificultad en la operación de equipos debido a la falta de entrenamiento adecuado.
- **Métodos:** Métodos de capacitación poco efectivos o desactualizados.
- **Materiales:** Insuficiencia de materiales de capacitación o recursos educativos para el personal.

- **Mano de obra:** Falta de motivación o incentivos para el desarrollo de habilidades de ensamblaje.
- **Medio ambiente:** Condiciones de trabajo que dificultan el proceso de aprendizaje y la concentración del personal, como el ruido excesivo o la falta de confort térmico.

6.4.5. Problema: Seguridad industrial

Diagrama de Ishikawa – Causas potenciales de riesgos de seguridad industrial:

- **Medición:** Falta de inspecciones regulares de seguridad para identificar y abordar posibles riesgos. No hay seguimiento de incidentes previos o peligros potenciales para la mejora continua de la seguridad.
- **Máquinas:** Falta de mantenimiento adecuado en equipos como extintores de incendios o maquinaria defectuosa o desactualizada que podría representar un riesgo para los empleados.
- **Métodos:** Prácticas de trabajo inseguras, como el manejo de vidrio roto sin protección. Falta de capacitación sobre el manejo seguro de herramientas y materiales.
- **Materiales:** Almacenamiento inadecuado de materiales como vidrio y PVC. Uso de herramientas inseguras o inapropiadas, como cuchillas sin mango.
- **Mano de obra:** Falta de conciencia sobre los riesgos laborales y la importancia de la seguridad o negligencia en el uso de equipo de protección personal (EPP), como guantes.
- **Medio ambiente:** Desorden en el área de trabajo debido a inventario excesivo, lo que obstruye las señalizaciones de seguridad y los extintores.

6.5. Descripción de las ideas de mejora

Para abordar los problemas identificados en el proceso de ensamblaje de ventanas de aluminio, se dará una descripción general de las ideas que se alinean con las causas identificadas en los diagramas de Ishikawa para posteriormente generar un “Plan de Implementación de Mejoras Operativas con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional”.

Formato de priorización de tareas

Se sugiere diseñar un método para determinar la importancia, el tiempo y la urgencia de las operaciones, enfocando los recursos en las tareas de mayor prioridad. Esto aborda la falta de coordinación y planificación, identificada como una causa clave en los diagramas de Ishikawa. Además, al asignar prioridades adecuadas, se logra una mejor organización y se evita la congestión de actividades. Esto conduce a una fábrica más ordenada y eficiente, donde los recursos se utilizan de manera más efectiva. Además, al implementar este sistema, se promueve una mentalidad de enfocarse en las tareas clave y eliminar desperdicios o WIP excesivo, lo cual es fundamental en lean manufacturing. Asimismo, la implementación de indicadores de desempeño propuestos (KPIs) permitirá medir la efectividad de este sistema y ajustarlo según sea necesario para optimizar aún más el proceso de ensamblaje.

Propuesta de creación de nuevas plazas

La expansión de la dirección organizacional mediante la incorporación de puestos esenciales es crucial para el aumento de la productividad. A medida que una entidad se desarrolla, las demandas operativas se vuelven más complejas. Al introducir roles especializados, la empresa permite una mejor división del trabajo, asegurando que cada función es gestionada por expertos, lo que optimiza la eficiencia. Esta estructuración también facilita una delegación y comunicación más efectiva, promueve la innovación y asegura una utilización óptima de los

recursos. En esencia, esta ampliación organizacional crea una base más robusta para el crecimiento sostenible, permitiendo a la empresa responder con agilidad a los desafíos y oportunidades del mercado.

Diseñar el layout de la planta con secciones de trabajo enfocadas por procesos

El diseño del layout de la planta con estaciones de trabajo enfocadas por procesos permite agrupar las actividades relacionadas en áreas específicas. Esto facilita el flujo de trabajo y reduce los movimientos y tiempos de desplazamiento innecesarios. Al tener estaciones de trabajo dedicadas a procesos específicos, se promueve una mayor especialización y eficiencia en la producción. Además, este enfoque ayuda a crear una fábrica más ordenada, donde cada área tiene un propósito claro y se evita la mezcla de tareas, materiales y operarios.

TOC para un sistema soga y tambor

Utilizar la Teoría de Restricciones (TOC) para controlar el flujo de producción y evitar congestiones en la mesa de ensamble, mediante un sistema de programación y control basado en la disponibilidad de recursos y la capacidad de la restricción principal.

Inversión en maquinaria para mecanizados precisos y eficientes

Evaluar la adquisición de maquinaria especializada para realizar mecanizados precisos y de calidad en menos tiempo. Esta acción atiende directamente la ineficiencia en las máquinas, una de las causas principales identificadas al tener una variabilidad alta en los tiempos por usar herramientas no adecuadas y ser el primer paso de la mesa de ensamble.

Manual de 5 s

Se debe aplicar los principios de los métodos 5S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Mantener) para organizar y optimizar la estación de ensamble, lo que reducirá los movimientos innecesarios y mejorará la eficiencia general.

Matriz de riesgos

Se espera que, tras la identificación y análisis de los riesgos laborales, se tenga un entendimiento completo de los peligros presentes en el entorno de trabajo. Esto permitirá diseñar medidas preventivas y correctivas adecuadas, lo que a su vez reducirá la posibilidad de accidentes y enfermedades laborales.

Establecimiento de protocolos de emergencia y evacuación

Como resultado de este punto, se espera que todo el personal esté capacitado y preparado para responder de manera efectiva a situaciones de emergencia. Esto ayudará a minimizar el daño y las lesiones en caso de una emergencia.

Desarrollo de un programa de capacitación en seguridad para operadores

A través de este programa, se espera que todos los empleados estén debidamente informados y capacitados sobre las mejores prácticas de seguridad, lo que ayudará a evitar accidentes y a promover un ambiente de trabajo seguro.

Diseño de responsabilidades del encargado de seguridad y salud en el trabajo

Se espera tener un responsable dedicado a gestionar y supervisar la implementación y seguimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional. Esto será fundamental para garantizar el cumplimiento continuo de las políticas y procedimientos de seguridad.

Auditorías de seguridad periódicas

A través de estas auditorías, se espera evaluar regularmente la eficacia del sistema de seguridad y salud ocupacional y realizar los ajustes necesarios. Estas auditorías permitirán la identificación temprana de áreas de mejora y aseguraron que se mantengan los más altos estándares de seguridad en todo momento.

7. Plan de implementación de mejoras operativas con un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional

7.1. Caso de negocio

Las propuestas del “Plan de Implementación de Mejoras Operativas con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional” contribuyen a tener una fábrica más ordenada y fomenta la creación de una cultura de “Lean Manufacturing”.

7.2. Alcance

Los cambios propuestos apuntan a optimizar los procesos de producción, eliminar tiempos muertos, y maximizar el valor agregado. Es importante destacar que el proyecto no tiene la intención de proporcionar una transformación completa de la empresa en términos de lean manufacturing. Es posible que existan otros aspectos y áreas que no estén cubiertos por los cambios propuestos. Además, la implementación de los cambios requerirá un enfoque gradual y a largo plazo, ya que algunos de ellos implican modificaciones en los procesos y en la cultura organizacional. Por lo tanto, es importante tener expectativas realistas y comprender que este proyecto es un primer paso hacia una fábrica más ordenada y una cultura de lean manufacturing, pero que pueden ser necesarios esfuerzos adicionales en el futuro para lograr una transformación completa.

7.2.1. Acuerdos específicos

Para lograr los cambios propuestos, es importante establecer acuerdos claros sobre qué departamentos asumirán la responsabilidad de su cumplimiento y cuáles son los principales requerimientos del trabajo. Todos los departamentos deberán trabajar en colaboración y comunicarse de manera efectiva para asegurar la implementación exitosa del proyecto.

1. Departamento de producción

Será responsable de aplicar el sistema de priorización de tareas, dar seguimiento a los cambios de la secuencia de producción y el orden la mesa de ensamble. Además, deberá colaborar con el mantenimiento productivo total (TPM), la implementación del sistema de soga tambor y 5s. Los requerimientos del trabajo para el departamento de producción incluyen recordatorio de la capacitar a su personal en aspectos de organización y priorización de tareas, asegurar la correcta ejecución de las tareas priorizadas, colaborar en la identificación de mejoras en la secuencia de producción y garantizar el orden y eficiencia en la mesa de ensamble.

2. Departamento de recursos humanos

El departamento de recursos humanos desempeñará un papel importante en la implementación de los cambios propuestos. Será responsable de proporcionar o coordinar capacitaciones sobre aspectos de organización y priorización de tareas. Estas capacitaciones ayudarán a crear una cultura de eficiencia y orden en toda la organización. Los principales requerimientos del trabajo para el departamento de recursos humanos son desarrollar y facilitar las capacitaciones necesarias, asegurarse de que los empleados adquieran las habilidades adecuadas para la implementación de los cambios propuestos y colaborar en la difusión de la cultura de lean manufacturing en toda la empresa. El departamento de Recursos Humanos también será responsable de la creación del área de trabajo para el especialista en Seguridad y Salud Ocupacional y del desarrollo del programa de capacitación en seguridad.

3. Coordinador de Seguridad y Salud Ocupacional

Será el encargado de las auditorías de seguridad periódicas.

4. Departamento de diseño

El departamento de diseño desempeña un papel crucial el uso del sistema de priorización de tareas para garantizar que las órdenes de trabajo se saquen de manera ordenada y sin saturar el proceso productivo. En este sentido, el departamento de diseño puede colaborar estrechamente con el departamento de producción para establecer criterios claros de priorización. Esto implica analizar detalladamente las órdenes de trabajo entrantes, evaluar su complejidad, requerimientos de70laramo y si se cuenta con recursos necesarios para completar la orden en su totalidad.

7.3. Entregables

7.3.1. Indicadores de desempeño

Cuadro 9. Indicadores de desempeño

	Eficiencia	Efectividad	Legitimidad
Estratégico	Costo de producción	% de ventanas devueltas por clientes	Cumplimiento con regulaciones de seguridad industrial
Táctico	porcentaje de utilización	Tiempos de entrega	Aprovechamiento de los recursos (Vidrio)
Operativo	Tiempos muertos	Control de calidad	Tasa de accidentes

7.3.2. Formato de priorización de tareas

El formato de priorización de tareas proporciona una estructura clara y cuantitativa para evaluar y comparar diferentes pedidos según múltiples criterios. En este formato, se asignan ponderaciones a cada criterio, reflejando su importancia relativa en la toma de decisiones. En el caso presentado, se consideran criterios como el tiempo de entrega, la cantidad de productos, si el pedido es personalizado, la calidad requerida y la complejidad del diseño, cada uno con su respectiva ponderación en porcentaje.

Cuadro 10. Ponderación de los criterios para considerar de los pedidos

Criterio	Descripción	Valor
Tiempo de entrega	Menos de 3 días	3
	3 – 4 días	2
	Más de 4 días	1
Cantidad de productos	Unidades < Promedio de producción mensual	0
	Unidades >= Promedio de producción mensual	1
Personalizado	Sí	1
	No	0
Calidad requerida	Rango	(del 1 al 5)
Complejidad del diseño	Rango	(del 1 al 5)

Cuadro 11. Información de pedidos

Pedido	Tiempo de entrega	Cantidad de productos	Personalizado	Calidad requerida	Complejidad del diseño
Pedido 1	2	>	Sí	4	3
Pedido 2	4	=	No	3	2
Pedido 3	5	<	Sí	4	4

Cuadro 12. Resultados del formato de priorización

Pedido	Tiempo de entrega	Cantidad de productos	Personalizado	Calidad requerida	Complejidad del diseño	Total
Pedido 1	3	1	1	4	3	12
Pedido 2	2	1	0	3	2	8
Pedido 3	1	0	1	4	4	10

Los resultados del formato de priorización sugieren que el Pedido 1 es el más prioritario debido a su puntaje total más alto de 12 puntos, lo que indica una combinación favorable en varios criterios ponderados, incluyendo un tiempo de entrega aceptable (3 días), una cantidad de productos dentro del promedio de producción mensual, personalización del pedido, alta calidad requerida (puntuación de 4) y una complejidad del diseño moderada (puntuación de 3). En contraste, el Pedido 2 obtiene un puntaje total de 8 puntos debido a un tiempo de entrega más prolongado (4 días), falta de personalización, y una calidad y complejidad del diseño ligeramente inferiores en comparación con el Pedido 1. El Pedido 3, aunque también tiene una calidad y complejidad del diseño comparables al Pedido 1, obtiene un puntaje ligeramente inferior debido a un tiempo de entrega más largo (5 días) y una cantidad de productos por debajo del promedio de producción mensual. Por lo tanto, el orden de prioridad se basa en cómo cada pedido se alinea con los criterios definidos, reflejando la importancia relativa de esos criterios en la toma de decisiones.

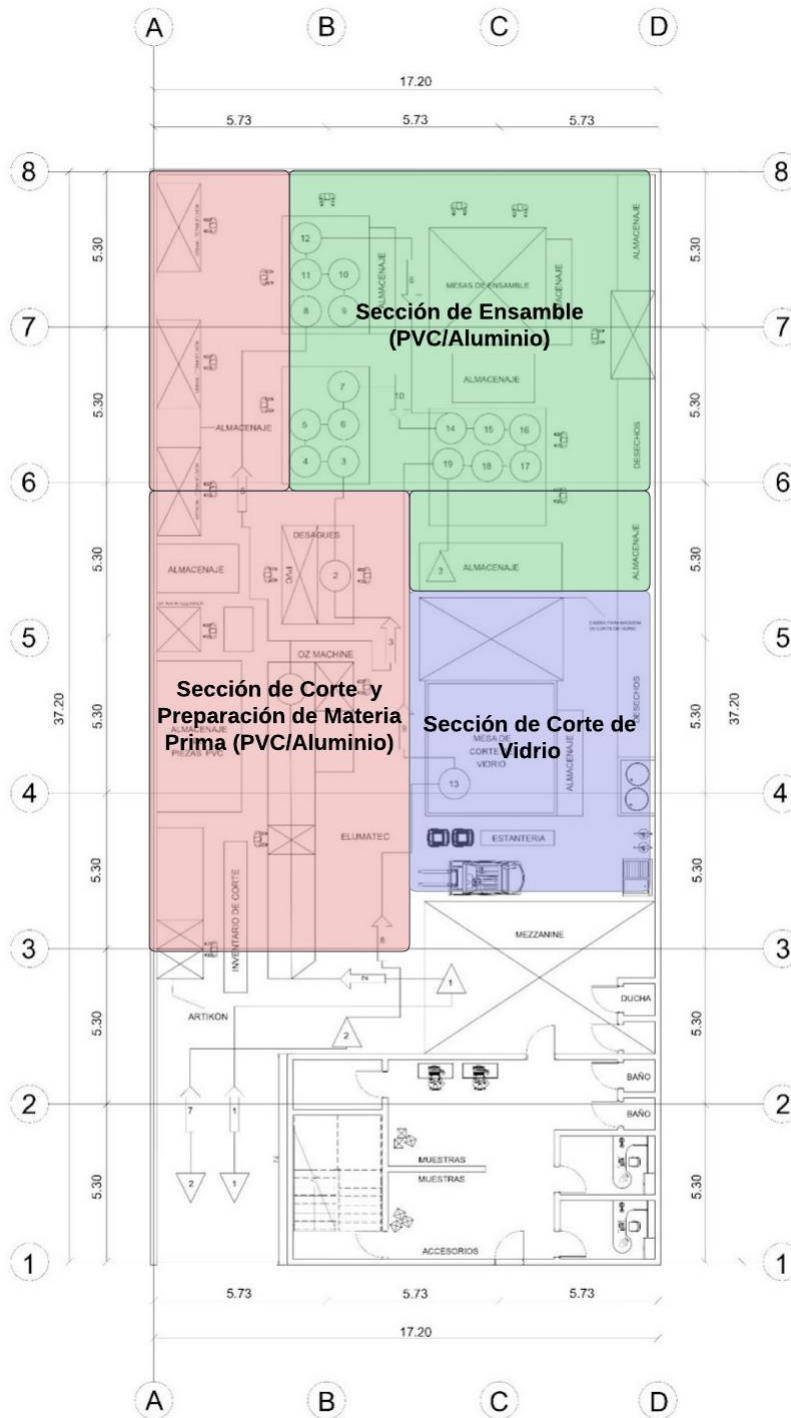
7.3.3. Propuesta de creación de nuevas plazas

Cuadro 13. Descripción del puesto

Puesto de trabajo	Salario	Salario con prestaciones (x1.43)	Justificación
Ingeniero Industrial	Q 12,000.00	Q 17,160.00	Encargado de la mejora continua y la implementación de 5s y Control de Calidad
Coordinador de Recursos Humanos	Q 10,000.00	Q14,300.00	Llevar control de capacitaciones y programa de incentivos.
Especialista en seguridad ocupacional	Q 10,000.00	Q14,300.00	Preventivo de seguridad ocupacional
Jefe de producción	Q 6,000.00	Q8,580.00	Encargado de apoyar al ingeniero industrial en programar la producción y supervisar en el sistema en general
Supervisor de sección de corte y preparación de materia prima	Q 4,500.00	Q6,435.00	Encargado de supervisar el rendimiento del área asignada
Supervisor de sección de ensamble	Q 4,500.00	Q6,435.00	Encargado de supervisar el rendimiento del área asignada
Operarios para corte (x3)	Q 7,167.23	Q 10,249.10	Operarios asignados a la sección de corte con enfoque a producción en aluminio
Operarios para ensamble (x6)	Q14,334.46	Q 20,498.28	Operarios asignados a la sección de ensamble con enfoque a producción en aluminio

7.3.4. Diseño del layout de la planta con secciones de trabajo enfocadas por procesos

Figura 33. Diagrama de recorrido con división por secciones



7.3.5. Explicación del sistema de sogas para la sección de ensamble

Dentro de la fábrica, se identificó que la sección de ensamble es el cuello de botella. Esto significa que cualquier interrupción o inactividad en esta sección afectará directamente la capacidad total de producción. Si el ensamble se detiene, todo el sistema se detiene, independientemente de cuán eficientes sean las otras áreas.

El sistema de “soga tambor” se introduce para abordar precisamente este desafío. En este sistema:

- El “**tambor**” establece el ritmo. Dado que el ensamble es el cuello de botella, su ritmo dicta el ritmo de toda la producción. Todas las demás secciones deben trabajar en función de este ritmo.
- La “**soga**” es una herramienta de comunicación entre las secciones. Garantiza que el ensamble (cuello de botella) esté constantemente alimentado con trabajo para mantenerlo operativo. Si el ensamble necesita más material, tira de la “soga”, alertando a las secciones anteriores para que suministren lo necesario. Si no necesita material, no se tira de la “soga”, evitando la acumulación de inventario en proceso.

Es esencial que la sección de ensamble esté alimentada constantemente para mantener su productividad alta. Aunque el porcentaje de utilización pueda ser alto durante toda la jornada, es crucial que esta sección nunca se detenga, ya que cada minuto de inactividad se traduce en pérdida de capacidad total del sistema.

Para hacer más visible y eficiente este sistema, se pueden implementar señales visuales, como los colores de un semáforo:

- **Verde:** Indica que el ritmo de producción es el adecuado y que hay suficiente trabajo en la sección de ensamble.

- **Amarillo:** Señala que el ritmo de producción está comenzando a reducirse y que la sección de ensamble pronto necesitará más material o componentes.
- **Rojo:** Alerta que la sección de ensamble está detenida o va a detenerse por falta de material o componentes.

