



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO DE EFICIENCIA  
GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EMPRESAS  
INDUSTRIALES DEL SECTOR METALMECÁNICO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES: BOLÍVAR FRANCISCO CONDO AGUIRRE.**

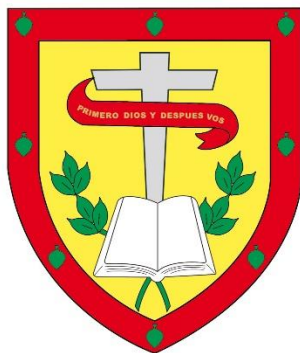
**LUIS EDUARDO ZAMBRANO HERAS**

**DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS GÁRATE AGUIRRE MBA/MIE**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO DE EFICIENCIA GENERAL DE  
LOS EQUIPOS (OEE) EN EMPRESAS INDUSTRIALES DEL SECTOR  
METALMECÁNICO

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES: BOLÍVAR FRANCISCO CONDO AGUIRRE.**

**LUIS EDUARDO ZAMBRANO HERAS**

**DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS GÁRATE AGUIRRE MBA/MIE**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

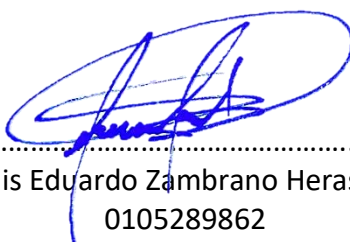
## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Bolívar Francisco Condo Aguirre y Luis Eduardo Zambrano Heras portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0102798790 y 0105289862. Declaramos ser autores de la obra: “Desarrollo de una Herramienta para la Automatización del Cálculo de Eficiencia General De Los Equipos (OEE) en Empresas Industriales del Sector Metalmecánico”, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 19 de octubre de 2023



F: .....  
Bolívar Francisco Condo Aguirre  
0102798790



F: .....  
Luis Eduardo Zambrano Heras  
0105289862

## CERTIFICADO

Yo, Juan Carlos Gárate Aguirre, certifico:

Que el presente proyecto de titulación denominado “DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EMPRESAS INDUSTRIALES DEL SECTOR METALMECÁNICO”, fue desarrollado por los estudiantes Bolívar Francisco Condo Aguirre y Luis Eduardo Zambrano Heras, bajo mi supervisión.



F: .....

**Ing. Juan Carlos Gárate Aguirre, MBA/MIE.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis queridos padres, Sr Enrique Condo y Sra. Estela Aguirre, Aunque ya no estén a mi lado, han sido una de mis fuentes de inspiración. Gracias por creer en mí y por alentarme a perseguir mis sueños.

También dedico este trabajo a mi amada familia, Mi esposa Roció y mis hijos Christian y Matías, quienes siempre estuvieron ahí para brindarme su aliento, comprensión y cariño en cada paso de este emocionante viaje académico.

Este logro es tanto suyo como mío, y espero que esta tesis sea un testimonio de mi gratitud por todo lo que han hecho por mí a lo largo de los años. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y por ser mi razón para esforzarme siempre en busca de objetivos nuevos.

Bolívar Francisco Condo Aguirre

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco Profundamente a Dios por permitirme alcanzar un objetivo más en mi vida profesional. A mis padres por ser mi ejemplo a seguir e inculcarme valores y sabiduría, que con esfuerzo todo se puede alcanzar. A mi esposa que es el pilar fundamental que con su apoyo, paciencia, aliento y amor me fortalecieron para poder terminar con la carrera académica para la obtención del título.

A todo el plantel de docentes, que con sus enseñanzas y dedicación a lo largo de la carrera nos dieron la oportunidad de formarnos con alto aprendizaje para poder enfrentar los retos profesionales que se nos viene.

A muchas personas que no los he podido mencionar aquí, que de alguna u otra forma apalancaron en mi formación profesional.

Muchas gracias a todos y cada uno de ellos.