Estas señales visuales permiten a todo el equipo de producción saber exactamente en qué estado se encuentra el ensamble, permitiendo una reacción rápida para mantener el flujo de trabajo constante y eficiente. La implementación de estos colores de semáforo, junto con el sistema de “soga tambor”, garantiza que el ensamble (cuello de botella) siempre esté operativo, maximizando así la productividad y eficiencia general del sistema.

7.3.6. Implementación de mejoras productivas

7.3.6.1. Compra de taladro para escuadras

Se corrió una simulación contemplando los cambios que afectan directamente a la producción, obteniendo que la reducción de tiempos en el taladrado de escuadras y implementación de sogas tambor fue lo más impactante.

Cuadro 14. Comparación entre taladro convencional vs industrial

	Taladro convencional	Taladro industrial
Tiempo requerido por pieza	1-2 minutos	< 1 minuto
Potencia	Menos potente	Más potente
Capacidad de perforación	Menor	Mayor
Eficiencia	Menos eficiente	Más eficiente
Costo	-	Q32,100

Al adquirir el taladro industrial, se logra una mejora significativa en la calidad, la consistencia y la eficiencia del proceso de perforación. Estas máquinas están diseñadas para proporcionar resultados precisos y uniformes en cada perforación, lo que garantiza una mayor calidad en el producto final. Además, al eliminar la variabilidad asociada con el uso de métodos manuales o equipos menos precisos, se establece un estándar constante en la producción.

Esto no solo conduce a una reducción de los defectos y desperdicios, sino que también aumenta la confiabilidad del proceso. Además, al reducir el tiempo requerido para realizar cada perforación, se optimiza la productividad y se agiliza el ciclo de producción, lo que puede tener un impacto positivo en la rentabilidad y la competitividad de la empresa en el mercado.

Cuadro 15. Resultados con mejoras en la simulación – Throughput

Entidades	Situación actual		Con reducción de tiempos	
	Entidades creadas	Entidades destruidas / (Throughput)	Entidades creadas	Entidades destruidas (Throughput)
Hoja	17	16	83	82
Marco	17	16	83	82
Vidrio	17	16	83	82
Producto terminado (Total)	N/A	N/A	N/A	82

Cuadro 16. Resultados con mejoras en la simulación – Porcentajes de utilización de operaciones más relevantes

Operación	Capacidad
Taladrado para escuadras hoja	28%
Taladrado para escuadras hoja	28%
Ensamble hoja	87%
Ensamble marco	96%
Corte vidrio	4%

La implementación de las mejoras en la simulación significa un aumento a 82 unidades de producto terminado, a diferencia del modelo original que tuvo 16 unidades. Esto significa la producción de 66 unidades más por jornada laboral, es decir un incremento de aproximadamente 5 veces más.

Debido a los métodos empleados los servidores que tienen más porcentaje de utilización son: Ensamble4PalosHoja con 96% y Ensamble4PalosMarco con 87%. Este hecho es notorio a simple vista de la simulación, debido a que estos puntos específicos son nuestros cuellos de botella,

y por lo tanto casi no hay ningún momento donde no estén trabajando. Mantener alimentado el cuello de botella es fundamental para aprovechar al máximo el tiempo de producción, siempre y cuando este no supere el 100% de su capacidad. Por lo que, el resultado es aceptable y se logra maximizar la cantidad de ventanas producidas.

Además, La decisión de invertir en un taladro moderno para la sección de taladrado para escuadras promete múltiples beneficios para el proceso productivo. Una de las ventajas más notables es la reducción en los tiempos de producción gracias a su eficiencia y velocidad, lo que optimiza el flujo de trabajo y eleva la capacidad productiva. Aunque herramientas de simulación como SIMIO no pueden cuantificar directamente aspectos como la calidad, un taladro reduce el margen de error y garantiza piezas de mayor precisión.

7.3.6.2. Manual para la implementación de 5s

La implementación efectiva de las 5S en una empresa requiere una estructura organizativa clara y eficiente. Esto se logra mediante la formación de un comité compuesto de la siguiente forma:

Representantes clave

- Alta gerencia
- Recursos humanos
- Mantenimiento
- Gerencia de planta (manufactura)
- Seguridad Ocupacional
- Preferencia por gerentes; de lo contrario, personas con autoridad delegada y responsabilidad

Funciones y responsabilidades del comité

El proceso de implementación de las 5S implica varios aspectos clave para su éxito. En primer lugar, una rotación del liderazgo dentro del comité, garantizando que cada miembro tenga la oportunidad de liderar. Este comité, a su vez, se encarga de gestionar integralmente el proceso, desde la implementación hasta la documentación y la evaluación de los resultados obtenidos. Para comenzar, se realiza una ambientación inicial, donde se detallan los deberes y responsabilidades de los miembros del comité. Además, se fomenta activamente la participación de las reuniones para dar seguimiento a la hoja de registro del Cuadro 17. Por último, para la adaptación del proceso a pequeñas empresas, el empresario y un designado pueden asumir las funciones del comité, asegurando que el enfoque sea aplicable y escalable según las necesidades de cada organización.

Cuadro 17. Hoja de registro para el comité de 5s

COMITÉ: 5s Ventanas de Aluminio

PROPÓSITO				FECHA Y HORA / CALENDARIO / FRECUENCIA	
Velar por el cumplimiento de las normas de orden, limpieza, estandarización y seguridad ocupacional del área productiva.				Día y Hora	Viernes a las 18:00
				Frecuencia	Semanal
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS				INDICADORES / IMPULSORES	
Mantener productividad de la mesa de ensamble				Calificación > 95% en auditorías de 5s	
Evitar accidentes				Cumplimiento de auditorías 1 vez por semana	
Mantener la calidad del trabajo				Reunión matutina los lunes para ver resultados	
No	Integrante	Rol (líder, participante, invitado)	Responsable de interconexión a comité:		
1		Alta gerencia			
2		Recursos humanos			
3		Mantenimiento			
4		Gerencia de planta (manufactura)			
5		Encargado de Seguridad Ocupacional			

Inicialización del proyecto

Para iniciar se deben llevar a cabo una serie de acciones preparatorias. En primer lugar, se toman fotografías de las áreas que presentan condiciones anormales, asegurando que el ángulo y la posición sean consistentes para facilitar la comparación visual antes y después de la implementación, se deben registrar las fechas de las fotos. Posteriormente, se colocan en un panel o mural de resultados de las 5S, ubicado en áreas de alto tráfico como el comedor o la cafetería, con espacio adicional para comentarios sobre los resultados obtenidos mediante la implementación de las 5S. Este proceso de documentación visual es crucial para visualizar y comunicar 80laramente el progreso y los logros alcanzados durante el proyecto.

SEIRI (CLASIFICAR)

Para implementar Seiri en la mesa de ensamblaje se identifican las áreas críticas que necesitan mejoras; luego, se elabora un listado de artículos, equipos, herramientas y materiales innecesarios y se procede a eliminarlos. Se establecen criterios para descartar estos elementos y, conforme a estos criterios, se lleva a cabo su eliminación. Los artículos innecesarios desechados se agrupan en un área de almacenamiento temporal en el patio de la empresa, y se toman fotografías de estos elementos para exhibirlos en el panel de resultados.

Como complemento, se aplican tarjetas rojas a las herramientas sobre cuya utilización se tenga duda. El supervisor del área decide a qué elementos se aplicarán estas tarjetas rojas, las cuales son una herramienta de control visual para evidenciar artículos que deben ser descartados o reubicados, mejorando así la organización de las áreas de trabajo. La regla de las 48 horas postula que lo que no se usa en 48 horas en un área de trabajo no pertenece a ella, lo que refuerza la importancia de esta clasificación y depuración de elementos innecesarios.

Figura 34. Parte delantera de tarjeta roja

The front side of the red 5S card is a vertical rectangular form with a rounded top. It features a hole punch at the top center. The text is as follows:

- No. _____
- TARJETA ROJA**
- Fecha ____ / ____ / ____
- Area _____
- Item _____
- Cantidad _____
- ACCION SUGERIDA**
- Agrupar en espacio separado
- Eliminar
- Reubicar
- Reparar
- Reciclar
- Comentario _____
- Fecha p/concluir acción ____ / ____ / ____

Dimensions: 3" wide and 6" high.

Figura 35. Parte trasera de tarjeta roja

The back side of the red 5S card is a vertical rectangular form with a rounded top and a hole punch at the top center. The text is as follows:

- No. _____
- TARJETA ROJA 5'S**
- Información Gen-
- Propuesta por _____ Responsable de área _____
- Area / Depto. _____
- Descripción de artículo _____
- CATEGORIA**
- Máquina/Equipo Material gastable
- Herramienta Materia prima
- Instrumento Trabajo en proceso
- Partes eléctricas Producto terminado
- Partes mecánicas Otros
- OTROS/COMENTARIO _____
- RAZON DE TARJETA**
- Innecesario Defectuoso
- Fuera de especificaciones Otros
- Otros: _____
- ACCION REQUERIDA**
- Eliminar
- Agrupar en espacio separado
- Retornar
- Otros: _____
- Fecha inicio ____ / ____ / ____ Final de la acción ____ / ____ / ____

Dimensions: 3" wide and 6" high.

La tarjeta incluye un número único para identificación, junto con sugerencias de acciones como agrupar, eliminar, reubicar, reparar o reciclar el artículo marcado. Además, proporciona espacio para comentarios adicionales y una fecha estimada para completar la acción sugerida, lo

que facilita un seguimiento efectivo de las tareas pendientes. Asimismo, la tarjeta roja especifica quién propuso la aplicación de la tarjeta y el área o departamento al que pertenece el artículo, brindando transparencia y claridad en cuanto a la responsabilidad y la ubicación del problema identificado.

Además, la tarjeta roja clasifica el artículo marcado según su naturaleza, como máquina/equipo, herramienta, instrumento, partes eléctricas, partes mecánicas, entre otros, lo que permite una mejor organización y comprensión del inventario de la empresa. También detalla la razón por la cual se aplicó la tarjeta roja, como si el artículo es innecesario, defectuoso, está fuera de especificaciones o cualquier otro motivo especificado, lo que ayuda a identificar los problemas y tomar decisiones adecuadas. Por último, la tarjeta indica la acción requerida, como eliminar el artículo, agruparlo en un espacio separado, retornarlo u otras acciones especificadas, junto con fechas estimadas para comenzar y completar la acción, lo que garantiza una gestión eficiente y oportuna de los recursos de la empresa.

SEITON (ORGANIZAR)

Para aplicar Seiton en la mesa de ensamble, primero se debe considerar la frecuencia y secuencia de uso de los documentos, equipos, herramientas y materiales necesarios en el lugar de trabajo. Es crucial organizarlos de manera que los elementos más utilizados estén fácilmente accesibles, siguiendo el principio de las 3 F:

- Fácil de ver
- Fácil accesibilidad
- Fácil de retornar a la ubicación original

Se recomienda utilizar diferentes colores para áreas de piso según la función, señalar el área del piso y colocar herramientas, materiales y equipos necesarios de forma sistemática para

mantener un flujo de trabajo constante y estable. Además, es importante separar las herramientas asignadas de las comunes y ubicar las herramientas necesarias cerca de las máquinas o equipos que las requieran con mayor frecuencia, en lugar de mantenerlas en una localización centralizada. Se debe ejecutar un operativo preliminar de limpieza para eliminar lugares sucios y espacios de los cuales fueron removidos artículos innecesarios, como parte de la organización general del área.

Cuadro 18. Pautas para organizar artículos necesarios

FRECUENCIA DE USO	COLOCAR
Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible
Varias veces al día	Colocar cerca del usuario
Varias veces por semana	Colocar cerca del área de trabajo
Algunas veces al mes	Colocar en áreas comunes
Algunas veces al año	Colocar en almacén o en archivos
No se usa, pero podría usarse Guardar etiquetado en archivo muerto o área para tales fines	

Para complementar la organización, se debe incorporar un sistema de control visual, que consiste en representar estándares mediante elementos físicos, gráficos, numéricos o de color que sean fácilmente visibles. Estos controles visuales permiten tener una visión en tiempo real de las condiciones normales y anormales en el lugar de trabajo, ayudando a evitar errores operacionales y mejorar la eficiencia. Se recomienda utilizar indicadores visuales, rótulos, señalizaciones en los pisos, alertas de peligro, entre otros recursos, para proporcionar una guía clara y precisa sobre el entorno de trabajo. Además, se pueden emplear paneles con siluetas de herramientas y mapas de resultados de 5S para facilitar la ubicación y organización de los elementos necesarios en la mesa de ensamble. Estas medidas contribuyen a crear un ambiente de trabajo ordenado, seguro y eficiente.

SEISO (LIMPIEZA)

Para mantener un entorno de trabajo limpio, ordenado y eficiente en la mesa de ensamble, es fundamental seguir una serie de pasos específicos:

- Decidir qué limpiar.
- Decidir qué método de limpieza utilizar.
- Determinar los equipos y herramientas de limpieza a emplear.
- Hacer un listado detallado de todas las actividades de limpieza, antes de elaborar el programa correspondiente.
- Asignar la limpieza de máquinas y equipos a sus respectivos operarios.
- Designar un encargado o responsable para cada máquina.
- En el caso de equipos de gran tamaño o líneas complejas, dividirlos y asignar responsabilidades por zona a cada trabajador.
- Elaborar un mapa de la mesa de ensamble, delineando las áreas y señalando los responsables de su limpieza y organización.
- Colocar el mapa y el programa de limpieza en un lugar visible.
- Establecer un sistema de turnos para el mantenimiento de las áreas comunes.
- Indicar claramente cómo utilizar los elementos de limpieza, así como la frecuencia y el tiempo medio establecido para estas tareas.
- Incluir inspecciones antes, durante y al final de los turnos de limpieza.
- Combinar la limpieza con la inspección de mantenimiento para eliminar las causas de suciedad y hacer sostenible la limpieza.
- Realizar una labor de limpieza diaria de 5 a 10 minutos como parte del programa Seiso.

- Organizar “El día de la gran limpieza” para reforzar el compromiso de la alta gerencia, involucrar a todos los niveles de la organización, eliminar elementos innecesarios y promover el desarrollo de líderes prácticos. Además, concluir con una actividad de reconocimiento al esfuerzo realizado durante la jornada. Es importante programar al menos dos jornadas de limpieza profunda al año.

SEIKUTSU (ESTANDARIZAR)

El uso de formatos para auditorías es esencial para el éxito y la sostenibilidad del programa de las 5S. Uno de los formatos clave es la Auditoría de 5S, también conocida como patrullas, que implica una evaluación sistemática de las áreas de la empresa que aplican las 5S. Esta auditoría se realiza utilizando un cuestionario de referencia por parte de auditores cualificados que no pertenecen al área auditada. El objetivo es medir el nivel de cumplimiento de las directrices establecidas.

Es importante establecer condiciones y características específicas para las auditorías, como fechas fijas, rutas de inspección y modalidades de auditoría avisadas y sin previo aviso. Las auditorías deben ser una actividad regular y transparente, con la participación de todo el personal en diferentes roles, asegurando así un compromiso generalizado con el proceso de las 5S. Las listas de chequeo proporcionadas a continuación sirven como herramientas flexibles para medir el avance del proceso, con una escala de medición que permite categorizar el desempeño en diferentes niveles, desde excelente hasta insatisfactorio.

Además, es importante destacar que las listas de chequeo se dividen en dos categorías principales para su aplicación efectiva en el proceso de las 5S. Primero se encuentran las listas de chequeo para auditorías, las cuales son aplicadas por auditores externos a las áreas que están siendo evaluadas. Estas auditorías externas garantizan una revisión imparcial y objetiva del cumplimiento de las directrices establecidas. Por otro lado, están las listas de chequeo para seguimiento, que

consisten en auto-evaluaciones realizadas por el personal dentro de sus propias áreas. Estas auto-evaluaciones fomentan la responsabilidad y la participación activa del equipo en el mantenimiento de los estándares de las 5S, lo que contribuye a la mejora continua y al fortalecimiento del compromiso con el proceso.

CHEQUEO PARA AUDITORÍAS – APLICADA POR AUDITORES EXTERNOS A LAS ÁREAS A AUDITAR

Cuadro 19. Lista de chequeo 5S

LISTA DE CHEQUEO 5S (PRODUCCIÓN)		AUDITOR: _____						
		DEPARTAMENTO: _____						
		Calificación (Actual) _____/100	Calificación (Anterior) _____/100	Fecha				
			/	/	/			
5S	No.	ÍTEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN				
				0	1	2	3	4
C L A S I F I C A R (/20)	1	Materiales y partes	Existencias y trabajo en proceso innecesarios.					
	2	Máquinas y equipos	Todas las máquinas y partes de equipos están regularmente en uso					
	3	Herramientas, moldes y plantillas.	Todas las herramientas de ajustes, cortes, moldes, etc., están regularmente en uso.					
	4	Control visual	Todo lo que es innecesario en el área de trabajo, se puede distinguir a simple vista.					
	5	Estándares para descartar artículos	Hay estándares claros para eliminar excesos.					

5S	No.	ÍTEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN				
				0	1	2	3	4
O R G A N I Z A R (/20)	6	Rótulos áreas de almacenamiento	Rótulos que identifican todas las áreas de almacenamiento.					
	7	Rótulos en tramerías, y artículos almacenados	Todas las tramerías, anaqueles y artículos almacenados están claramente rotulados					
	8	Indicadores de cantidad	Hay claras indicaciones de stocks máximos y mínimos.					
	9	Líneas de señalización	Están las áreas señalizadas mediante líneas divisorias blancas en los pisos.					
	10	Instrumentos y herramientas	Instrumentos y herramientas están organizadas, de modo que facilite su localización y retorno.					
L I M P I A R (/20)	11	Pisos	Está el piso limpio y sin basura.					
	12	Máquinas	Se mantienen las máquinas limpias.					
	13	Limpieza y chequeo	Limpieza e inspección de mantenimiento son conceptos distintos.					
	14	Responsabilidad de limpieza	Hay rotación o sistema de turnos para la limpieza.					
	15	Máquinas, equipos, moldes, herramientas	Sin polvo, grasa, ni ningún otro tipo de suciedad.					

5S	No.	ÍTEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN				
				0	1	2	3	4
E S T A N D A R I Z A R (/20)	16	Evidencia de sostenibilidad de 3 primeras S.	Identificar normas y recursos para mantener clasificación, organización y limpieza.					
	17	Evidencia de patrullas o auditorías de 5S.	Ver físicamente secuencia de registros de auditorías realizadas.					
	18	Evidencia de algún tipo de incentivo por avances de 5 S logrados.	Competencias departamentales, premios metálicos y no metálicos, pergaminos (por áreas).					
	19	Evidencias de reuniones de seguimiento para tratar asuntos relativos al avance del proceso 5 S.	Agendas de reuniones realizadas.					
	20	Evidencias de compromiso de alta gerencia y los demás involucrados.	Verificar nivel de involucramiento y compromiso de la alta gerencia y el resto de los colaboradores.					
D I S C I P L I N A R (/20)	21	Regulaciones y normas	Todas las regulaciones y normas son estrictamente observadas.					
	22	Interacción entre compañeros.	¿Hay una atmósfera laboral agradable?, ¿Se tratan las personas con respeto y cortesía?					
	23	Horarios de comidas, reuniones, eventos, etc.	¿Hacen todos esfuerzo por ser puntuales?					
	25	Comer, beber, fumar	En áreas no destinadas a tales fines.					

Cuadro 20. Resultados de auditorías

CALIFICACIÓN												
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Cuadro 21. Escala de medición

ESCALA DE MEDICIÓN		
A	91-100	Excelente
B	71-90	Muy bueno
C	51-70	Promedio
D	31-50	Por debajo del promedio
E	0-30	Insatisfactorio

AUTOEVALUACION APLICADA POR PERSONAL DE LAS ÁREAS
Cuadro 22. LISTA DE CHEQUEO 5S: CONTROL VISUAL

LISTA DE CHEQUEO 5S: CONTROL VISUAL		AUDITOR:		
		DEPARTAMENTO:		
		FECHA:		
No.	PUNTOS DE CHEQUEO	SÍ	NO	ACCIÓN CORRECTIVA (Incluir fecha límite)
1	¿Están en operación las (3) claves de la organización en almacén de productos terminados?			
2	¿Están en operación las (3) claves para repuestos y materiales?			
3	¿Se pueden distinguir a simple vista artículos innecesarios en la fábrica?			
4	¿Están efectivamente demarcadas las áreas en los pisos de la fábrica?			
5	¿Son correctos los colores de las líneas de los pisos?			
6	¿Están en operación las (3) claves de la organización para plantillas y herramientas?			
7	¿Está limpio el piso del área de trabajo?			
8	¿Están las máquinas limpias?			
9	¿Actúan las personas con apego a las reglas?			

Cuadro 23. LISTA DE CHEQUEO 5S: LIMPIEZA

LISTA DE CHEQUEO 5S: LIMPIEZA			AUDITOR:		
			DEPARTAMENTO:		
			FECHA :		
ITEM	No.	PUNTOS DE CHEQUEO	SÍ	NO	ACCIÓN CORRECTIVA (Incluir fecha límite)
EXISTENCIAS	1	¿Ha sido removido el polvo y el sucio de partes y materiales?			
	2	¿El oxido que aparece después de los procesos de corte o pulido, ha sido removido?			
	3	¿Ha sido removido todo el sucio de los residuos?			
	4	¿Ha sido removido el sucio de las áreas de trabajo en proceso?			
	5	¿Ha sido removido el sucio de las plataformas de transferencia (pallets), para materia prima, producto en proceso o terminado?			
EQUIPOS	6	¿Polvo y aceite ha sido removido de máquinas, equipos y sus alrededores?			
	7	¿Ha sido removido de las máquinas y sus alrededores, equipos y paneles de controles todo sucio, aceite y huellas de sucio?			
	8	¿Son desarmados los equipos de protección personal para eliminar suciedad interna de los mismos?			
	9	¿Ha sido removido todo el polvo, sucio grasoso, etc. De los interruptores?			

Cuadro 24. LISTA DE CHEQUEO 5S: ORGANIZACIÓN

LISTA DE CHEQUEO 5S: ORGANIZACIÓN		AUDITOR:			
		DEPARTAMENTO:			
		PROCESO:			
		FECHA:			
ITEM	No.	PUNTOS DE CHEQUEO	SÍ	NO	ACCIÓN CORRECTIVA (Incluir fecha límite)
EXISTENCIAS	1	¿Hay signos de las (3) claves de la organización en las áreas de almacenamiento?			
	2	¿Se pueden ver indicadores de cantidad a simple vista?			
	4	¿Se usa almacenamiento tridimensional para mejor uso del espacio?			
	6	¿Están las áreas libres de artículos almacenados directamente sobre el piso?			
	7	¿Hay un lugar designado para almacenar artículos defectuosos?			
	8	¿Tiene rótulo de identificación el área para artículos defectuosos?			
	9	¿Se pueden ver los artículos defectuosos a simple vista?			
	10	¿Hay área para almacenamiento de herramientas?			
HERRAMIENTAS	11	¿Hay evidencias visibles de la aplicación de las 3 claves de la organización en todas las áreas de almacenamiento?			
	12	¿Están las herramientas de uso frecuente cerca del lugar de uso?			
	13	¿Se pueden identificar fácilmente artículos almacenados en lugares equivocados?			

SHITSUKE (DISCIPLINA)

Principios de disciplina (Shitsuke)

Los estándares y normas constituyen la base de sustentación de la disciplina. Se debe fomentar la autodisciplina, es decir, el hábito de operar con apego a procedimientos estándares y controles previamente establecidos. Con ayuda del control visual se puede mejorar la disciplina y el trabajo en equipo. Procurar que las buenas prácticas de 5 S se conviertan en rutinas o actos reflejos.

¿Cómo promover la autodisciplina?

- Coloque papeles, desperdicios, chatarras, etc., en lugares destinados para tales fines.
- Coloque siempre en el lugar de origen, los materiales, herramientas y equipos, después de usarlos.
- Después de realizar alguna actividad, deje limpias las áreas de uso común.
- Establezca las bases para que cada colaborador cumpla con las normas de su área.
- Respete las normas en otras áreas.
- Considere en reuniones breves, casos de incumplimiento de normas y acuerdos, aun cuando el infractor no pertenezca al área

7.3.7. Matriz de riesgo

Se realizó una evaluación de riesgos que abarcó varios aspectos relevantes para la seguridad y el bienestar en el entorno laboral. A continuación, se presenta la matriz de riesgos derivada de esta evaluación que ayuda a las organizaciones a evaluar y priorizar los riesgos, en función de la probabilidad de que ocurra un incidente y la gravedad de sus consecuencias.

Figura 36. Matriz de riesgos de seguridad industrial

	Consecuencias catastróficas (5)		Consecuencias graves (4)		Consecuencias moderadas (3)		Consecuencias menores (2)		Consecuencias insignificantes (1)	
Probabilidad casi cierta (A)	Alto (A5)	Riesgo	Alto (A4)	Riesgo	Medio (A3)	Riesgo	Bajo (A2)	Riesgo	Bajo (A1)	Riesgo
Probabilidad probable (B)	Alto (B5)	Riesgo	Alto (B4)	Riesgo	Medio (B3)	Riesgo	Bajo (B2)	Riesgo	Bajo (B1)	Riesgo
Probabilidad posible €	Alto (C5)	Riesgo	Medio (C4)	Riesgo	Medio (C3)	Riesgo	Bajo (C2)	Riesgo	Bajo (C1)	Riesgo
Probabilidad improbable (D)	Medio (D5)	Riesgo	Bajo (D4)	Riesgo	Bajo (D3)	Riesgo	Bajo (D2)	Riesgo	Bajo (D1)	Riesgo
Probabilidad rara €	Bajo (E5)	Riesgo	Bajo (E4)	Riesgo	Bajo (E3)	Riesgo	Bajo (E2)	Riesgo	Bajo (E1)	Riesgo

Definiciones:

- **Consecuencias catastróficas (5):** Muertes, pérdida total del equipo o instalaciones, impacto financiero extremo.
- **Consecuencias graves (4):** Lesiones graves, daños significativos al equipo, impacto financiero alto.
- **Consecuencias moderadas (3):** Lesiones moderadas que requieren tratamiento médico, daños menores al equipo, impacto financiero moderado.

- **Consecuencias menores (2):** Lesiones leves, daños mínimos al equipo, impacto financiero bajo.
- **Consecuencias insignificantes (1):** Sin lesiones, sin daños, sin impacto financiero.
- **Probabilidad casi cierta (A):** Se espera que el riesgo ocurra en la mayoría de las circunstancias.
- **Probabilidad probable (B):** Es probable que el riesgo ocurra en muchas circunstancias.
- **Probabilidad posible €:** Es posible que el riesgo ocurra en algunas circunstancias.
- **Probabilidad improbable (D):** Es improbable que el riesgo ocurra, pero aún es posible.
- **Probabilidad rara €:** El riesgo solo ocurriría en circunstancias excepcionales.

Consecuencias:

Riesgo: Iluminación

- **Alta probabilidad y alto impacto:**
 - Deslumbramiento por fuente de luz intensa.
 - Fatiga visual por insuficiente iluminación.
 - Desorientación temporal debido a cambios drásticos de luminosidad.
 - Accidentes por sombras proyectadas en áreas de circulación.
- **Alta probabilidad y bajo Impacto:**
 - Distorsión de la percepción del color.
 - Desconfort visual por reflejos en superficies brillantes.
 - Dificultad para realizar tareas detalladas.
- **Baja probabilidad y alto impacto:**
 - Lesiones oculares por exposición directa a fuentes de luz muy intensas.

- Daño permanente a la retina por iluminación inadecuada a largo plazo.
- **Baja probabilidad y bajo impacto:**
 - Desagrado o preferencias personales hacia ciertos tipos de iluminación.
 - Momentáneos episodios de deslumbramiento al mirar directamente a una fuente luminosa.

Riesgo: Ruido

- **Alta probabilidad y alto impacto:**
 - Pérdida auditiva temporal o permanente.
 - Estrés crónico debido a la exposición constante a niveles elevados de ruido.
 - Dificultad en la comunicación, lo que puede llevar a errores en el trabajo.
 - Interferencia con alarmas o señales acústicas de seguridad.
- **Alta probabilidad y bajo impacto:**
 - Molestias constantes.
 - Distracciones momentáneas.
 - Fatiga debido al esfuerzo de escucha.
- **Baja probabilidad y alto impacto:**
 - Trauma acústico debido a un evento sonoro extremadamente intenso.
 - Afecciones médicas graves derivadas de una prolongada exposición al ruido.
- **Baja probabilidad y bajo impacto:**
 - Menor satisfacción laboral.
 - Ligeros dolores de cabeza.
 - Desconfort temporal.

Riesgo: Paredes y piso

- **Alta probabilidad y alto impacto:**
 - Resbalones o caídas debido a superficies de pisos inadecuadas o mal iluminadas.
 - Colisiones o accidentes debido a la falta de visibilidad de las paredes.
- **Alta probabilidad y bajo impacto:**
 - Desgaste irregular del piso debido a iluminación inadecuada.
 - Desconfort visual debido a reflejos o sombras en las paredes.
- **Baja probabilidad y alto impacto:**
 - Accidentes graves debido a fallos estructurales en paredes o pisos no detectados por iluminación deficiente.
- **Baja probabilidad y bajo impacto:**
 - Menor estética o appeal visual del espacio debido a la interacción entre las paredes, el piso y la iluminación.

Riesgo: Fuego

Alta probabilidad y alto impacto:

- Incendio debido a sobrecargas eléctricas en instalaciones con materiales inflamables.
- Explosiones en áreas con gases o vapores inflamables.
- Lesiones graves o muertes debido a la incapacidad de evacuar a tiempo.
- **Alta probabilidad y bajo impacto:**
 - Daños menores en equipos debido a pequeños focos de fuego controlados rápidamente.
 - Interrupciones momentáneas en las operaciones debido a falsas alarmas de incendio.

- **Baja probabilidad y alto impacto:**
 - Destrucción total de la instalación debido a un incendio en un área crítica.
 - Pérdida significativa de activos y tiempo de inactividad prolongado para recuperarse del incidente.
- **Baja probabilidad y bajo impacto:**
 - Daños mínimos o nulos por pequeños fuegos que son extinguidos inmediatamente.
 - Costos menores asociados con la reposición de extintores utilizados en pequeños incidentes.

Riesgo: Ergonomía

- **Alta probabilidad y alto impacto:**
 - Lesiones musculoesqueléticas crónicas debido a posturas inadecuadas mantenidas a lo largo del tiempo.
 - Incapacidad de largo plazo de un trabajador debido a condiciones ergonómicas inadecuadas.
 - Reducción significativa en la productividad debido a lesiones o malestar generalizado en el equipo de trabajo.
- **Alta probabilidad y bajo impacto:**
 - Fatiga o molestias momentáneas por mobiliario inadecuado.
 - Necesidad de ajustes frecuentes en el entorno de trabajo para adaptarse a las necesidades del personal.
- **Baja probabilidad y alto impacto:**

- Incapacidad permanente de un trabajador debido a un incidente relacionado con la ergonomía, como levantar un objeto pesado sin la técnica adecuada.
- Costos legales y compensaciones significativas debido a negligencia en consideraciones ergonómicas.
- **Baja probabilidad y bajo impacto:**
 - Quejas menores sobre el mobiliario o equipos que no cumplen con las preferencias personales pero que no causan lesiones.
 - Ajustes menores en el diseño del espacio de trabajo para mejorar la comodidad.

7.3.8. Propuesta de implementación de medidas preventivas mediante capacitaciones

El objetivo principal de esta propuesta es fortalecer la prevención de riesgos laborales mediante la implementación de capacitaciones centradas en los riesgos identificados dentro de la planta. La capacitación continua es esencial para garantizar que los trabajadores estén equipados con el conocimiento y las habilidades necesarias para llevar a cabo sus tareas de manera segura y eficiente.

7.3.8.1. Lluvia de ideas para capacitaciones relevantes

Manejo seguro de maquinaria: Focalizado en la operación correcta y segura de las máquinas.

Uso y Cuidado del Equipamiento de Protección Personal (EPP): Importancia, correcto uso y mantenimiento del EPP.

Prevención de incendios: Identificación de fuentes de ignición, uso adecuado de extintores y sistemas de supresión.

Ergonomía en el trabajo: Posturas correctas, rotación de tareas y ejercicios de estiramiento.

Manejo de sustancias químicas: Interpretación de hojas de datos de seguridad, almacenamiento y disposición de químicos.

Primeros auxilios básicos: Acciones iniciales en caso de accidentes y lesiones.

Protocolos de evacuación: Cómo actuar y dónde dirigirse en caso de emergencias.

Higiene en el lugar de trabajo: Prevención de enfermedades y buenas prácticas de higiene personal.

Comunicación en situaciones de riesgo: Cómo alertar y comunicarse efectivamente en escenarios de peligro.

7.3.8.2. Preparación de materiales

Diapositivas interactivas: Las presentaciones deben ser visuales y fáciles de entender.

Videos demostrativos: Para ejemplificar prácticas correctas e incorrectas.

Folletos y guías impresas: Para que los trabajadores tengan materiales de referencia rápida.

Kits de demostración: Muestras de EPP, extintores, entre otros, para prácticas en vivo.

7.3.8.3. Perfil del instructor

El perfil ideal del instructor combina una experiencia sólida en seguridad y salud ocupacional con una formación formal en seguridad industrial. Además, debe poseer un conocimiento profundo de la industria y sus riesgos, junto con habilidades de comunicación dinámica y efectiva. Es esencial que el instructor tenga la capacidad de responder adecuadamente a preguntas y gestionar dinámicas de grupo con facilidad.

7.3.8.4. Puntos por abordar en capacitaciones

- **Introducción a la seguridad y salud ocupacional:** Importancia y beneficios de la prevención.
- **Identificación de riesgos:** Cómo reconocer situaciones o acciones riesgosas.

- **Manejo y uso correcto de herramientas y maquinaria:** Pasos y protocolos a seguir.
- **Actuación en caso de emergencia:** Qué hacer y qué no hacer en escenarios específicos.
- **Mantenimiento del lugar de trabajo:** Responsabilidades compartidas para mantener un entorno seguro.
- **Feedback y comunicación:** Importancia de reportar incidentes y cómo hacerlo.
- **Actualizaciones regulatorias:** Mantenerse al día con las normativas y reglamentos en seguridad laboral.
- **Evaluación del aprendizaje:** Pruebas y ejercicios prácticos para asegurar la comprensión.

7.4. Análisis técnico

Técnicamente, introducir un sistema de priorización implica no sólo una reevaluación del proceso de trabajo, sino también potencialmente una reconfiguración de la gestión actual. Puede ser necesario implementar un software de gestión de proyectos que permita esta funcionalidad. En cuanto a la infraestructura de formación, se puede usar el salón de reuniones de la planta para capacitar a los usuarios. El equipo físico del área de administración puede necesitar actualizaciones o inversiones en licencias para ser utilizadas para presentar los temas.

Optimizar el diseño de la planta es un desafío técnico, pero con las herramientas de software especializadas para simular flujos de trabajo como SIMIO se puede evaluar el escenario para determinar la disposición óptima. En el caso de aplicarlo a la planta, esta reconfiguración física no requiere de muchos cambios físicos y se centra más en delimitar secciones específicas de trabajo para llevar un mejor control de la producción.

Implementar el método 5s es técnicamente desafiante ya que requiere un cambio cultural dentro de la organización. Esto no sólo implica la formación, sino también la implementación y

supervisión regulares para garantizar que los principios 5s se mantengan, es por eso que la implementación debe de ser gradual.

La adopción nueva maquinaria avanzada, conlleva retos técnicos significativos. Cada nueva máquina requerirá operadores formados para maximizar su eficiencia. Además, el mantenimiento y la resolución de problemas serán más complejos, necesitando personal técnico más especializado. La calibración regular y el mantenimiento de estas herramientas es esencial, al igual que la formación continua de los operadores.

7.5. Análisis social

Si se optimiza la producción se podría mejorar la calidad de las ventanas, se podrá tener un menor tiempo de preparación y entrega. Se reducirán las devoluciones ya que estas serán de calidad y la demanda podría aumentar. Los trabajadores se beneficiarán de la correcta planeación, tomarán en cuenta la mejora continua para obtener una optimización y lograr reconocimientos.

7.6. Análisis legal

En todas las alternativas se debe de cumplir con las leyes de trabajo y con los reglamentos indicados por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Se debe tomar en cuenta una revisión cada cierto tiempo para implementar y cumplir con lo que se impone en la ley. Además, es importante la seguridad industrial, de higiene y medioambiental que se lleve a cabo en la empresa. Implementar regulaciones de recursos humanos.

7.7. Evaluación ecológica

Para todos los cambios propuestos se debe tomar en cuenta la cantidad de recursos utilizados y que el método de desecho sea el indicado. Verificar cómo afectan los recursos utilizados a los recursos naturales. Además, se debe tomar en cuenta el uso de energía de la planta y el impacto que esta tiene en el medio ambiente.

7.8. Evaluación ética

La implementación de las diferentes alternativas desde un punto de vista ético debe evaluarse en las diferentes áreas:

1. **Principios y valores:** Cambios que promuevan el bien común, la integridad, la justicia, la eficacia, la calidad, el respeto, la defensa y la igualdad. Se debe asegurar que la implementación del mantenimiento productivo total TPM tenga en cuenta la satisfacción y motivación en el trabajo de igual forma que el objetivo de aumentar la producción.
2. **Códigos de ética empresarial:** Se deben cumplir con los códigos de ética empresarial, en particular los que se refieren a la responsabilidad social. Debe considerar cómo afecta la optimización del menú a los diferentes grupos de interés, como accionistas, directivos, empleados, proveedores, clientes y comunidad.
3. **Ética individual:** Las alternativas también deben tomar en cuenta el aspecto individual de cada persona involucrada en el proceso, incluyendo a los encargados de inventarios y al personal que estará involucrado en la implementación de los cambios. Es importante que todos entiendan la importancia de la ética en la toma de decisiones.
4. **Responsabilidad social:** La fábrica debe tener responsabilidad social y evaluar cómo afecta a la comunidad. Debe considerar si los cambios propuestos pueden tener un impacto negativo en la salud o el medio ambiente, en este caso los impactos son positivos de ser ejecutada de forma correcta.
5. **Contrato moral:** El contrato moral se refiere al compromiso con los clientes y se debe verificar que los cambios propuestos no engañen o perjudiquen a los clientes de ninguna manera.

7.9. Ejecución de proyecto

7.9.1. Reuniones de seguimiento y definir frecuencia de estas

A lo largo de la implementación de los métodos se deben realizar reuniones cada cierto tiempo para dar un seguimiento a los avances del proyecto. La frecuencia de las reuniones se estableció debido a la complejidad del proceso, en este caso se establecerá una reunión cada semana para monitorear el avance y el cumplimiento de actividades según las fechas establecidas.