Bolívar Francisco Condo Aguirre

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi amada madre, María Heras, dedico esta tesis con profundo amor y gratitud. Tu legado de fortaleza y perseverancia siempre ha sido mi guía y mi inspiración. Cada página de este trabajo está impregnada de la determinación que heredé de ti, y todos los logros en mi vida serán un homenaje a tu memoria. A mi padre, Vicente Zambrano, le dedico este logro con el más sincero agradecimiento. Tú has sido mi faro en la oscuridad, mi apoyo constante y mi ejemplo de trabajo duro y responsabilidad. Esta tesis es un testimonio de tu influencia en mi vida, y estoy orgulloso de poder compartir este éxito contigo. A mi amada esposa, Cristina Hidrovo, esta tesis lleva tu nombre en cada página. Tu compañía incondicional y tu apoyo incansable fueron las fuerzas que nos llevaron a este logro. Tú fuiste mi confidente, mi amiga y mi razón para esforzarme aún más por el amor que te tengo. Este trabajo es un homenaje a nuestra unión y a las metas que compartimos como familia. A mis queridos hijos, Eduardo y Emilio, esta tesis es un testimonio de mi compromiso con ustedes y con nuestro futuro. Cada palabra escrita aquí es un paso más hacia la realización de sus sueños y un recordatorio de la importancia de nunca rendirse. Los amo con todo mi corazón y espero que este logro les inspire a perseguir sus propias metas con pasión y determinación.

Luis Eduardo Zambrano Heras

## **AGRADECIMIENTO**

En el inicio de este agradecimiento, no puedo dejar de mencionar a Dios, quien ha sido mi constante compañero en este viaje. En los momentos de duda y en los desafíos, siempre me he sentido acompañado por Su amor y guía inquebrantable. También quiero expresar mi agradecimiento a mis queridos hermanos, familiares y amigos, quienes, de una u otra manera, han sido pilares fundamentales en este recorrido. Su apoyo desinteresado y su aliento constante han sido un regalo invaluable. Han compartido mi alegría en los triunfos y han sostenido mi ánimo en los momentos difíciles. Cada uno de ustedes ha dejado una huella profunda en mi vida y en la consecución de esta meta. Sus gestos de amistad y cariño han hecho de este camino una experiencia enriquecedora y llena de significado. Les agradezco de todo corazón por su presencia constante y su contribución invaluable a este logro.

Luis Eduardo Zambrano Heras

## RESUMEN

Esta investigación se centra en analizar una herramienta informática implementada en una empresa metalmeccánica en Cuenca, Ecuador, el objetivo fue mejorar el cálculo de los indicadores de Eficiencia General de Equipos (OEE, por sus siglas en inglés) en entornos industriales. Abordó el reto de automatizar el cálculo del indicador, eliminando la necesidad de la tabulación manual de datos, propensa a errores y deficiente. Su capacidad para generar estimaciones internas en hojas de cálculo electrónicas aumenta la eficiencia operativa proporcionando datos precisos sobre el OEE. Esta investigación beneficia a pequeñas y medianas empresas manufactureras que normalmente no invierten en sistemas avanzados de recolección de datos. Esta herramienta permite medir la disponibilidad, rendimiento y calidad de sus equipos con precisión, identificar áreas de mejora y tomar decisiones basadas en datos para mejorar la eficiencia de producción.

La metodología involucra la recopilación de datos relevantes, como el número de unidades producidas, defectuosas y las horas reales de producción, para generar la formulación que calcule los indicadores de los OEE. Además, se emplearán informes gráficos para presentar los resultados de manera visual y comprensible. Es importante mantener actualizados los datos para garantizar la precisión de los resultados y en la revisión periódica de la información para impulsar mejoras continuas en el rendimiento y la eficiencia de los equipos de producción. Esta investigación busca implementar una herramienta práctica y efectiva que mida automáticamente el cumplimiento del indicador en el contexto de la industria metalmeccánica.