7.9.2. Cumplimiento o no del cronograma establecido

Se espera el cumplimiento del cronograma para implementar los métodos en el tiempo establecido y asegurar de que este sea óptimo y eficiente. En caso de que no se esté cumpliendo con el cronograma se deben proponer alternativas para modificar las fechas o implementar las medidas necesarias para poder cumplir con los objetivos establecidos.

7.9.3. En caso de no cumplir el cronograma

En el cronograma se han establecido las fechas en las que se deben ejecutar cada una de las actividades, si estas no se cumplen se debe establecer un plan y dar un plazo para poder cumplir lo antes posible para no atrasar el proyecto. Se deben realizar reuniones para definir las consecuencias debido a las demoras y cómo optimizar y hacer más efectiva la implementación de los métodos.

7.9.4. Establecer los objetivos de cada reunión

Se establecen los objetivos para la correcta ejecución de la implementación de los métodos. Las metas y objetivos se plantean según la complejidad y el tiempo del proyecto. Se establece para poder llevar un control y monitoreo adecuado. Estos se establecen para evitar las demoras y evitar que el proceso sea más largo. Se debe llevar un monitoreo adecuado del programa o implementar

las modificaciones necesarias. Se debe tomar en cuenta el costo del proyecto y como este se relaciona con la ejecución, monitoreo y control.

8. Impacto financiero de la implementación: Uso de TIR y VPN

Para una implementación efectiva del plan propuesto es importante analizar la inversión y gastos que incurre cada una de los entregables, con el fin de poder medir la rentabilidad del proyecto. Se hace la aclaración que debido a las limitaciones mencionadas previamente sobre el acceso restringido a información contable que permite determinar los costos de la situación actual, a continuación, el análisis se centra en los costos y beneficios marginales derivados del presente proyecto para aumentar la productividad.

Cuadro 25. Requerimiento de inversión inicial para la implementación del plan propuesto

Inversión inicial	Unidades	Precio unitario	Costo
Taladro	1	Q 32,100	Q 32,100
Equipo de cómputo	3	Q 8,849	Q 26,547
Costos de producción (6 meses por curva de aprendizaje)	N/A	N/A	Q1,451,516
Total	4	Q 40,949	Q 1,529,363

El costo asociado a la curva de aprendizaje del Cuadro 25 se fundamenta en la necesidad de asegurar una transición efectiva durante la implementación del plan propuesto. Esta transición implica la introducción de nuevas prácticas y metodologías, lo cual puede generar desafíos operativos y requerir un período de adaptación por parte de los operarios. Es esencial garantizar la estabilidad del proyecto durante este proceso crítico, razón por la cual se asigna un costo adicional para cubrir los gastos de producción durante este período de ajuste inicial. Esta inversión inicial también incluye la adquisición de equipos y consumibles necesarios para mejorar las condiciones laborales y promover un ambiente de trabajo seguro. Estas inversiones no solo contribuyen a aumentar la productividad y la satisfacción de los empleados, sino que también facilitan un incremento significativo en la capacidad de producción y, en la rentabilidad del proyecto. Por lo tanto, el costo de la curva de aprendizaje se justifica como una inversión que garantiza el éxito a

largo plazo del plan propuesto, por lo que se considera únicamente durante los primeros seis meses del proyecto, durante los cuales se carga mensualmente los consumibles esenciales para la seguridad y el funcionamiento eficiente del proceso. Estos consumibles están detallados en el Cuadro 26. Incluyen elementos como lentes de seguridad, orejeras antirruído, cinta antideslizante, señalización de salida de emergencia, entre otros, cuyo suministro continuo durante este período crítico garantiza un entorno laboral seguro y contribuye a la adaptación efectiva de los operarios a las nuevas prácticas y metodologías.

El éxito de este proyecto depende más de una buena gestión del proceso y metodologías de trabajo, por lo que, la mayor parte de la inversión es en dotar de equipo de cómputo a las plazas nuevas contratadas. Además, la operación más débil es el mecanizado para los agujeros de las escuadras y por eso se requiere de la compra de un taladro (cotización en Anexos).

Cuadro 26. Descripción del gasto mensual de consumibles *con base en* la vida útil estimada requerido para la implementación del plan propuesto

Descripción	Vida útil Estimada (Meses)	Unidades	Costo unitario	Costo Total	Costo Total Mensual
Lentes de seguridad ligeros gris	1	18	Q 25.99	Q 467.82	Q 467.82
Orejeras antirruído	1	18	Q64.99	Q 1,169.82	Q 1,169.82
Cinta antideslizante amarilla 3M de 18 metros	3	5	Q 19.99	Q 99.95	Q 33.32
Semáforo para área de ensamble	12	1	Q 245.00	Q 245.00	Q 20.42

Descripción	Vida útil Estimada (Meses)	Unidades	Costo unitario	Costo total	Costo total mensual
Señalización de salida de emergencia LED	12	1	Q 249.99	Q 249.99	Q 20.83
Piso de hule antifatiga	12	18	Q 229.99	Q 4,139.82	Q 344.99
Pizarra Acrílica Con Marco Madera para control de KPI	12	2	Q 300.00	Q 600.00	Q 50.00
Señalización y marcado de pisos Cintas 3M	12	100	Q 15.00	Q 1,500.00	Q 125.00
Total				Q 8,472.40	Q 2,232.19

El Cuadro 26 detalla los consumibles que serán necesarios para el plan propuesto para cumplir con la implementación de metodologías Lean Six Sigma y el cuidado de la seguridad ocupacional, generando un incremento en los costos indirectos de fabricación. Se considera el porcentaje del costo total reflejado mensualmente en base a la vida útil de cada consumible.

Cuadro 27. Cobertura de demanda

Cobertura de demanda			
Periodo: Mensual		Plan propuesto	Situación actual
Demanda identificada de ventanas (unidades)		1,215	1,215
Capacidad de producción diaria de ventanas (unidades)		82	16
Días laborables al mes		21	21
Capacidad máxima de producción mensual de ventanas (unidades)		1,757	343
Potencial de cobertura de demanda (razón)		1.4	0.3

En el Cuadro 27 se destaca la capacidad máxima de producción mensual de ventanas en ambos casos, calculada multiplicando la capacidad diaria por el número de días laborables al mes. Se observa que el plan propuesto muestra una capacidad significativamente mayor en comparación con la situación actual, lo que sugiere una mejora en los procesos o recursos. Además, se evalúa el potencial de cobertura de la demanda, indicando cuántas veces la capacidad de producción puede cubrir la demanda identificada. En este análisis, se evidencia que el plan propuesto puede cumplir 1.4 veces la demanda, mientras que la situación actual solo puede cubrir el 30% de ella. Sin embargo, para el análisis marginal del plan propuesto se proyectan los ingresos solamente de la demanda estimada, es decir sobre las 1,215 unidades.

Cuadro 28. Análisis marginal del plan propuesto

Análisis marginal del estado de resultados			
Periodo: Mensual			
Rubro	Plan propuesto	Situación actual	Cambios en el F.E. por la propuesta
Ingresos			
Demanda identificada de ventanas (unidades)	1,215	1,215	
Metros cuadrados por ventana estándar	1.8	1.8	
Producción real para la demanda identificada	2,187	617	
Estimada en Metros Cuadrados			
Precio del metro cuadrado sin IVA	1,200	1,200	
Flujo de efectivo por ingresos mensuales sobre la demanda identificada	Q 2,624,400	Q 740,571	Q1,883,829
Costo de producción			
Materia Prima			
Materia Prima (Estimado sabiendo que el margen bruto es 35%)	Q 1,705,860	Q 481,371	
Flujo de efectivo por compras de materia prima	Q1,705,860	Q 481,371	Q1,224,489
Mano de obra			
Operarios Corte (3)	Q 10,249		
Operarios ensamble aluminio (6)	Q 20,498		
Flujo de efectivo por mano de obra (salarios)	Q 30,747	Q -	Q 30,747

Rubro	Plan propuesto	Situación actual	Cambios en el F.E. por la propuesta
Costo indirecto de fabricación			
Incentivos de fabricación a MOD por m ²	Q 56,931		
Depreciación del taladro (3 años)	Q 533		
Lentes de seguridad ligeros gris	Q 468		
Orejeras antiruido	Q1,170		
Cinta antideslizante amarilla 3M de 18 metros	Q 33		
Semáforo para área de ensamble	Q 20	N/A	
Señalización de salida de emergencia LED	Q 21		
Piso de hule antifatiga	Q 345		
Pizarra acrílica con marco madera para control de KPI	Q 50		
Señalización y marcado de pisos cintas 3M	Q 125		
Flujo de efectivo por costos indirecto de fabricación total	Q 59,696.95	Q -	Q 59,697
Costo de producción total	Q 1,796,304	Q 481,371	Q1,314,933
Margen bruto	Q 828,096	Q 259,200	Q 568,896
Margen bruto %	31.6%	35.0%	-3.45%
Gastos administrativos			
Plaza Ingeniero Industrial	Q 17,160	N/A	Q 17,160
Plaza de jefe de producción	Q 8,580		Q 8,580
Plaza supervisor de sección de corte	Q 6,435		Q 6,435
Plaza supervisor de sección de ensamble	Q 6,435		Q 6,435
Plaza coordinador de Recursos Humanos	Q 14,300		Q 14,300
Plaza especialista en Seguridad Ocupacional	Q 14,300		Q 14,300
Depreciación de equipo de cómputo	Q 737		Q 737
Gasto administrativo total	Q 67,947	Q -	Q 67,947
Gastos de venta comercialización			
Promoción de ventas y publicidad (5% sobre ventas)	Q131,220	N/A	Q 131,220
Gastos distribución			
Distribución (1% sobre ventas)	Q 26,244	Q 7,406	Q 18,838
Gasto operativo total	Q 225,411	Q7,406	Q 218,006
Potencial de utilidad operativa mensual	Q 602,684	Q251,794	Q 350,890
Potencial de utilidad operativa anual			Q4,210,679

En el Cuadro 28 detalla el análisis de incremento marginal del efectivo que se espera lograr con el nuevo modelo propuesto. Más que un proyecto de alta inversión en maquinarias, equipos e instalaciones. El anterior es un proyecto para mejorar un modelo de gestión, pasando de un proceso gestionado de manera artesanal a un proceso con técnicas, y metodologías de ingeniería industrial que permita incrementar la capacidad de producción del taller.

El análisis de ingresos presentado en el Cuadro 28 detalla los datos clave relacionados con la capacidad de producción y la demanda proyectada de ventanas. Se muestran dos escenarios: el plan propuesto y la situación actual. Sin embargo, los ingresos estimados, aunque reduce un -3.45% el margen bruto, al desarrollar mayor capacidad de producción (4.13 veces más) se crea una oportunidad para generar un incremento significativo de utilidad operativa Q 568,896 a diferencia de la capacidad productiva actual que genera un margen bruto de Q.259,200, cuando les surgen pedidos de ventanas de aluminio.

La implementación de nuevos métodos en cualquier proceso productivo conlleva un período de adaptación, particularmente para las nuevas plazas de operarios que deben familiarizarse con nuevas prácticas y métodos. Durante este tiempo, es probable enfrentar desafíos operativos y resistencia al cambio, lo cual puede impactar la eficiencia inicial. Además, el proceso de mejora continua de evaluación, ajuste y retroalimentación es esencial para garantizar la eficacia de los cambios. Considerando estos factores dentro de la inversión inicial se toman en cuenta los costos de producción de un mes, para tomar en cuenta una transición suave y asegurando la estabilidad del proyecto durante este período crítico de cambio y adaptación.

Esta oportunidad de generar más ingresos se da por tener mayor capacidad de atender la demanda identificada de ventanas que existe a nivel urbano en Guatemala. Todo esto se logra generando mejor satisfacción con los empleados al dar condiciones seguras y dándoles la

oportunidad de duplicar sus ingresos por el programa de incentivos propuesto. La productividad de la mano de obra se incrementa porque se considera el pago de Q.1 por metro cuadrado extra como incentivo para los operarios, logrando el aumento de motivación y apoyándolos al duplicar sus ingresos. Además, para formalizar la línea de producción de ventanas de aluminio es importante considerar plazas extras para tener operarios enfocados en las operaciones que aporten

Cuadro 29. Tasa de interés activa (BANGUAT)

TASA DE INTERÉS ACTIVA ^{1/}			
EN MONEDA NACIONAL			
AÑOS: 2021 - 2023			
Mes/Año	2021	2022	2023
Enero	12.34%	11.92%	11.89%
Febrero	12.32%	11.92%	11.94%
Marzo	12.32%	11.95%	11.93%
Abril	12.28%	11.93%	11.93%
Mayo	12.25%	11.94%	11.98%
Junio	12.24%	11.98%	11.98%
Julio	12.14%	11.98%	11.98%
Agosto	12.14%	12.02%	11.96%
Septiembre	12.16%	11.94%	11.95%
Octubre	12.13%	11.84%	
Noviembre	12.02%	11.83%	
Diciembre	11.92%	11.83%	

La tasa con la cual se evalúa la viabilidad financiera del proyecto es la tasa activa vigente en el mes de septiembre 2023 publicada por el Banco de Guatemala, ya que la premisa es que la empresa recurrirá a un préstamo en sistema bancario para echar a andar el proyecto sin alterar los flujos normales de la empresa. En el Cuadro 28 se observa que este valor es de 11.95%.

Cuadro 30. Análisis del valor presente neto y TIR

Periodo	0	1	2	3
Inversión	(Q 1,529,363)			
Impacto Inicial en Ventas (50%)		(Q2,105,340)		
Utilidad Operativa		Q 4,210,679	Q 4,210,679	Q 4,210,679
Flujo neto	(Q 1,529,363)	Q2,105,340	Q 4,210,679	Q 4,210,679
VPN	Q5,995,593		VPN > 0	
TIR	174%		TIR es mayor a la tasa activa promedio	
Tasa activa promedio (moneda nacional)	11.95 %			

En el Cuadro 29 se observa el periodo para evaluar el proyecto es de 3 años, ya que es la vida útil estimada de los equipos requeridos para la inversión inicial. El total de la inversión requerida para la implementación del plan propuesto asciende a Q 1,529,363 y genera flujos anuales netos de Q 4,210,679 a excepción del primer año. Al considerar la transición suave mencionada previamente, es posible que las ventas no sean el 100% de lo proyectado, bajo esta premisa se proyecta para el primer año las ventas del 50% de la meta proyectada, es decir Q 2,105,340. Bajo estos supuestos y el análisis del flujo de efectivo se confirma que el proyecto es financieramente muy rentable, confirmado por una TIR > Tasa Activa y la VPN > 0.

9. Conclusiones

La evaluación exhaustiva del estado productivo actual de la empresa revela una serie de desafíos que han obstaculizado su crecimiento y eficiencia operativa a lo largo del tiempo. La falta de una estrategia y planificación definidas ha resultado en una producción desorganizada y un bajo rendimiento en los indicadores clave de rendimiento (KPIs), especialmente evidente en el área de ensamble. Esta situación se ve agravada por factores externos, como un entorno político complejo y regulaciones ambientales estrictas, que han creado un entorno operativo aún más desafiante.

Sin embargo, ante estos desafíos, se ha identificado una oportunidad significativa para impulsar mejoras sustanciales dentro de la empresa. A través de un análisis meticuloso y la identificación de áreas de mejora clave, se ha diseñado una alternativa que busca optimizar la producción en diferentes niveles, abordando tanto las necesidades a corto plazo como las estrategias a largo plazo para el crecimiento sostenible.

Esta alternativa se centra en varios aspectos fundamentales. En primer lugar, se han propuesto inversiones estratégicas en maquinaria y tecnología, como la adquisición de un nuevo taladro industrial, que no solo acelerarán la producción, sino que también mejorarán la precisión y la calidad del producto final. Además, se han diseñado programas de incentivos destinados a aumentar la motivación y el compromiso del personal, así como técnicas avanzadas de gestión de producción para optimizar los procesos operativos.

La implementación de este plan propuesto representa mucho más que simplemente mejorar la eficiencia operativa. Además de aumentar la productividad y reducir los tiempos muertos, se espera que este enfoque también mejore significativamente las condiciones laborales y la organización general de la producción dentro de la empresa. Esto no solo beneficiará a los empleados directamente involucrados, sino que también contribuirá a la creación de una cultura organizacional más sólida y orientada a resultados.

Es crucial destacar que la propuesta del "Plan de Implementación de Mejoras Operativas con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional" se basa en principios fundamentales de Lean Six Sigma, incluidos el uso de KPIs, 5S y otras herramientas de mejora continua. Estos enfoques, combinados con la implementación de medidas preventivas y la evaluación y gestión de riesgos, sentarán las bases para una cultura organizacional más sólida y orientada a la excelencia operativa.

Desde una perspectiva financiera, el análisis de los datos operativos y financieros respalda firmemente la viabilidad y el potencial de retorno de esta inversión. Con una Tasa Interna de Retorno (TIR) que supera ampliamente la tasa activa promedio y un Valor Presente Neto (VPN) positivo, esta inversión se posiciona como una oportunidad estratégica con un impacto financiero significativo y una alta rentabilidad. Además, el impacto social de mejorar las condiciones laborales y organizar la producción refuerza aún más el caso de negocio para esta inversión.

En conclusión, la implementación de este plan propuesto no solo representa una oportunidad estratégica de inversión para la empresa, sino que también sienta las bases para una transformación profunda y sostenible. Al adoptar una cultura de mejora continua y eficiencia operativa, la empresa estará mejor posicionada para enfrentar los desafíos futuros y aprovechar las oportunidades emergentes en el mercado.

10. Referencias

- Alegría, E. G. M. (2022). Principales Impuestos en Guatemala. Portal SAT.
<https://portal.sat.gob.gt/portal/preguntas-frecuentes/principales-impuestos-guatemala/>
- Alvarado Ojeda, A. N., Ancachi Quispe, R. G., Arias Saucedo, E., Lopez Quispe, M. A., & Montes Paredes, K. P. (2020). *Comercialización de ventanas de aluminio y vidrio que reducen el ruido – Easy Windows* [Tesis de grado]. UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- Agenda Pública. (2021, 14 de abril). La pandemia abrió una ventana de inclusión social, pero la austeridad la está cerrando. Recuperado de <https://agendapublica.elpais.com/noticia/17925/pandemia-abrio-ventana-inclusion-social-austeridad-esta-cerrando>
- Amaya Guevara, B. D., & Virviescas Rincón, J. S. (2022). Diseño e Implementación de un Sistema de Supervisión y Control para el Proceso de Vidrio Laminado para la Planta AGP Colombia de Bogotá. Recuperado de: http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7998/2/2022_BrayanDavidAmayaGuevara.pdf
- Ambiente, P. d. (marzo de 1999). Manual de legislación ambiental de Guatemala. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.corteidh.or.cr/tablas/20491a.pdf>
- ATSDR. (6 de mayo de 2016). Resúmenes de Salud Pública - Aluminio (Aluminum). Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs22.html#:~:text=El%20aluminio%20no%20puede%20ser,adherirse%20o%20separarse%20de%20part%C3%ADculas.&text=Las%20part

%C3%ADculas%20de%20aluminio%20en,en%20el%20aire%20muchos%20d%C3%AD
as.

ABG. (2020). Sector 4 - Construcción. En la Asociación Bancaria de Guatemala.

<https://abg.org.gt/es/wp-content/uploads/2022/08/SECTOR-4-CONSTRUCCIÓN-DICIEMBRE-2020.pdf>

Alonso, M. (2022, 12 octubre). Modelo Canvas: para qué sirve y cómo hacerlo Paso a paso

[2022] • Asana. Asana. <https://asana.com/es/resources/business-model-canvas>

Alonso, M. (2022b, noviembre 18). Qué son las 5 fuerzas de Porter y cómo analizarlas [2022] •

Asana. Asana. <https://asana.com/es/resources/porters-five-forces>

BANGUAT. (2023). Producto Interno Bruto Trimestral: Tomo II - Gráficas y cuadros estadísticos.

https://banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/cuentasnac/PIB2013/PDF_graficas_y_cuadros_estadisticos.pdf

Berganzo, J., & Berganzo, J. (2023). Las '5 eses' para ser más productivo. Sistemas OEE -

Technology to Improve. <https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>

Cámara Guatemalteca de la Construcción. (2022). BEC: Boletín Económica de la Construcción.

https://issuu.com/construguate/docs/bec_58

CEPAL. (2020). Guatemala - INFORME MACROECONÓMICO [PDF]. Recuperado de

https://guatemala.un.org/sites/default/files/2020-06/CCA%20completo%20FINAL_0.pdf

Congreso de la República de Guatemala. (2014) Acuerdo gubernativo 229-2014, Por lo cual se

expide el Reglamento de salud y seguridad ocupacional

,<https://tuempleo.mintrabajo.gob.gt/index.php/welcome/doc/REGLAMENTO>.

Congreso de la República de Guatemala. (1996). Ley de tránsito y reglamento

<https://transito.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Ley-y-Reglamento-Transito.pdf>

Congreso de la República de Guatemala. (1986). Decreto 68-86. Ley de protección y mejoramiento del medioambiente

https://www.preventionweb.net/files/27701_gtleyproteccionmedioambiente6886%5B1%5D.pdf

Congreso de la República de Guatemala. (2014) Acuerdo gubernativo 164-2021, Por lo cual se expide el Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes.

<https://www.marn.gob.gt/reglamento-164-2021>.

Ecolec. (2021, 14 junio). Tratamiento de residuos - Ecolec. <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/tratamiento-de-residuos/#:~:text=Los%20sistemas%20de%20tratamiento%20de, peligrosas%20que%20contienen%20los%20residuos>

El Economista. (2022, 15 febrero). CIG y la gremial de tecnología e innovación buscan disminuir

la brecha tecnológica en Guatemala. El Economista.

<https://www.eleconomista.net/corporativo/CIG-y-la-gremial-de-tecnologia-e-innovacion-buscan-disminuir-la-brecha-tecnologica-en-Guatemala-20220215-0014.html>

Erwin Garzona; Celia Marcos. (1999). Situación ambiental de la industria en Guatemala. Obtenido de

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Estudio%20%20Situacion%20Ambiental%20de%20la%20Industria%20en%20Guatemala%20%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Estudio%20%20Situacion%20Ambiental%20de%20la%20Industria%20en%20Guatemala%20%20(2).pdf)

Guatemala, G. d. (2023). EL MARN. Obtenido de <https://www.marn.gob.gt/sobre-el-marn/>

Instituto de operaciones UVG. “Producto Interno Bruto (PIB) – Guate en Datos.” Guate en Datos,

4 10 2022, <https://guateendatos.org.gt/economia-y-pobreza/producto-interno-bruto/#el-pib-hoy>.

- Instituto de operaciones UVG. “Producto Interno Bruto (PIB) – Guate en Datos.” Guate en Datos, 4 10 2022, <https://guateendatos.org.gt/economia-y-pobreza/producto-interno-bruto/#el-pib-hoy>.
- Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R. (2008). *Exploring Corporate Strategy: Text and Cases* (8th ed.). Pearson Education.
- Martins, J. (2022, 16 agosto). Qué es un KPI, para qué sirve y cómo utilizarlo en tu proyecto [2022] • Asana. Asana. <https://asana.com/es/resources/key-performance-indicator-kpi>
- Martínez González, W. (2019). Modelamiento Financiero: Creación y análisis de modelos financieros para la toma de decisiones. ESAN.
- Ministerio de Trabajo y Previsión Social - Covid-19. (s. f.). <https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/documentacion/covid-19#documentacion-2>
- Mix, J. (s. f.). Ministerio de Trabajo y Previsión Social - Leyes Ordinarias. <https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/documentacion/leyes-ordinarias>
- Mix, J. (s. f.). Ministerio de Trabajo y Previsión Social - Salud y Seguridad Ocupacional. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. <https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/servicios/adolescente-trabajador/35-direccion-general-de-prevision-social/servicios/35-salud-y-seguridad-ocupacional>
- Najarro, F. (2023, 12 mayo). Elecciones generales 2023: TSE publica acuerdos e inicia a acreditar observadores. Prensa Libre. <https://www.prensalibre.com/guatemala/elecciones-generales-guatemala-2023/elecciones-generales-2023-tse-publica-acuerdos-e-inicia-a-acreditar-observadores/>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009a). *Diseño del ambiente de trabajo: Capítulo 6. En Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12.^a ed., p. 183).

- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009b). *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12.^a ed.).
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009c). *Lugar de trabajo, equipo y diseño de herramientas: Capítulo 5. En Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12.^a ed., p. 139).
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009d). *Herramientas para la solución de problemas: Capítulo 2. En Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12.^a ed., p. 17).
- N.A. (2023). Ventanas de PVC en Guatemala. Contraste Arquitectónico. Recuperado de: <https://contrastearquitectonico.com/ventanas-guatemala/productos/pvc/>
- N.A. (2023). Ventanas de Aluminio en Guatemala. Contraste Arquitectónico. Recuperado de: <https://contrastearquitectonico.com/ventanas-guatemala/productos/aluminio/>
- PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB). (2023, 3 marzo). Guate en Datos. <https://guateendatos.org.gt/economia-y-pobreza/producto-interno-bruto/>
- Rodas, A. (2022). Reglamento 164-2021 cumple un año de vigencia y avanza el proceso de adaptación. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.marn.gob.gt/reglamento-164-2021-cumple-un-ano-de-vigencia-y-avanza-el-proceso-de-adaptacion/#:~:text=Close%20Search-Reglamento%20164%2D2021%20cumple%20un%20a%C3%B1o%20de%20vigencia,a%20vanza%20el%20proceso%20de%20adaptaci%C3%B3n&text=El%20manejo%20y%20tratamiento%20correcto,el%20desarrollo%20de%20la%20sociedad.>
- Reyna, S. (17 de diciembre de 2021). *El impacto que genera el vidrio en el medio ambiente*. Obtenido de <https://www.recolecciondebasuraseredecom.com.mx/el-impacto-que-genera-el-vidrio-en-el-medio->

Yilmaz, B. (2022, 7 junio). Tendencias y desarrollos en la industria de puertas y ventanas -

YILMAZ

MACHINE.

YILMAZ

MACHINE.

[https://www.yilmazmachine.com.tr/es/2022/06/07/trends-developments-in-the-door-and-](https://www.yilmazmachine.com.tr/es/2022/06/07/trends-developments-in-the-door-and-window-industry)

[window-industry](https://www.yilmazmachine.com.tr/es/2022/06/07/trends-developments-in-the-door-and-window-industry)

11. Anexos

11.1. Factores legales para considerar (PESTEL)

Los requisitos básicos para la operación de la empresa, según el código de comercio, se necesitan de:

- Constitución de empresa o como sociedad anónima
- Patentes de empresa
- Inscripción en SAT

Según el código de trabajo:

- Inscripción en el IGGS
- Constituir reglamento interno de trabajo en el minister

Ley de Trabajo (Decreto 1441 del Congreso de la República de Guatemala)

Artículo 1. El presente Código regula los derechos y obligaciones de patronos y trabajadores, con ocasión del trabajo, y crea instituciones para resolver sus conflictos.

Artículo 3. Trabajador es toda persona individual que presta a un patrono sus servicios materiales, intelectuales o de ambos géneros, en virtud de un contrato o relación de trabajo.

Artículo 6. Sólo mediante resolución de autoridad competente basada en ley, dictada por motivo de orden público o de interés nacional, podrá limitarse a una persona su derecho al trabajo. Como consecuencia, ninguno podrá impedir a otro que se dedique a la profesión o actividad lícita que le plazca. No se entenderá limitada la libertad de trabajo cuando las autoridades o los particulares actúen en uso de los derechos o en cumplimiento de las obligaciones que prescriben las leyes.

Los patronos no pueden ceder o enajenar los derechos que tengan en virtud de un contrato o relación de trabajo, ni proporcionar a otros patronos, trabajadores que hubieren contratado para sí, sin el consentimiento claro y expreso de dichos trabajadores, en cuyo caso la sustitución temporal

o definitiva del patrono, no puede afectar los contratos de trabajo en perjuicio de éstos. No queda comprendida en esta prohibición, la enajenación que el patrono haga de la empresa respectiva.

Artículo 7. Se prohíbe en las zonas de trabajo la venta o introducción de bebidas o drogas embriagantes o estupefacientes, las lides de gallos, los juegos de azar y el ejercicio de la prostitución. Es entendido que esta prohibición se limita a un radio de tres kilómetros alrededor de cada centro de trabajo establecido fuera de las poblaciones, ya que en cuanto a estas últimas, rigen las disposiciones de las leyes y reglamentos respectivos.

Artículo 10. Se prohíbe tomar cualquier clase de represalias contra los trabajadores con el propósito de impedirles parcial o totalmente el ejercicio de los derechos que les otorguen la Constitución, el presente Código, sus reglamentos o las demás leyes de trabajo o de previsión social, o con motivo de haberlos ejercido o de haber intentado ejercerlos.

CÓDIGO DE SALUD, Decreto No. 90-97

ARTÍCULO 44. Salud ocupacional. El Estado, a través del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, el Ministerio de Trabajo y Previsión Social y demás instituciones del Sector, dentro del ámbito de su competencia, con la colaboración de las empresas públicas y privadas, desarrollarán acciones tendientes a conseguir ambientes saludables y seguros en el trabajo para la prevención de enfermedades ocupacionales, atención de las necesidades específicas de los trabajadores y accidentes en el trabajo.

ARTÍCULO 68. Ambientes Saludables. El Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades.

ARTÍCULO 83. Dotación de agua en centros de trabajo. Las empresas agroindustriales o de cualquier otra índole, garantizarán el acceso de los servicios de agua a sus trabajadores, que cumpla con requisitos para consumo humano.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente" (Decreto 68-86)

Artículo 1. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propician el desarrollo social económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, sustituirlo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

Artículo 13.- Para los efectos de la presente ley, el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); lúdrico (agua); lítico (roca y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

Artículo 14.- Para prevenir la contaminación atmosférica y mantener la calidad del aire, el Gobierno, por medio de la presente ley, emitirá los reglamentos correspondientes y de las disposiciones que sean necesarias para:

- Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes
- Promover en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para proteger la calidad de la atmósfera
- Regular las substancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes de la atmósfera
- Regular la existencia de lugares que promueven emanaciones
- Regular la contaminación producida por el consumo de los diferentes energéticos

- Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar y localizar las fuentes de contaminación atmosférica
- Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica

Dirección General de Transporte Acuerdo Gubernativo 42-94

ARTÍCULO 1. El presente reglamento tiene por objeto:

- Regular el servicio público de transporte extraurbano de pasajeros con el fin de obtener seguridad y eficiencia para las personas, bienes e intereses, confiados ha tal servicio.
- Proteger y fomentar una competencia lícita y leal entre los portadores del servicio público de transporte extraurbano de pasajeros,
- Asegurar la existencia y operación de un sistema ramificado de servicio extraurbano e impulsar la economía nacional.

ARTÍCULO 49. El transporte de trabajadores agrícolas ó industriales sólo podrá efectuarse en vehículos adecuados considerándose como tales: autobuses y microbuses que presten el máximo de seguridad y comodidad.

ARTÍCULO 50. Para obtener licencia de transporte para servicio exclusivo de trabajadores agrícolas o industriales, los interesados deberán cumplir con los requisitos establecidos en el presente reglamento y además, acompañar a su solicitud copia certificada o fotostática del contrato de transporte suscrito con los propietarios o representantes legales de las explotaciones agrícolas o industriales.

Ley de tránsito y su reglamento con sus reformas, Decreto No. 132-96

Artículo 78 Operaciones de carga y descarga:

Las operaciones de carga y descarga de mercancías o cosas deberán llevarse a cabo fuera de la vía pública. Excepcionalmente, y cuando sea inexcusable efectuarlas en ésta, deberán realizarse sobre la vía de menor tránsito, sin ocasionar peligros ni perturbaciones graves al tránsito de otros usuarios, y teniendo en cuenta las normas siguientes:

- Se respetarán las señales y normas, especialmente en lo concerniente a parada y estacionamiento, y además, en áreas urbanas, las que dicten las autoridades municipales sobre horas, días y lugares adecuados. B
- Se efectuarán, en lo posible, por el lado del vehículo más próximo al borde derecho de la calzada.
- Se llevarán a cabo con medios y personal suficiente para conseguir la máxima celeridad, y procurando evitar ruidos y molestias innecesarias. Queda prohibido colocar la carga, la mercancía o las cosas transportadas en la calzada, en el arcén o espacios peatonales por más de dos minutos;
- Las operaciones de carga y descarga de mercancías nocivas, molestas, insalubres o peligrosas se regirán por las disposiciones específicas que regulan la materia.

Reglamento de salud y seguridad ocupacional, AG 229-2014

Título II Capítulo II

De los edificios - Artículo 14

Cuando por las necesidades del trabajo éste debe realizarse en locales a cielo abierto o semiabierto, tales como cobertizos, galeras, hangares y similares, debe mitigarse, en lo posible, las temperaturas extremas, protegiendo a los trabajadores contra las inclemencias en general, proporcionándoles los equipos adecuados que necesiten; en ambos casos, debe protegerse al trabajador contra la lluvia y el polvo.

Superficies y cubicación

Artículo 15 .Los locales de trabajo deben reunir las condiciones mínimas necesarias en cuanto al área y volumen, garantizando el libre desplazamiento del trabajador, evitando el hacinamiento, de acuerdo con el clima, las necesidades de la industria y el número de trabajadores que laboren en ella, sin tomar en cuenta el espacio ocupado por la maquinaria, instalaciones fijas y los destinados al almacenamiento de materiales

Artículo 16 . (Reformado según Art.11 del Ac. Gu. 33-2016). Según las condiciones operativas de la industria, las condiciones mínimas a las que se refiere el artículo anterior son:

- Tres metros (3mt) de altura, medidos desde el piso hasta el techo.
- Dos metros cuadrados (2mt²) libres por puesto de trabajo operativo por cada trabajador.
- El volumen libre para cada trabajador no debe ser inferior a seis metros cúbicos (6mt³), calculados de la siguiente manera: el ancho por el largo por la altura del local entre el número de trabajadores. Se exceptúan de esta limitación, los casos que por naturaleza de la actividad, requiera un volumen diferente a este.”

Iluminación

Artículo 17. Los lugares de trabajo deben contar con iluminación adecuada para la seguridad y conservación de la salud de los trabajadores. Cuando la iluminación natural no sea factible o suficiente, se debe proveer de luz artificial en cualquiera de sus formas, siempre que ofrezca garantías de seguridad, no vicie la atmósfera del local y no ofrezca peligro de incendio. El número de fuentes de luz, su distribución e intensidad, deben estar en relación con la altura, superficie del local y trabajo que se realice como lo establece el artículo 168 de este reglamento. Los lugares que vulneren y pongan en riesgo al trabajador, deben estar especialmente iluminados. La iluminación

natural, directa o refleja, no debe ser tan intensa que exponga a los trabajadores a sufrir accidentes o daños en su salud.” (Reformado según Art. 12 del Ac. Gu. 33-2016)

Pisos, techos y paredes

Artículo 18. El piso debe constituir un conjunto de material resistente y homogéneo, sin deterioro físico, liso y no resbaladizo. En caso necesario susceptible de ser lavado y provisto de declives apropiados para facilitar el desagüe. Si la naturaleza del proceso laboral, impide cumplir con esta disposición, debe de tomarse otras medidas de control que sean seguras

Artículo 19. En las inmediaciones de hornos, hangares, calderas y en general toda clase de fuegos, el piso alrededor de estos y en un radio razonable, debe ser de material incombustible y cuando fuere necesario no conductor de cambios térmicos. “

Artículo 20. Debe procurarse que toda la superficie de trabajo o pisos de los diferentes departamentos esté al mismo nivel; de no ser así, las escaleras o gradas deben sustituirse por rampas de pendiente no mayor de quince grados(15°), para salvar las diferencias de nivel.” (Reformado según Art. 13 del Ac. Gu. 33-2016)

Artículo 21. Las paredes deben ser lisas, repelladas, pintadas en tonos claros, preferiblemente en tonos mate que contrasten con la maquinaria y equipos, susceptibles de ser lavadas y deben mantenerse siempre, al igual que el piso, en buen estado de conservación, reparándose tan pronto como se produzcan grietas, agujeros o cualquier otra clase de desperfectos.

Artículo 22. El requerimiento de conservación y reparación establecido en el Artículo anterior es aplicable para todos los demás lugares de trabajo.

Artículo 23. Los techos deben tener la resistencia requerida para soportar las cargas a que se vean sometidos y en cualquier caso prestar la debida protección contra las inclemencias atmosféricas. No deben ser utilizados para soportar cargas fijas o móviles si no fueron diseñados para tal fin.

Pasillos

Artículo 24. Los corredores, galerías y pasillos principales deben tener un ancho mínimo de un metro con veinte centímetros (1.20mts.) y los secundarios de un metro (1mt.), permitiendo la circulación libre de las personas y las necesidades propias del trabajo. Es obligatorio mantener los mismos, libres de obstáculos y no deben ser utilizados para el almacenamiento temporal o improvisado, en especial cuando se usan como accesos para las salidas de emergencia.

(Reformado según Art. 14 del Ac. Gu. 33-2016)

Artículo 25. La separación entre máquinas y equipos de trabajo, debe ser para que los trabajadores ejecuten su labor cómodamente y sin riesgo. Nunca será menos de noventa centímetros (90cms.), exceptuando cuando en el proceso de producción se requiera que las mismas estén en línea, contándose esta distancia a partir del punto más saliente o relevante del recorrido de las piezas móviles de cada máquina. Cuando existan maquinas o equipos con piezas móviles que invadan en su desplazamiento una zona de espacio libre, la circulación del personal quedará señalizada con franjas pintadas en el suelo, de color amarillo de diez centímetros (10cms.) de ancho, que delimiten el lugar por donde deba transitarse.

(Reformado según Art. 15 del Ac. Gu. 33-2016)

Artículo 26. Alrededor de los hornos, calderas o cualquier máquina o aparato que sea un foco radiante de calor, se debe dejar un espacio libre, no menor de un metro con cincuenta centímetros (1.50mts.) si el proceso de producción lo permite. El suelo y paredes dentro de dicha área deben ser de material incombustible.

(Reformado según Art. 16 del Ac. Gu. 33-2016)

Artículo 27. Para los pasillos principales, secundarios por donde transiten equipos móviles o sean de tránsito peatonal, en lo que respecta a su señalización se debe acatar lo establecido en las normas

de referencia nacional o internacional vigente para la Utilización de Colores y su Simbología de Seguridad.

Artículo 28. Los pasillos que sirven de unión entre dos locales, escaleras u otras partes de los edificios y los pasillos interiores, tanto los principales que conduzcan a las puertas de salida como los de otro orden, deben tener la anchura adecuada de acuerdo con el número de trabajadores que deban circular por ellos; considerando incluso el desalojo de emergencia, de acuerdo a la naturaleza de la actividad que desarrolle y de conformidad con las normas vigentes.