*Palabras clave:* herramienta informática, OEE, automatizar el cálculo, industria metalmeccánica.

### **ABSTRACT**

This research analyzes a software tool implemented in a metal-mechanical company in Cuenca, Ecuador. The objective was to improve the calculation of Overall Equipment Efficiency (OEE) indicators in industrial environments. It addressed the challenge of automating the indicator analysis, eliminating the need for error-prone and poor manual data tabulation. Its ability to generate internal estimates in electronic spreadsheets increases operational efficiency, thus providing accurate OEE data. This research benefits small and medium-sized manufacturing companies that do not typically invest in advanced data collection systems. This tool allows one to accurately measure the equipment's availability, performance, and quality, identify areas for improvement, and make data-driven decisions to improve production efficiency.

The methodology involves collecting relevant data, such as the number of units produced, defective units, and actual production hours, to generate the formulation that calculates the OEE indicators. In addition, graphical reports will be used to present the results visually and understandably. It is essential to keep the data updated to ensure the accuracy of the results and in the periodic review of the information to drive continuous improvements in the performance and efficiency of the production equipment. This research seeks to implement a practical and effective tool that automatically measures indicator compliance in the context of the metalworking industry.

*Keywords:* software tool, OEE, automate the calculation, metalworking industry

## Índice General

<b>Contenido</b>	
<b>DECLARACIÓN .....</b>	<b>I</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
EL PROBLEMA.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
JUSTIFICACIÓN.....	1
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
<i>Ubicación del Estudio .....</i>	<i>2</i>
<i>Delimitación del Área del Proyecto.....</i>	<i>2</i>
OBJETIVOS.....	3
OBJETIVO GENERAL .....	3
OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	3
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>4</b>
MARCO TEÓRICO .....	4
<i>La Industria Metalmeccánica en el Ecuador.....</i>	<i>4</i>
CÓMO POTENCIAR EL SECTOR METALMECÁNICO EN ECUADOR.....	4
INDICADORES CLAVES (KPI).....	6
<i>Indicadores de Productividad para Empresas Metalmeccánicas. ....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 1 .....</i>	<i>8</i>
<i>Aplicación de KPI en Industrias Metalmeccánicas .....</i>	<i>11</i>
LEAN MANUFACTURING Y LOS OEE .....	12

EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) .....	13
<i>Ventajas y Desventajas del OEE</i> .....	15
<i>Componentes de los OEE</i> .....	16
<i>Fluctuación y Correlación de los Componentes de los OEE</i> .....	18
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN OEE .....	19
SEIS GRANDES PÉRDIDAS DE UN EQUIPO INDUSTRIAL.....	20
<i>Averías</i> .....	20
<i>Esperas</i> .....	20
<i>Microparadas</i> .....	20
<i>Velocidad Reducida</i> .....	20
<i>Pérdidas de Calidad</i> .....	21
<i>Reproceso</i> .....	21
<i>Cálculo de los OEE</i> .....	21
TECNOLOGÍA OEE.....	26
<i>Posibles soluciones tecnología en el cálculo del OEE</i> .....	26
<i>Soluciones Tecnológicas para los Problemas en la Producción</i> .....	28
<i>Implementación OEE Problemas-Desafíos</i> .....	29
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>32</b>
METODOLOGÍA.....	32
<i>Enfoque de la Investigación</i> .....	32
<i>Modalidad de la Investigación</i> .....	32
<i>Tipo de Investigación</i> .....	32
<i>Población y Muestra</i> .....	33
<i>Técnicas de Recolección de Información</i> .....	33
<i>Procesamiento y Análisis de la Información Recolectada</i> .....	34
<i>Método de Cálculo Seleccionado</i> .....	34
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>35</b>
DESARROLLO.....	35
<i>Caracterización de los Procesos</i> .....	35
<i>Tipos de procesos</i> .....	39
<i>Levantamiento de información del proceso</i> .....	40
<i>Formato tablero hora a hora</i> .....	41