(Reformado según Art. 17 del Ac. Gu. 33-2016)

Artículo 29. Los pasillos deben estar dispuestos de modo que eviten esquinas pronunciadas, rampas muy inclinadas, preferiblemente inferiores a (15°) quince grados, que sean amplios, sin obstrucciones, tanto en la zona de paso como en el espacio superior a una altura mínima de dos metros con veinte centímetros (2.20mts.), señalizados y demarcados en concordancia con los reglamentos y normas vigentes.

(Reformado según Art. 18 del Ac. Gu. 33-2016)

Puertas y salidas

Artículo 30. Las puertas de salidas de los lugares de trabajo, cuyo acceso será visible o señalizado e iluminado, deben ser suficientes en número y anchura y de abrir hacia fuera para que todos los trabajadores puedan abandonar las instalaciones con rapidez y seguridad. Ninguna puerta se debe colocar en forma tal que se abra directamente a una escalera, sin tener el descanso correspondiente.

Iguals condiciones reunirán las puertas de comunicación internas.” (Reformado según Art.19 del Ac. Gu. 33-2016)

Artículo 31. Por ningún motivo se debe permitir que las puertas y salidas normales de los locales de trabajo, tengan obstáculos en su acceso y recorrido, que atenten contra la integridad física de las personas.

Reglamento para la gestión integral de residuos y desechos sólidos comunes, AG 164-2021

Artículo 12. Clasificación. Todas aquellas personas, individuales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que, como resultado de sus actividades produzca residuos o desechos sólidos comunes, deberán separarlos al momento de su generación, de acuerdo con la clasificación siguiente:

- a) Clasificación primaria:
 - orgánico
 - inorgánico
- b) Clasificación secundaria:
 - papel y cartón
 - vidrio
 - plástico
 - metal
 - multicapa
 - otros

Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, Decreto 68-86

Artículo 8. Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional,

será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.

El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q.5,000.00 a Q.100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

Artículo 9. La Comisión Nacional de Protección del Medio Ambiente está facultada para requerir de las personas individuales o jurídicas, toda información que conduzca a la verificación del cumplimiento de las normas prescritas por esta ley y sus reglamentos.

Artículo 10. El Organismo Ejecutivo por conducto de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, realizará la vigilancia e inspección que considere necesarias para el cumplimiento de la presente ley. Al efecto, el personal autorizado tendrá acceso a los lugares o establecimientos, objeto de dicha vigilancia e inspección, siempre que no se tratare de vivienda, ya que de ser así deberá contar con orden de juez competente.

11.2. Taladro cotizado



TALADRO DE PEDESTAL 1.5HP

Code: H021788

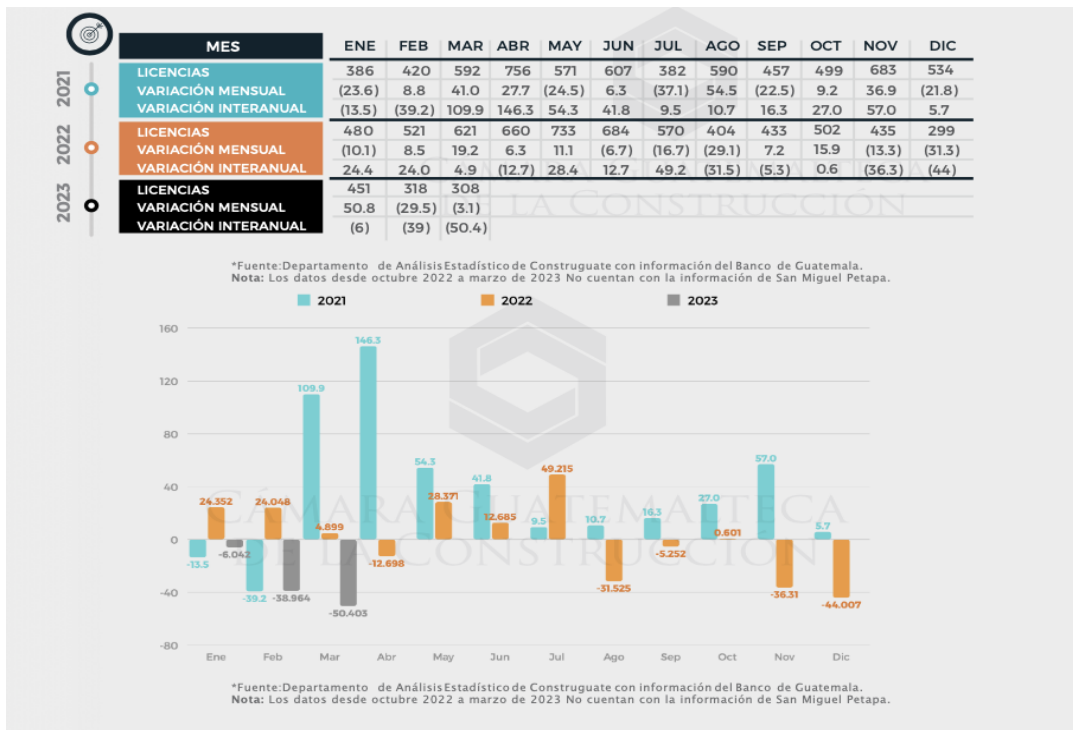
Precio Normal: **Q32100**

Beneficio Web: Q30,495.00

SAP: H021788 MARCA: SNAP ON CODIGO FABRICANTE: WMH354170
 NOMBRE: TALADRO DE PEDESTAL JDP-20MF PERFORACIONES AL CENTRO DEL CIRCULO: 20-1/2 PULGADA CAPACIDAD DE TALADRAR HIERRO FORJADO: 1 PULGADA CAPACIDAD DE TALADRO EN ACERO DULCE: 3/4 PULGADA DISTANCIA DE LA COLUMNA AL HUSILLO: 10 PULGADAS NUMERO DE VELOCIDADES DEL HUSILLO: 12 RANGO DE VELOCIDAD DEL HUSILLO: 150 - 4,200 RPM CONICIDAD DEL HUSILLO: MT-3 DESPLAZAMIENTO DEL HUSILLO: 4-5/8 PULGADA DISTANCIA DE HUSILLO A LA BASE: 46-3/4 PULGADA CENTROS DE RANURA EN T: 3-1/2 PULGADA CAPACIDAD DE PESO DE LA MESA DE TRABAJO: 80 LBS MOTOR: 1-1/2 HP MONOFASICO*

11.3. Filtro de demanda

Figura 37. Licencias totales de construcción autorizadas del 2021 al 2023

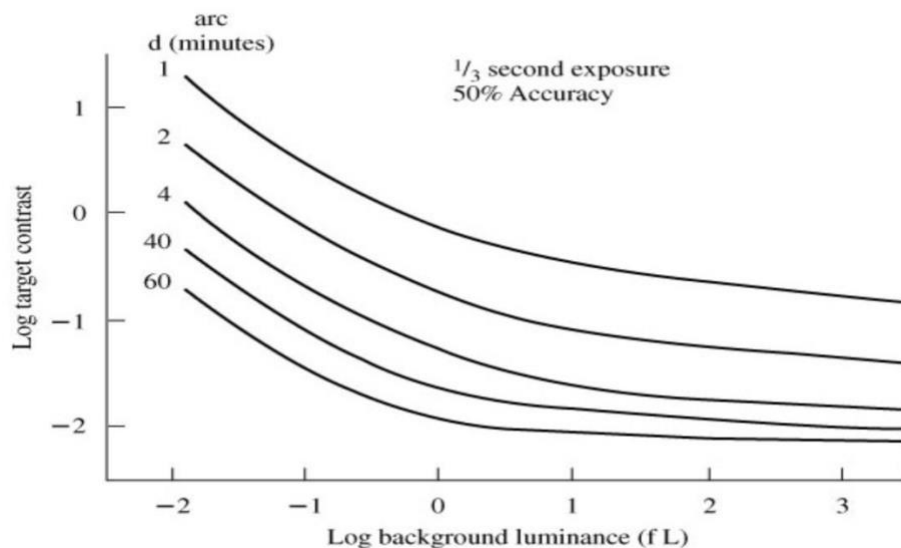


11.4. Evaluación de riesgos

11.4.1. Iluminación

La iluminación en un espacio no solo se trata de que tan brillante es una habitación, sino también de cómo se percibe esa luz. La intensidad luminosa, que se mide en candelas (cd), describe cuánta luz emite una fuente en una dirección particular. A su vez, la iluminancia, medida en pies candela (fc), explica la cantidad de luz que llega a una superficie. Un aspecto vital a tener en cuenta es la distancia (D) entre la fuente de luz y la superficie, ya que influye directamente en la luminancia, es decir, la cantidad de luz que se refleja. Además, es esencial considerar la reflectancia, que es la propiedad de una superficie para reflejar la luz incidente. Estas características se vuelven críticas al decidir sobre la disposición y el tipo de fuentes de luz en un área, especialmente cuando se buscan soluciones eficientes como las lámparas LED, que ofrecen una excelente eficiencia en términos de salida de luz por unidad de energía consumida.

Figura 38.Curvas Blackwell



Los tres factores, según las Curvas de Blackwell, juegan roles críticos en la claridad con la que se ven los objetos. La interacción de estos factores permite entender por qué, en algunas condiciones, es posible que no veamos un objeto con claridad, mientras que en otras circunstancias, el mismo objeto se percibe claramente. Estas curvas ayudan a profesionales para el diseño de iluminación y la ergonomía a optimizar las condiciones visuales para diversas tareas y entornos.

Cuadro 31.Tipos y clases de luminarias

Tipo	Índice de reproducción cromática	Vida útil (horas)	Eficacia luminosa (lm/W)	Equipo auxiliar	Observaciones	Coste
Fluorescente	60-95	8,000-12,000	65-100	Arrancador, balasto y condensador	El balasto electrónico reduce su consumo en un 25%	Reducido
Vapor de mercurio	50-60	12,000-16,000		Balasto y condensador	Retardo en encendido. Aplicación en naves de gran altura	Medio
Vapor de sodio alta presión	20-80	10,000-25,000	30-60	Arrancador, balasto y condensador	Retardo en encendido. Aplicación en naves de gran altura con poca exigencia visual y exteriores	Alto
Halogenuros metálicos	60-85	6,000-15,000	50-150	Arrancador, balasto y condensador	Retardo en encendido. Aplicación en naves con exigencias visuales	Alto

11.4.2. Ruido

El ruido en los lugares de trabajo se ha consolidado como una preocupación principal en la salud ocupacional, reflejado en los anexos detallados que realizan un análisis exhaustivo de las normativas tanto en España como en Guatemala. La normativa española, por ejemplo, establece parámetros claros para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores, estableciendo límites máximos de exposición y enfatizando la necesidad de usar equipos de protección personal cuando se sobrepasan ciertos niveles de ruido.

Los efectos del ruido van más allá de la simple incomodidad; pueden tener consecuencias serias tanto en la salud auditiva, causando hipoacusia o tinnitus, como en el bienestar general, incluyendo efectos fisiológicos como la aceleración del ritmo cardíaco, y efectos psicológicos como el cansancio. De hecho, el tinnitus, un sonido constante en los oídos, puede surgir debido a la exposición constante a altos niveles de ruido.

Para enfrentar las perturbaciones y molestias causadas por el ruido, es fundamental atacar el problema en su origen. Evitar los ruidos impredecibles y minimizar la interferencia en la comunicación son pasos vitales. Herramientas específicas, como el método SIL, se han introducido para cuantificar estas interferencias. En este contexto, todos los miembros de la empresa, desde la dirección hasta el personal de mantenimiento, deben estar comprometidos y trabajar juntos para reducir el ruido en el lugar de trabajo.

Las medidas específicas varían según la fuente y la naturaleza del ruido. Por ejemplo, en el caso del ruido producido por instalaciones, es esencial aislar las fuentes generadoras de ruido. Se deben considerar conexiones aislantes y el uso de silenciadores. En cuanto a equipos de trabajo, las estrategias pueden incluir la redistribución y aislamiento de las máquinas ruidosas. Además,

un mantenimiento adecuado y regular puede mitigar significativamente el ruido generado por equipos defectuosos o desgastados.

La adquisición de maquinaria es otra área donde se puede hacer una diferencia significativa. Optar por máquinas que emiten menos ruido y adherirse a las especificaciones técnicas durante la compra puede reducir considerablemente la contaminación acústica en el entorno laboral. Además, aunque la música puede ser beneficiosa para mejorar la moral en el trabajo, es esencial considerar su volumen y tipo para asegurarse de que no se convierta en otra fuente de distracción o molestia.

11.4.3. Paredes y piso

Al elegir materiales y acabados para paredes y pisos, uno debe considerar cómo estos interactúan con la iluminación del espacio. Por ejemplo, un techo blanco puede reflejar hasta el 80% de la luz incidente, mejorando la luminosidad general del ambiente. Por otro lado, los pisos oscuros, aunque estéticamente deseables en ciertos contextos, solo reflejan alrededor del 20% de la luz, lo que podría requerir más fuentes de luz para compensar. Además, la elección del material no solo se basa en la estética y la reflectancia sino también en el coste. Aspectos como el precio por metro cuadrado de tablayeso o el costo de instalación pueden influir significativamente en las decisiones de diseño y presupuesto.

11.4.4. Temperatura, ventilación y ventanas

El confort térmico es esencial para garantizar un ambiente de trabajo o vida adecuado. Temperaturas extremas, ya sean altas o bajas, pueden afectar adversamente la concentración y la eficiencia. Por ejemplo, un entorno laboral que supere los 37.8°C puede reducir significativamente el desempeño psicológico. Es vital mantener un ambiente dentro de la zona de confort térmico, generalmente entre 18.°C a 26.1°C. Las ventanas juegan un papel crucial en la regulación de la

temperatura y la ventilación. Seleccionar el tipo de perfil, ya sea PVC, aluminio o madera, junto con el tipo de acristalamiento, como vidrio control solar o acústico, puede influir significativamente en la eficiencia energética y el confort acústico de un espacio.

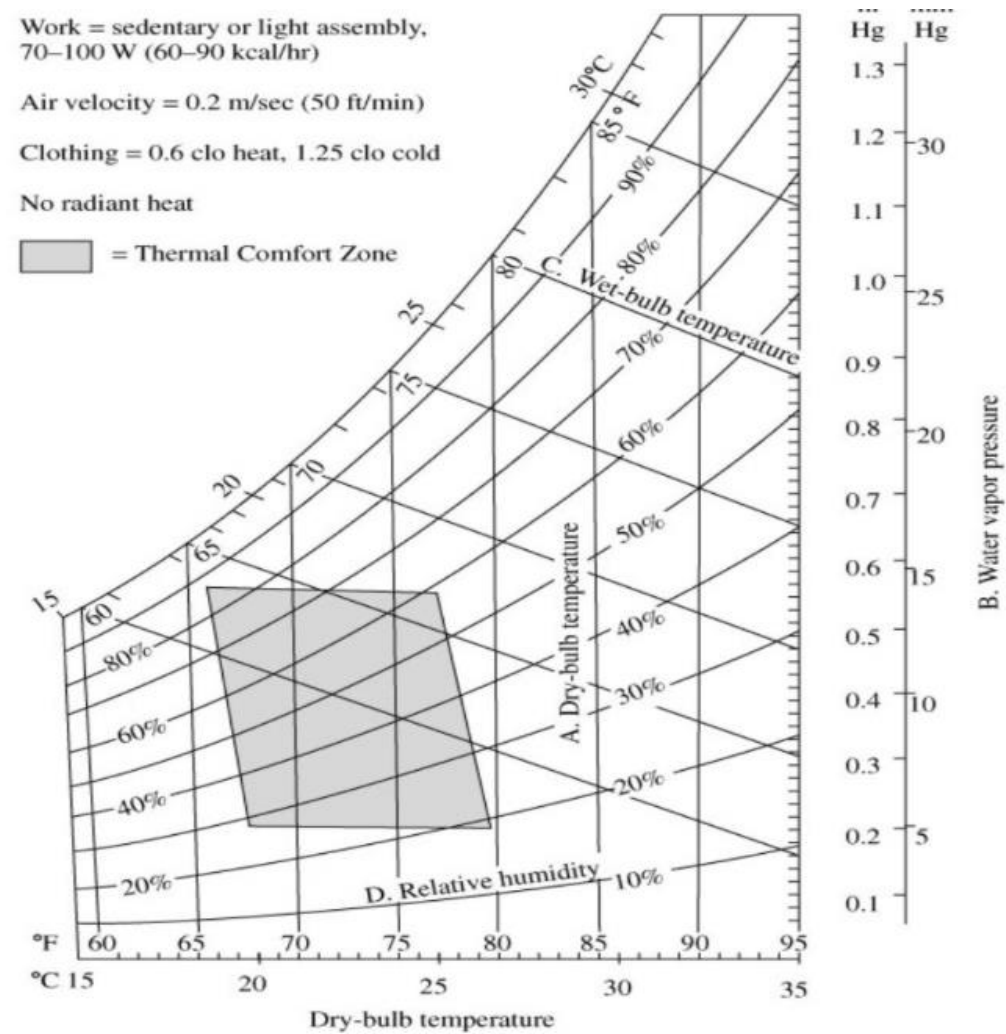
Tuberías y sus consideraciones:

Las tuberías, aunque a menudo pasan desapercibidas, son esenciales para el funcionamiento de edificios e instalaciones industriales. Se utilizan para transportar una variedad de fluidos, desde agua potable hasta gases y aguas residuales. Al diseñar sistemas de tuberías, es crucial tener en cuenta factores como la temperatura, la presión del fluido y la ubicación. El material de la tubería también debe ser seleccionado con cuidado, con opciones como PVC para aplicaciones resistentes a la corrosión o acero inoxidable para entornos industriales. Además, características como el diámetro y el espesor de la tubería son esenciales para garantizar un transporte seguro y eficiente del fluido.

Cuadro 32. Colores para identificación de tuberías

Contenido de la tubería	Color
Agua Potable	VERDE
Aguas Negras	NEGRO
Agua Sistema contra Incendio	ROJO
Instalaciones Telefónicas	GRIS
Instalaciones Eléctricas	NARANJA
Red Transmisión de Datos	AZUL OSCURO
Líquidos Combustibles	AMARILLO
Aire	AZUL CLARO
Conductos de ventilación	BLANCO

Figura 39. Zona de confort térmico (humedad vs temperatura)



11.4.5. Análisis del cuestionario de “RUIDO: EVALUACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO ERGONÓMICO” del Ministerio de Trabajo del Gobierno de España

El ruido, definido como cualquier sonido no deseado, puede tener impactos profundos en el bienestar humano. Se mide en decibeles (dB), donde incluso una pequeña diferencia en dB puede significar una gran variación en la percepción del sonido. Por ejemplo, mientras que un susurro en una biblioteca puede ser tan bajo como 30 dB, el ruido del tráfico en una carretera principal puede llegar a ser tan alto como 85 dB. Las consecuencias de la exposición prolongada a niveles de ruido

elevados son preocupantes, ya que los sonidos de 85 dB o más pueden causar daños auditivos si la exposición es continua. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas de control de ruido, ya sea mediante barreras acústicas, el uso de maquinaria menos ruidosa o la protección auditiva para las personas.

El ruido es un contaminante de los más comunes en lugares de trabajo. Peligroso para la audición y la exposición prolongada inclusive debajo del límite puede dar otros impactos negativos en la salud. Dificulta la concentración lo cual hace que aumente el riesgo a accidentes, a distracciones, disminución de rendimiento y desempeño de las tareas. Dado a esto es importante que sea disminuido o si es posible eliminado.

El sonido causa movimientos de la membrana timpánica y los huesecillos del oído medio, que se transmiten hacia la cóclea llena de líquido; esto produce vibraciones de la membrana basilar, que está cubierta con células pilosas. La flexión de los estereocilios de células pilosas causa la producción de potenciales de acción, que el encéfalo interpreta como sonido.