<i>Proceso Semiautomático para “Formado Frentes y Puerta Caliente Platos” para estufas de combustión GLP.</i> .....	41
<i>Proceso automático y manual de “Frontales y Posteriores de Horno” para estufas de combustión de GLP.</i> .....	42
<i>Datos</i> .....	44
INTERPRETACIÓN DE CAUSAS ESTÁNDAR.....	64
PROCEDIMIENTO GENERAL PARA GENERAR LA AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO.....	68
<i>Transición de formatos hasta llegar al cálculo automático</i> .....	69
GENERAR FORMATOS ELECTRÓNICOS.....	70
<i>Propuesta de la Automatización del Cálculo del Indicador OEE</i> .....	71
<i>Formatos en Workspace de Google.</i> .....	71
FORMULARIO DE REGISTRO EN GOOGLE FORMS .....	73
<i>Sección 1</i> .....	74
<i>Sección 2/3/4/5/6/7/8.</i> .....	75
CÁLCULO DEL INDICADOR OEE. ....	76
<i>Estructura del Informe en Looker Studio</i> .....	77
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>87</b>
RESULTADOS .....	87
1. <i>Automatización del Cálculo de OEE.</i> .....	87
2. <i>Integración de Datos en Looker.</i> .....	87
3. <i>Generación de Informes Personalizados.</i> .....	87
4. <i>Mejora de la Toma de Decisiones.</i> .....	87
5. <i>Reducción del Tiempo de Análisis.</i> .....	87
6. <i>Feedback Positivo de los Usuarios.</i> .....	88
CONCLUSIONES .....	89
RECOMENDACIONES .....	89
BIBLIOGRAFÍA .....	91
REFERENCIAS. ....	91
ANEXOS .....	99
<i>Anexo 1. Comparación de recorridos.</i> .....	99
<i>Anexo 2. Fórmula para el cálculo del cumplimiento promedio del área de metalmecánica desarrollada en Looker Studio.</i> .....	100
<i>Anexo 3. Pantalla de edición del Tablero Hora a Hora</i> .....	100

<i>Anexo 4. Hoja de cálculo con Base de registro de Actividades Para el Plan de Acción.</i>	<i>101</i>
<i>Anexo 5. Disposición real de la maquinaria de Frentes y Puerta Caliente Platos</i>	<i>101</i>
<i>Anexo 6. Fotografía de una prensa Excéntrica de Metalmecánica</i>	<i>102</i>
<i>Anexo 7. Avería en matriz de troquelado</i>	<i>103</i>
<i>Anexo 8. Fondo de pantalla para el cálculo general del área de metalmecánica.</i>	<i>103</i>

## INTRODUCCIÓN

La presente propuesta de investigación se centra en la creación de una herramienta destinada a la automatización del cálculo de la Eficiencia General de los Equipos (OEE) en empresas del sector metalmecánico. Como Flores (2020) indica, el OEE es un indicador clave de rendimiento en la industria moderna que utiliza matemáticas simples para calcular eficazmente este parámetro. Este cálculo se basa en datos recopilados durante la producción, lo que permite interpretaciones tanto simples como complejas, adaptándose así a las necesidades específicas del usuario final.

El conocimiento profundo de los procesos de producción es fundamental para la mejora del rendimiento de las empresas. Como Socconini (2019) señala, comprender los problemas y restricciones inherentes a estos procesos permite enfocar los esfuerzos hacia la optimización de recursos tecnológicos y humanos. En este contexto, los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) desempeñan un papel crucial al facilitar el control de variables fundamentales, como los tiempos de inactividad de las máquinas, el cumplimiento de programas de fabricación y la prevención de averías, lo que se traduce en una mejora de la capacidad productiva total.