El hecho de que las vibraciones de la membrana timpánica se transfieran a través de tres huesecillos en lugar de sólo uno brinda protección. Si el sonido es demasiado intenso, los huesecillos pueden doblarse; esta protección aumenta por la acción del músculo del estribo, que se fija al cuello del estribo. Cuando el sonido se hace demasiado fuerte, el músculo del estribo se contrae y apaga los movimientos del estribo contra la ventana oval; dicha acción ayuda a prevenir daño nervioso dentro de la cóclea. Empero, si los sonidos alcanzan amplitudes altas con mucha rapidez —como en los disparos de arma de fuego—, el músculo del estribo puede no responder suficientemente rápido como para prevenir daño nervioso

¿Qué son las ondas de sonido?

- Viajan a través de un medio, por lo general aire o agua

- Viajan en todas direcciones (dejar caer una piedra)
- Se caracterizan por su **frecuencia** e intensidad (Hz)
- La **intensidad o fuerza** de un sonido guarda relación directa con la **amplitud** de las ondas de sonido y se mide en **db**.
- Un sonido que apenas es audible —en el umbral de la audición— tiene una intensidad de 0 dB.
- Cada **10 dB indican un incremento de 10 veces la intensidad** del sonido; un sonido es 10 veces más fuerte que el umbral a 10 dB, 100 veces más fuerte a 20 dB.

En España la Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales y el Real Decreto 1997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo y el Real Decreto 286/2006 habla de la protección de seguridad y salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados a la exposición de ruido. Algunos de los artículos más destacables de este decreto son:

- Artículo 4: Disposiciones a evitar o reducir la exposición:

1.º) reducción del ruido aéreo, por ejemplo, por medio de pantallas, cerramientos, recubrimientos con material acústicamente absorbente;

2.º) reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos, por ejemplo mediante amortiguamiento o aislamiento;

f) programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo;

- g) la reducción del ruido mediante la organización del trabajo:

1.º) limitación de la duración e intensidad de la exposición;

2.º) ordenación adecuada del tiempo de trabajo.

- Artículo 5 valores límite de exposición

$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB}$

Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción(VALORES DE PREVENCIÓN)

$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$, respectivamente;

c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$, respectivamente.

(dependiendo de ponderación de frecuencias ya que el oído humano es menos sensible a altas y bajas y más sensibles a las medianas)

$L_{Aeq,d}$ es nivel de exposición diario equivalente y L_{pico} es valor máximo de presión acústica instantánea

- Artículo 6: hacer una evaluación respecto a lo que están expuestos los trabajadores
- Artículo 7: contar con equipos de protección individual para trabajadores que estén expuestos a ruidos que superen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción
- Artículo 11: Vigilancia de salud para trabajadores expuestos a ruidos que superen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción. Periodicidad como mínimo cada tres años. La empresa debe de revisar este control médico y las medidas para eliminar o reducir riesgos

En Guatemala se cuenta con el Acuerdo Gubernativo 229-2014

Capítulos de interés:

- ARTÍCULO 182. Se consideran lugares de trabajos ruidosos aquellos que empleen para el desarrollo de su actividad, fuentes generadores de ruidos, ya sean continuos cuyos niveles

de presión sonora sean superiores a los ochenta y cinco decibeles (85 dB) (A) o de pico superiores a los noventa decibeles (90 dB) ciento cuarenta dB (C).”

- Artículo 85: Al diseñar el puesto de trabajo debe tenerse en cuenta el ruido producido por los equipos instalados, en especial para que no se perturbe la atención ni la comunicación.
- Artículo 183: Máquinas que produzcan ruidos o vibraciones molestas se deben de aislar por medio de técnicas de control de ingeniería
- Artículo 187: Toda fuente generadora de ruido superior a los ochenta y cinco decibeles (85dB) (A), debe encontrarse bien cimentada, según especificaciones del fabricante, nivelada, ajustada y lubricada de acuerdo con lo establecido en el presente reglamento.”
- Artículo 188: Para lugares de trabajo a niveles superiores o iguales de $L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB}$ PROHIBIDO trabajar más de ocho horas sin protección personal
- Artículo 189: Jornada establecidas a ciertos ruidos intermitentes o de impacto:

Cuadro 33. Exposición por día (db)

NPSeq (dB (A) lento)	Tiempo de exposición por día		
	Horas	Minutos	Segundos
85	8,00		
86	6,35		
87	5,04		
88	4,00		
89	3,17		
90	2,52		
91	2,00		
92	1,59		
93	1,26		
94	1,00		
95		47,40	
96		37,80	
97		30,00	
98		23,80	
99		18,90	

NPSeq (dB (A) lento)	Tiempo de exposición por día		
	Horas	Minutos	Segundos
100		15,00	
101		11,90	
102		09,40	
103		07,50	
104		05,90	
105		04,70	
106		03,75	
107		02,97	
108		02,36	
109		01,88	
110		01,49	
111		01,18	
112			56,40
113			44,64
114			35,43
115			29,12
118			14,06
121			07,03
124			03,52
127			01,76
130			00,88
133			00,44
136			00,22
139			00,11
140			00,05

- Artículo 244: Cuando el nivel de ruido de un puesto de trabajo sobrepasa los 85 dB es obligatorio el uso de protección auditiva
- Artículo 245: Para los ruidos de elevada intensidad, superiores a los cien decibeles (100 dB) (A), se debe dotar a los trabajadores de auriculares con filtro, orejeras de almohadilla u otros dispositivos similares

Después de estos límites, los trabajadores no pueden estar expuestos sin equipos de protección personal

- Artículo 191: Trabajadores expuestos a ruidos mayores a 86 dB deben de tener vigilancia médica

Efectos del ruido

- En la audición:

Hipoacusia: disminución de sensibilidad auditiva

Tinnitus: sonido de timbre u otros ruidos en uno o ambos oídos

- Fisiológicos:

Aumento de ritmo cardiaco

Aceleración de ritmo respiratorio

Disminución de actividad cerebral

Vasoconstricción: estrechamiento o constricción de vasos sanguíneos

- Psicológicos:

Cansancio

Molestias

- Efectos en el comportamiento:

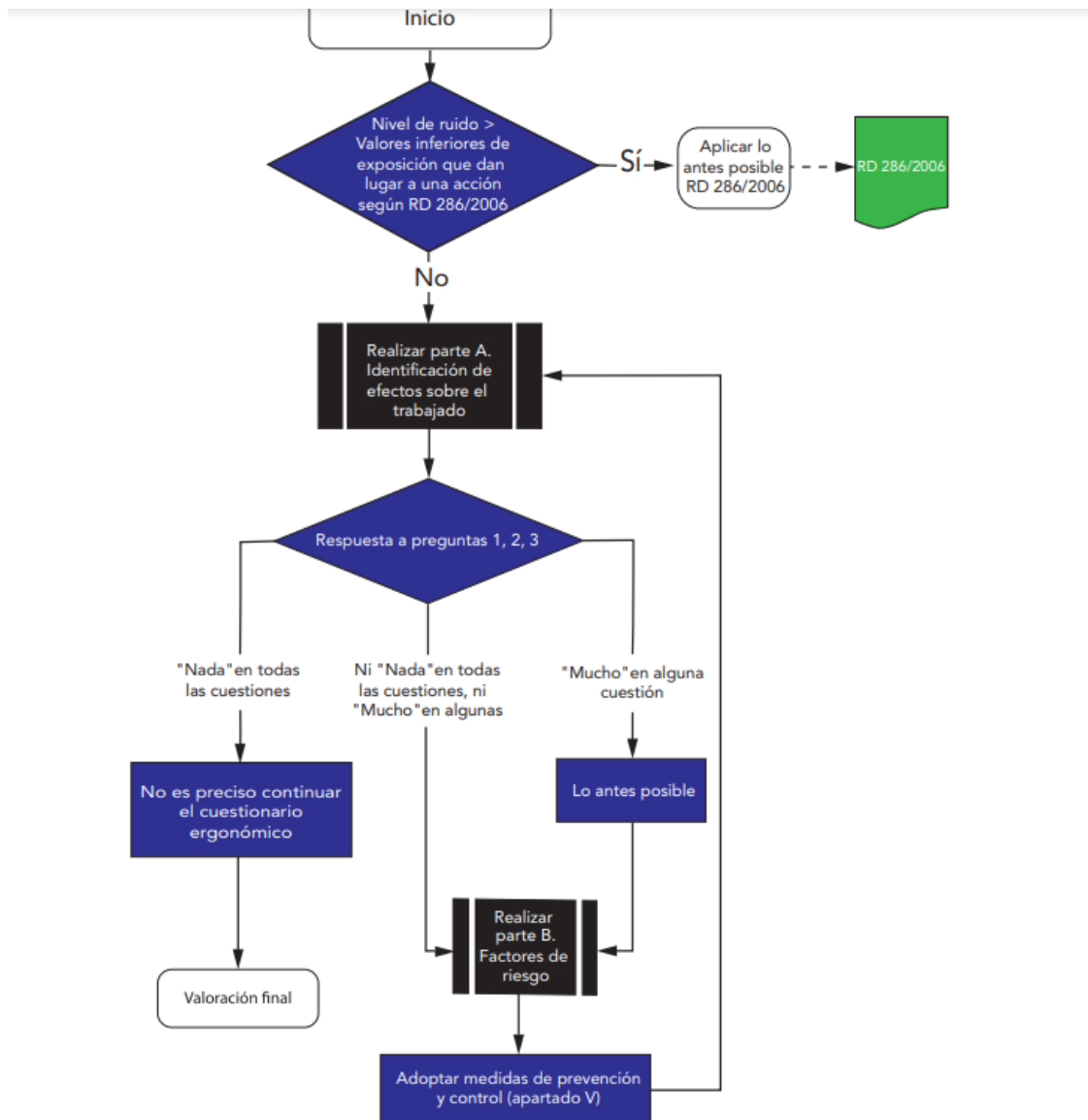
Variación de ritmo de trabajo

Evitar tareas

Modificar posturas

Integrantes de la empresa que deben estar involucrados para disminuir el ruido: dirección, comité de seguridad y salud, departamento de compras, mantenimiento, departamento de producción y procesos, servicio de prevención, delegados/as de prevención y, obviamente, las personas trabajadoras.

Figura 40. Flujo para toma de decisiones



A la hora de implantar medidas para corregir deficiencias detectadas al completar el cuestionario, se debe de seguir el artículo 15 de la LPRL en donde primero, se intentará eliminar el riesgo, sustituyendo/eliminando equipos o procesos que no produzcan ruido o este sea menor.

Se intentará combatir los riesgos en su origen, adaptar el trabajo a la persona, se debe tener en cuenta la evolución de la técnica, sustituir lo peligroso, planificar la prevención, adoptar

medidas de prevención colectiva y, si no es posible, medidas de protección individual, y dar las debidas instrucciones a la plantilla.

En el caso de Guatemala, todo patrono debe cumplir con sus respectivas obligaciones estas se encuentran en el Reglamento General Sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo, capítulo II que se divide en cuatro artículos. En el ARTÍCULO 4, abarca que el patrono debe adoptar y poner en práctica en los lugares de trabajo las medidas adecuadas de seguridad e higiene en favor de proteger la vida, la salud y la integridad corporal de los trabajadores, especialmente en:

- Operaciones y procesos de trabajo
- Suministro, uso y mantenimiento de los equipos de protección personal.
- Edificaciones, instalaciones y condiciones ambientales
- Colocación y mantenimiento de resguardos así como protecciones de las máquinas y de todo género de instalaciones.

En el ARTÍCULO 5, se exponen otras obligaciones como promover la capacitación del personal en materia de higiene y seguridad en el trabajo, señalización sobre higiene y seguridad, facilitar la creación y funcionamiento de las “Organizaciones de Seguridad” que recomiendan las autoridades respectivas, entre otras obligaciones.

Por otra parte, el ARTÍCULO 6 da a conocer las prohibiciones de los patronos como permitir el ingreso de trabajadores en estado de ebriedad o bajo la influencia de algún narcótico o droga enervante, mantener en funcionamiento maquinaria o herramienta que no esté protegida en puntos de transmisión de energía, parte móviles y puntos de operación.

Finalmente el ARTÍCULO 7, da hincapié en que los trabajos que se realicen en establecimientos donde se empleen materias asfixiantes, tóxicas, infectantes o específicamente nocivas para la salud o incluso en las que las materias previamente mencionadas puedan formarse

a consecuencia del trabajo mismo, el patrono tiene la obligación de indicarle al trabajador el peligro al cual se expone, indicarle los métodos correctos para prevenir los daños así como proveer los medios de preservación adecuados.

PARTE A :Identificación de efectos sobre persona trabajadora

1.Molestias

Dado a que las molestias son subjetivas, se debe identificar en qué momento y durante cuánto tiempo el ruido es molesto

A la persona le molesta el ruido en su puesto de trabajo.
Indicar en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

Comentarios

.....

2.Perturbación de la concentración: Si la diferencia entre límites máximo y mínimo de ruido es menor a 5 DBA es ruido estable y si se encuentra dentro de los parámetros aceptables no debe de perturbar la concentración

- El ruido existente dificulta la concentración o distrae, dificultando el desarrollo de las tareas.

Indicar en qué grado:

Nada	
Poco	
Regular	
Bastante	
Mucho	

Comentarios

.....

.....

.....

.....

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL

MOLESTIAS Y PERTURBACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN

- Evitar ruidos impredecibles

3. Interferencia en la comunicación verbal

Si el nivel sonoro de voz es menor de 10 dBA al ruido de fondo, este reduce 70%

Si la señal o nivel sonoro de la voz es inferior en 10 dBA al ruido de fondo, su comprensión se reduce al 70%.

- Examine con los trabajadores/as si la comunicación esencial para el desarrollo del trabajo y los avisos necesarios se ven alterados por el ruido.
- Los locales con superficies muy reflectantes presentan tiempos de reverberación elevados, lo que implica dificultades en la comunicación.

- 1 Es necesario elevar el tono de voz para hacerse entender en el desarrollo de su trabajo.
- 2 Es necesario forzar la atención por parte del receptor a la distancia habitual de trabajo para que resulte inteligible una conversación mantenida con un tono de voz cómodo para el emisor.
- 3 Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas relevantes o entender mensajes por megafonía.
- 4 Existe reverberación en la sala, lo que dificulta la comunicación.

Si alguna de estas preguntas es afirmativa, indicar en qué grado.

Pregunta \ Grado	1	2	3	4
Nada				
Poco				
Regular				
Bastante				
Mucho				

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL:

INTERFERENCIA EN LA COMUNICACIÓN VERBAL

- La calidad de la comunicación verbal se expresa en función de la inteligibilidad y el esfuerzo vocal.
 - Comunicación normal, relajada y prolongada para esfuerzo vocal normal: inteligibilidad de nivel bueno
 - Comunicación persona a persona crítica: mensajes cortos con palabras clave conocidas y se requiere esfuerzo vocal elevado: inteligibilidad suficiente

ISO recomienda medir la comunicación con el método SIL (Speech Interference Level)

- Las personas con trastornos leves de la audición requieren una mejora de la relación señal-ruido de 3 dBA
- Sustituir señales acústicas por señales que no puedan ser afectadas por el medio tan fácilmente

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL PARTE A

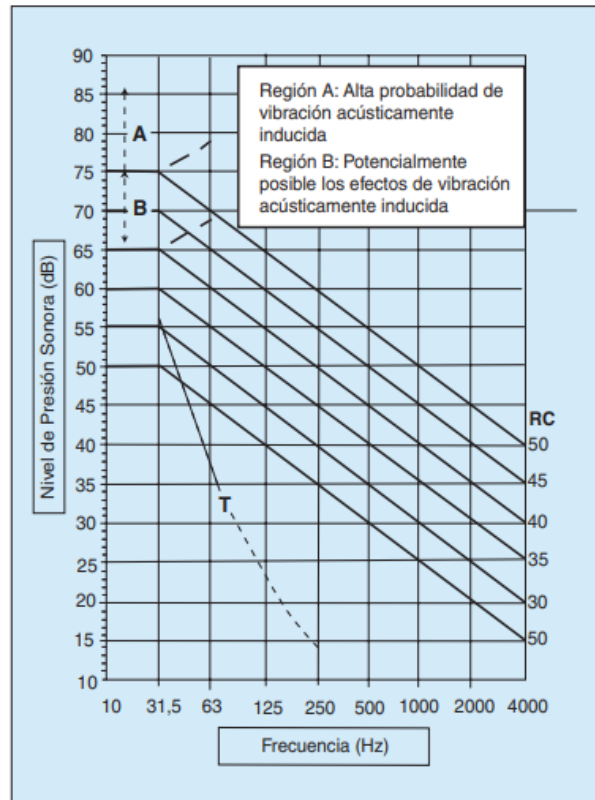
A. IDENTIFICACIÓN DE EFECTOS SOBRE LA PERSONA TRABAJADORA

- De ser todas las respuestas al cuestionario “Nada” , no se realiza intervención alguna en el tratamiento acústico
- De ser alguna respuesta “Mucho” , se debe intervenir urgentemente
- Las respuestas “Poco”, “Regular” o “Bastante” pueden ser intervenidas al establecer prioridades

Si se desea profundizar en la identificación de los puestos de trabajo en los que el ruido es un problema , se puede utilizar cuestionarios EN ISO 28802:2012, igualmente se podría utilizar el cuestionario “GABO”, este es propuesto por el Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) para recopilar datos de las percepciones de los trabajadores sobre su entorno de trabajo.

Para la valoración de la relación existente entre la exposición al ruido y las molestias de una forma objetiva se han desarrollado unos índices acústicos, los índices acústicos definen una familia de curvas que establecen límites aceptables de confort acústico en diferentes espacios en los que existen unos niveles de ruido de fondo estables. Ej: el criterio técnico RC Mark II, al ser multidimensional en su composición y capaz de evaluar tanto la intensidad relativa como la calidad del sonido de fondo, ayuda a determinar dónde y cuánto debe modificarse el espectro sonoro para satisfacer a las personas expuestas.

Figura 41. Familia de curvas RC



PARTE B: factores de riesgo: preguntas objetivas relacionadas con la tarea, características del ruido y fuentes

4. Características de tareas realizadas

Las tareas que se ven más afectadas negativamente por el ruido son: tareas que requieren alto grado de concentración, aprendizaje o procesamiento, tareas en donde la comunicación es importante, tareas manuales que requieren de gran destreza, tareas simultáneas, de vigilancia y tareas con señales

auditivas

- El trabajo desarrollado implica altos niveles de atención.
- El trabajo desarrollado requiere efectuar tareas mentales o manuales de alta complejidad.
- El desarrollo de la tarea exige una elevada discriminación auditiva, por ejemplo:
 - reconocimiento de conversaciones,
 - reconocimiento de señales de aviso o de alarma,
 - reconocimiento de diferencias y variaciones de sonido, en tono o intensidad como, por ejemplo, afinación de instrumentos musicales,
 - reconocimiento de la posición de los sonidos o tonos como, por ejemplo, la localización de sonidos críticos en máquinas funcionando, averías, etc.

Descripción de las tareas y comentarios:

.....

.....

.....

.....

.....

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL:

CARACTERÍSTICAS DE LAS TAREAS REALIZADAS

Una vez que se analizan los puestos de trabajo, se debe de programar a manera que se alternan las tareas ruidosas con las que no lo son.

Se deben adoptar medidas organizativas:

- Distribución adecuada de los puestos de trabajo.
- Rotación del personal entre tareas ruidosas y poco ruidosas.
- Organización de tareas.