A menudo, se comete el error de aplicar metodologías que han tenido éxito en otras empresas sin considerar las particularidades de cada contexto. Como Issamar et al. (2019) explican, el Lean Manufacturing, por ejemplo, se ha convertido en una opción común para iniciar programas de mejora continua, enfocándose en la eliminación de actividades que no añaden valor a la cadena productiva. Sin embargo, con el avance de las herramientas informáticas, como menciona Rodríguez (2019), es posible desarrollar aplicaciones que agilicen la recopilación de datos necesarios para medir los componentes clave del OEE: rendimiento, calidad y disponibilidad. Estos componentes no solo ofrecen una visión detallada del comportamiento de las máquinas, sino que también permiten evaluar el desempeño de los operarios.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### Planteamiento del Problema

En la línea de producción de la industria metal mecánica, se enfrentan diversos problemas como por ejemplo la presencia de productos defectuosos, pérdidas de tiempo, averías, bajo rendimiento de los equipos y desperdicios de material. Muchos informes que se generan diariamente en esta área de las empresas se basan en la cantidad producida y las unidades defectuosas, pero al realizar los reportes mensuales suele encontrarse información sobre los problemas específicos en la línea lo cual se vuelve tedioso debido a la falta de organización y tabulación de datos en los formatos de dichos informes generados, diarios y mensualmente, sin proporcionan la información necesarios ni la confiabilidad suficiente para realizar una evaluación adecuada de la situación actual en la línea de producción y su respectivo seguimiento. En ocasiones, la alta dirección no dispone de argumentos sólidos para tomar decisiones orientadas a la gestión de mejoras que permitan reducir la cantidad de unidades defectuosas, aumentar la productividad, eliminar los tiempos muertos y las paradas innecesarias. (Casilimas, 2012)

La recopilación de información que, en última instancia, puede derivar en datos relevantes para la toma de decisiones, basadas en evidencia dentro de los procesos productivos contribuye a que las empresas puedan conocer de forma objetiva el estado actual de sus procesos, facilitando la toma de decisiones, sin embargo, existen muchas empresas que en la actualidad carecen de conocimiento, experiencia, herramientas y metodologías para llevarlo a cabo en tiempo real, no identificando las falencias en calidad y productividad de sus procesos. (Vásconez et al., 2020)

#### Justificación

La implementación de una herramienta de cálculo automático del OEE en la industria metal mecánica ecuatoriana se justifica debido a los desafíos críticos que enfrenta esta industria, como productos defectuosos, pérdida de tiempo, averías y bajo rendimiento. Los informes actuales carecen de organización, lo que dificulta la identificación precisa de problemas y la toma de decisiones informadas. Esta herramienta automatizada del OEE simplificará la mejora continua al permitir la recopilación y

análisis de datos en tiempo real, mejorando el rendimiento de la maquinaria y reduciendo costos.

En un mercado altamente competitivo y globalizado, las empresas metalmeccánicas ecuatorianas deben competir con productos extranjeros más económicos y eficientes. La implementación del cálculo automático del OEE es esencial para fortalecer su capacidad competitiva al mejorar la calidad, reducir tiempos de inactividad y tomar decisiones basadas en datos sólidos. Esto garantiza la supervivencia y el éxito de estas empresas en el mercado global.

### **Delimitación del Problema**

El presente trabajo de investigación se desarrolla en la ciudad de Cuenca, Ecuador, específicamente en una empresa del sector de metalmeccánico dedicada a procesos de transformación de materia prima en productos de línea blanca. El trabajo inicia con la recopilación de información de campo e histórica del comportamiento de los procesos del área de metalmeccánica de la empresa. La base de datos de la empresa se recopiló a partir de febrero de 2023, y el estudio de trabajo de titulación se inicia en julio de 2023, extendiéndose hasta agosto del mismo año. El enfoque central de este trabajo es la implementación de una herramienta de cálculo automático del OEE (Overall Equipment Effectiveness) en el contexto de la empresa mencionada.