- Realización de pausas sin ruido a lo largo de la jornada.
- Acondicionamiento de lugares sin ruidos para las pausas.
- Formación e información sobre la existencia del ruido.

5. Características del ruido

La sensibilidad auditiva está entre los 500 y 5000 Hz. Los tonos puros en frecuencias altas son más molestos en frecuencias altas. Las frecuencias mayores a 2 kHz afectan negativamente el desempeño de la tarea. La percepción del ruido es diferente para cada persona dependiendo de la edad, sexo, personalidad, condiciones médicas etc. Los ruidos esperados son menos molestos que los inesperados

- El nivel de ruido es constante y continuo en el tiempo.
- El nivel de ruido sufre grandes variaciones a lo largo de la jornada.
- Existe habitualmente ruido de impactos (golpes).
- Hay ruido aleatorio e inesperado en algún momento de la jornada que sobresalte a la persona trabajadora.
- Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente.
- Existe algún tono o frecuencia del ruido predominante.

Comentarios

.....

.....

.....

.....

5. CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO

Se recomienda estudiar cada caso para solucionarlo de la mejor manera posible. Se deben adoptar medidas para controlar el ruido, por ejemplo, en la elección del material absorbente frente a un ruido determinado.

Explicación del material: Cuando el sonido choca con un obstáculo, parte de la energía se refleja, parte es absorbida por el obstáculo y parte se transmite. Los absorbentes acústicos funcionan como transductores de energía, convirtiendo la energía mecánica del sonido en calor. Un buen material absorbente presenta un coeficiente de absorción (fracción de energía que el obstáculo absorbe) aproximado a 1.

También es importante el espectro de frecuencias en el control activo contra el ruido (adoptado frecuentemente en sistemas de aire acondicionado). El control activo de ruido y vibraciones permite la reducción del nivel de ruido recibido debido a la creación de una interferencia destructiva generada artificialmente, al hacer una onda acústica en oposición de fase entre las ondas existentes. Son efectivas en frecuencias bajas o medias.

6. Fuentes del ruido

Se tolera más un ruido inevitable que proviene de la actividad o cuando contiene información útil. Se debe definir cuál es su fuente.

- El ruido es producido por la tarea que realiza la propia persona.
- El ruido es producido por fuentes ajenas a la persona.

En caso afirmativo señale y ordene las fuentes de ruido que le resulten más molestas a la persona. En primer lugar, ponga la que se ha considerado más molesta asignándole el número 1, a continuación la siguiente con el número 2, y así sucesivamente. No asigne un número si la persona no siente ninguna molestia relacionada con alguna fuente.

Ruido exterior	<input type="checkbox"/>
Ruido procedente de personas	<input type="checkbox"/>
Ruido de las instalaciones	<input type="checkbox"/>
Ruido de equipos de trabajo	<input type="checkbox"/>

Comentarios

.....

.....

.....

.....

6.1 Ruido exterior

- Es importante el ruido procedente del exterior (calle, tráfico, etc.)

En caso afirmativo pregunte en qué momento de la jornada resulta más molesto.

.....

.....

6.2 Ruido procedente de personas

Hay ruido molesto procedente de personas:

- Conversaciones.
- Paso de personas cerca del puesto de trabajo.
- Debido a la actividad: teclado, abrir cajones,...
- Producido por un puesto de trabajo en particular.

Especificar en caso afirmativo.

.....

.....

- Existe un sistema de climatización ruidoso.
- Existen otras instalaciones que generan ruido (maquinaria de ascensores, etc.).
- Existe reverberación en la sala que interfiere en la tarea.

Especificar en caso afirmativo (tipo de instalación, localización de las instalaciones, tiempo de funcionamiento, etc.)

.....

.....

6.3 Ruido de instalaciones

- Existe un sistema de climatización ruidoso.
- Existen otras instalaciones que generan ruido (maquinaria de ascensores, etc.).
- Existe reverberación en la sala que interfiere en la tarea.

Especificar en caso afirmativo (tipo de instalación, localización de las instalaciones, tiempo de funcionamiento, etc.)

.....

.....

En Guatemala:

ARTÍCULO 182. Se consideran lugares de trabajos ruidosos aquellos que empleen para el desarrollo de su actividad, fuentes generadores de ruidos, ya sean continuos cuyos niveles de presión sonora sean superiores a los ochenta y cinco decibeles (85 dB) (A) o de pico superiores a los noventa decibeles (90 dB) ciento cuarenta dB (C).”

ARTICULO 186.Las instalaciones o fuentes generadoras de ruido en los centros de trabajo, deben ser separadas, aisladas de las áreas contiguas con material que atenúe la propagación del sonido, a niveles inferiores de los establecidos en el presente reglamento

6.4 Ruido de equipos de trabajo

- El puesto de trabajo está próximo a un proceso productivo ruidoso.
- Se precisa de equipos ruidosos para el desarrollo de la tarea (impresoras, teléfonos, etc.)

Especificar en caso afirmativo (localización de los equipos, tiempo de funcionamiento, etc.)

.....

.....

.....

En Guatemala:

- Artículo 85:Al diseñar el puesto de trabajo debe tenerse en cuenta el ruido producido por los equipos instalados, en especial para que no se perturbe la atención ni la comunicación.
- ARTICULO 183.Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones molestas se deben aislar por medio de las técnicas de control de ingeniería y en el recinto de aquellas sólo trabajará el personal necesario para su mantenimiento durante el tiempo indispensable, de acuerdo a los criterios de calidad ambiental para ruido y vibraciones indicados en el presente reglamento.

6.5. Mantenimiento

A veces el ruido puede venir de un mal mantenimiento por partes aflojadas o partes metálicas golpeadas. Se debe de hacer un mantenimiento periódico justo para eliminar el ruido.

- Ausencia de un programa correcto de mantenimiento periódico de equipos e instalaciones.

Especificar en caso de encontrar alguna deficiencia:

.....
.....

Comentarios sobre las fuentes de ruido

.....
.....
.....

Una vez realizado el cuestionario a las personas que se encuentran expuestas a un ambiente acústico sin tratamiento se deben interpretar y conocer las medidas de prevención y control que los resultados indican.

IV. Medidas de prevención y control. B

Factores de riesgo:

Características de las tareas realizadas.

Un ruido puede disminuir la concentración en unos trabajos y ser estimulante en otros, ej: tareas monótonas y repetitivas.

Tareas que se ven afectadas por el ruido:

- Las que requieren alto grado de concentración, aprendizaje o procesamiento analítico. Entre más ruido se necesita mayor concentración.
- Tareas que requiere de comunicación (conversación-escucha)

- Tareas manuales de gran destreza
- Simultáneas.
- Vigilancia
- Las que necesitan señales auditivas.

-
- El trabajo desarrollado implica altos niveles de atención.
 - El trabajo desarrollado requiere efectuar tareas mentales o manuales de alta complejidad.
 - El desarrollo de la tarea exige una elevada discriminación auditiva, por ejemplo:
 - reconocimiento de conversaciones,
 - reconocimiento de señales de aviso o de alarma,
 - reconocimiento de diferencias y variaciones de sonido, en tono o intensidad como, por ejemplo, afinación de instrumentos musicales,
 - reconocimiento de la posición de los sonidos o tonos como, por ejemplo, la localización de sonidos críticos en máquinas funcionando, averías, etc.

Descripción de las tareas y comentarios:

Características del ruido

Según las características físicas del ruido, el ser humano presenta diferentes reacciones. La mayor sensibilidad auditiva se localiza entre 500 y 5.000 Hz y esta sensibilidad decrece rápidamente en los extremos del espectro de frecuencia. Las frecuencias mayores de 2 kHz afectan negativamente en el desempeño de la tarea.

No todos perciben de la misma manera el ruido, esto depende de la edad, sexo, tipo de personalidad, etc. Estas características determinan el nivel de sensibilidad.

Los ruidos esperados son percibidos como menos molestos que los inesperados, sin embargo, el ruido de un teléfono, puertas, equipos pueden ser molestos.

- El nivel de ruido es constante y continuo en el tiempo.
- El nivel de ruido sufre grandes variaciones a lo largo de la jornada.
- Existe habitualmente ruido de impactos (golpes).
- Hay ruido aleatorio e inesperado en algún momento de la jornada que sobresalte a la persona trabajadora.
- Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente.
- Existe algún tono o frecuencia del ruido predominante.

Comentarios

.....

6. Fuentes de ruido

Un ruido se tolera mejor cuando es consecuencia inevitable de la actividad desarrollada o cuando el ruido contiene información útil.

- El ruido es producido por la tarea que realiza la propia persona.
- El ruido es producido por fuentes ajenas a la persona.

En caso afirmativo señale y ordene las fuentes de ruido que le resulten más molestas: la persona. En primer lugar, ponga la que se ha considerado más molesta asignándole el número 1, a continuación la siguiente con el número 2, y así sucesivamente. No asigne un número si la persona no siente ninguna molestia relacionada con alguna fuente.

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Ruido exterior | <input type="checkbox"/> |
| Ruido procedente de personas | <input type="checkbox"/> |
| Ruido de las instalaciones | <input type="checkbox"/> |
| Ruido de equipos de trabajo | <input type="checkbox"/> |

Comentarios

.....

6.1 Ruido exterior

- Es importante el ruido procedente del exterior (calle, tráfico, etc.)

En caso afirmativo pregunte en qué momento de la jornada resulta más molesto.

.....
.....

6.2 Ruido procedente de personas

Hay ruido molesto procedente de personas:

- Conversaciones.
 Paso de personas cerca del puesto de trabajo.
 Debido a la actividad: teclado, abrir cajones, ...
 Producido por un puesto de trabajo en particular.

Especificar en caso afirmativo.

6.3 Ruido de las instalaciones.

El Artículo 11 del Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, señala que “En condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas, estará limitado.

En oficinas el ruido debe ser limitado a 45 dBA, igualmente puede haber reverberaciones molestas

- Existe un sistema de climatización ruidoso.
- Existen otras instalaciones que generan ruido (maquinaria de ascensores, etc.).
- Existe reverberación en la sala que interfiere en la tarea.

Especificar en caso afirmativo (tipo de instalación, localización de las instalaciones, tiempo de funcionamiento, etc.)

.....

6.4 Ruido de los equipos de trabajo

- El puesto de trabajo está próximo a un proceso productivo ruidoso.
- Se precisa de equipos ruidosos para el desarrollo de la tarea (impresoras, teléfonos, etc.)

Especificar en caso afirmativo (localización de los equipos, tiempo de funcionamiento, etc.)

.....

6.5 Mantenimiento.

Los niveles de ruido pueden aumentar a falta de mantenimiento. El ruido puede proceder de partes aflojadas o de partes metálicas golpeadas por materiales. Dicho ruido puede reducirse fácilmente con un mantenimiento periódico apropiado.

Se debe considerar la lubricación, alineamiento, equilibrado de masas, etc.

Compruebe que existe y se lleva a cabo apropiadamente un programa de mantenimiento:

- las pantallas acústicas absorbentes están bien colocadas
- el material absorbente que recubre suelos, techos y paredes está en buen estado

- Ausencia de un programa correcto de mantenimiento periódico de equipos e instalaciones.

Especificar en caso de encontrar alguna deficiencia:

.....
.....

Comentarios sobre las fuentes de ruido

.....

MEDIDAS DE CONTROL Y PREVENCIÓN:

6. FUENTES DE RUIDO

6.1 Ruido exterior. En este caso, se puede tratar con la selección apropiada de los materiales de construcción, el diseño del aislamiento y, en especial, la selección del tipo de ventanas.

6.2 Ruido de personas.

Se deben crear barreras que separen los puestos de trabajo y que absorban el ruido.

Con conversaciones irrelevantes, se puede utilizar ruido blanco o medidas de control activo del ruido. Un ruido blanco tiene un nivel de presión acústica constante en todas las frecuencias.

Tratamiento acústico del lugar con materiales absorbentes de tal manera que disminuya el nivel de energía acústica reflejada en paredes, suelos, etc.

6.3 Ruido de las instalaciones

Es posible conseguir una reducción del ruido procedente del sistema de ventilación y climatización con:

- Conexiones aislantes
- Encamisado de los conductos con materiales absorbentes: revestimiento de conducto mediante madera de polímero resistente a corrosión y adecuado a conducción

- Instalación de silenciadores: dispositivo instalado en motores para que hagan menos ruido
- Utilización de elementos antivibratorios: dispositivos que aíslan vibraciones mediante la asimilación de sacudidas
- Modificación del tamaño de los difusores y rejillas.

Si se utilizan señales acústicas, el real decreto español establece que debe de tener un ruido sonoro superior al ambiental y que es audible a partir de los 15 dBa

Se puede impedir la transmisión de vibraciones a las estructuras (suelos, paredes, elementos de montaje, tuberías) mediante:

- Montaje de la máquina sobre aislantes vibratorios apropiados.
- En sistemas de tuberías, utilizar juntas flexibles o revestimientos con láminas de amortiguador.
- Utilizar sistemas de fijación apropiados
- Control activo del ruido, para las bajas frecuencias de los sistemas de ventilación.
- Para disminuir la reverberación se puede efectuar un tratamiento acústico del local con materiales absorbentes de tal manera que disminuya el nivel de energía reflejada en paredes, suelos, etc.

Figura 42. TIEMPOS DE REVERBERACIÓN

RECINTO	TIEMPO DE REVERBERACIÓN
Aulas y salas de conferencias vacías, sin ocupación y sin mobiliario, de volumen <350 m ²	T < 0,7 s
Aulas y salas de conferencias vacías, pero incluyendo el total de las butacas, de volumen <350 m ²	T < 0,5 s
Comedores y restaurantes vacíos	T < 0,9 s

6.4 Ruido de los equipos de trabajo

- Se pueden sustituir/eliminar equipos por otros que generen menos ruido.
- Seleccionar los procedimientos o procesos de producción menos ruidosos. (máquinas/equipos de menor emisión de ruido)
- Utilizar preferentemente materiales que absorban el ruido, ya sean engranajes de plástico, goma u otros, antes que engranajes metálicos.
- Utilizar silenciadores (escapes de válvula)
- Modificar los componentes de las máquinas o su régimen de funcionamiento.
- Para disminuir el ruido transmitido por las estructuras se pueden aislar las propias estructuras entre sí.
- Evitar la transmisión del ruido con una redistribución de dichos equipos:
 - Distribución adecuada de las máquinas, alejándose de paredes y objetos reflectantes
 - Agrupar las máquinas ruidosas.
 - Alejar la fuente de ruido del receptor.

- Compartimentación adecuada del equipo.
- Aislar la fuente de ruido mediante un cerramiento
- Interposición de barreras aislantes que limiten el ruido (láminas de acero, madera, vidrio, plástico)
- Utilizar cabinas aislantes con el fin de proteger al trabajador de la exposición al ruido.

En caso de sonidos generados por impacto directo:

- Disminuir la altura a la que están situados los materiales.
- Si se puede, disminuir los golpes secos.
- Adoptar medidas para enmascarar el ruido, por ejemplo, con ruido blanco.

6.5 Mantenimiento:

- Implantar un programa de mantenimiento periódico de acuerdo a los equipos y sistemas de climatización.
- Seguir las instrucciones del fabricante para la instalación y mantenimiento.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL B:

B: FACTORES DE RIESGO.

Factores que influyen en la percepción del sonido
<ul style="list-style-type: none"> • Características de la tarea: dificultad y duración. • Características del ruido: <ul style="list-style-type: none"> – Físicas: nivel, frecuencia, variabilidad ... – No físicas: contenido en información, predictibilidad... • Características de la persona: estado físico y anímico, actitud, edad...

Figura 3. Factores que influyen en la percepción del sonido.

Se deben tener en cuenta las características personales de quien ocupa el puesto de trabajo, además de las tareas realizadas, las características del ruido y sus fuentes, ya que cada individuo puede percibir de manera diferente el ruido.

Medición del ruido

Pasos para seguir para realizar una medición del ruido en ambiente laboral:

1. Análisis de trabajo

Una vez realizado el cuestionario y determinados los puestos de trabajo que precisan medición, hay que analizar el trabajo en concreto para poder escoger la estrategia de medición apropiada.

2. Selección de la estrategia de medición

- Estrategia basada en la tarea: si el trabajo a realizar en la jornada laboral se subdivide en un determinado número de tareas representativas que son medidas independientemente.
- Estrategia basada en el puesto de trabajo: la medición se realiza sobre personas que desarrollan diferentes tareas en su puesto de trabajo, difícilmente subdivisibles y, por lo general, en el marco de un grupo de exposición homogéneo.
- Estrategia de medición de jornada completa: la medición se lleva a cabo a lo largo de toda la jornada laboral.

3. Mediciones

- Si se mide el nivel de ruido que recibe la persona, los valores medidos deben representar el nivel de ruido en su oído. Para ello se colocará el sonómetro a unos 10 cm de la oreja, y, si es posible, apartando a dicha persona para evitar apantallamiento con su cuerpo.
- Si se mide el nivel de ruido en el lugar de trabajo, se efectuará la medida a una distancia mínima de 1 m de las paredes, entre 1,2 y 1,5 m del suelo y alrededor de 1,5 m de las ventanas.

- Si el ruido no es estable, se determinará la duración y el nivel de ruido.

4. Determinación de errores e incertidumbre.

El resultado puede verse afectado por los errores e incertidumbres en la medición.

5. Cálculos de la incertidumbre y presentación de los resultados

El resultado final indicará tanto el valor medido, como el valor de la incertidumbre.

ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA

Para tener un entorno de trabajo con bajo nivel de ruido lo ideal es tenerlo en cuenta desde la etapa de diseño.

- a) ¿Está disponible la información sobre la emisión de ruido de la máquina y sobre el menor ruido alcanzable?
- b) ¿Se ha incluido en las especificaciones técnicas de la máquina a adquirir algún requisito específico de información o de garantía sobre la emisión de ruido?
- c) ¿Cuál será el impacto sonoro de la nueva máquina en el lugar de trabajo donde se pondrá en funcionamiento?

La información básica para demandar a los posibles suministradores incluye los siguientes datos de emisión de ruido:

- nivel de potencia acústica ponderado A declarado
- nivel de presión acústica de emisión ponderado A declarado,
- nivel de presión acústica de emisión de pico ponderado C declarado (si es pertinente)

Los valores de emisión de ruido sirven para:

Seleccionar la máquina con menor emisión de ruido, evaluar el estado de la técnica de reducción del ruido, la predicción de los posibles niveles de inmisión de ruido.

ANEXO 3: MÚSICA AMBIENTAL EN EL TRABAJO:

La música puede producir sensaciones agradables, generando bienestar y aliviando el aburrimiento y la fatiga, con lo que además mejora la atención. En trabajos rutinarios, repetitivos y monótonos, la música puede servir de activación para que los ruidos producidos por la propia actividad laboral no se perciban como molestos.

Con el consentimiento de las personas, estos son los puntos para verificar en los lugares de trabajo con música ambiental.

- No debe haber música ambiental donde el nivel de ruido sea cercano a 80 dBA.
- La música ambiental debe contar con la aprobación de las personas afectadas.
- Si se requiere concentración elevada, puede ser una distracción.
- La música no debe incluir avisos frecuentes que desvíen la atención.
- Las canciones separadas por pausas de más de 3 segundos crean reacciones de espera y distraen la atención.
- Los ritmos lentos pueden generar somnolencia y los rápidos irritación, siendo negativo un ritmo superior al ritmo de trabajo.
- Es recomendable dividir el programa de música de la jornada en periodos de 15 a 30 minutos, separados por pausas largas
- Es bueno establecer la música ambiental teniendo en cuenta la opinión y gustos personales de los afectados