### *Ubicación del Estudio*

País. Ecuador

Provincia. Azuay

Cantón. Cuenca

Sector Industrial. Metalmeccánico

### *Delimitación del Área del Proyecto*

El trabajo de investigación se enfoca en el sector manufacturero, subsector de la industria metalmeccánica por procesos de transformación de chapa metálica mediante procesos de conformado en frío creando semielaborados que serán posteriormente ensamblados en productos terminados de línea blanca.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Desarrollar una herramienta para la automatización para el cálculo de Eficiencia General de los Equipos (OEE) por medio de la aplicación de herramientas informáticas en empresas industriales del sector metalmeccánico.

### **Objetivo Específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica enfocada en los fundamentos teóricos, definiciones y estudios empíricos previos relacionados con los OEE.
- Caracterizar los procesos de manufactura mediante el levantamiento de sus especificaciones técnicas que viabilice la definición de sus deficiencias operacionales.
- Crear una herramienta tecnológica basada en hojas de cálculo que permita la captura y procesamiento de datos del proceso.
- Estructurar la base de datos mediante la obtención de información directa del proceso ingresadas en tiempo real a las hojas de cálculo formuladas.
- Generar indicadores departamentales de los procesos críticos que ayuden a definir el cumplimiento general del área analizada.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### *La Industria Metalmeccánica en el Ecuador*

En los últimos años, la industria metalmeccánica de Ecuador ha experimentado un sustancial aumento en su crecimiento. Es un sector clave dentro de la economía ecuatoriana, que abarca actividades como la fabricación de maquinaria y equipo, la producción de componentes metálicos y la prestación de servicios de ingeniería y metalurgia. Toledo (2023) menciona que uno de los factores que impulsan el desarrollo de la industria metalmeccánica en Ecuador es la inversión en infraestructura y proyectos de construcción a gran escala. La construcción de carreteras, puentes, represas y proyectos industriales ha generado una demanda creciente de equipos y componentes metálicos, lo que ha estimulado el crecimiento del sector.

Además, el estado ha tomado medidas para promover y apoyar la industria, como la introducción de incentivos fiscales y la creación de programas de capacitación y desarrollo tecnológico. Estos esfuerzos han contribuido a mejorar el desempeño y eficiencia de las empresas de maquinaria metalúrgica en Ecuador. Sin embargo, la industria metalmeccánica en Ecuador también enfrenta dificultades. Uno de ellos es la falta de acceso a tecnología de vanguardia y a maquinaria moderna, lo que limita la capacidad de algunas empresas para incrementar su productividad y competitividad dentro del mercado internacional. (Plaza & Quezada., 2022)

La dependencia de las importaciones de insumos y materias primas puede crear vulnerabilidades en términos de costo y disponibilidad. Las fluctuaciones en los precios de los metales y los problemas de la cadena de suministro pueden afectar la rentabilidad y la estabilidad de las empresas de la industria. Es importante destacar que la industria metalmeccánica en Ecuador tiene un gran potencial para diversificar su producción y expandirse hacia otros mercados. Existen oportunidades en sectores como la industria alimentaria, la agroindustria, la minería y la energía, donde la demanda de equipos y componentes metálicos sigue en aumento. (Díaz et al., 2023)

#### **Cómo Potenciar el Sector Metalmeccánico en Ecuador**

Torres & Carriel (2023) mencionan que la certificación ISO 9001 resulta fundamental al asegurar que los procesos de fabricación cumplan con elevados niveles de

calidad. Esto requiere que se realice un control de calidad en cada etapa del proceso, desde la recepción de las materias primas hasta la entrega del producto final. Además, es importante fomentar una cultura de calidad y capacitación constante para los empleados. Por su parte, Solís et al. (2023) indican que la implementación de tecnologías avanzadas como la automatización, la robótica y el uso de sistemas de control numérico por computador (CNC), pueden mejorar significativamente la eficiencia y precisión de los procesos de manufactura. Estas tecnologías permiten reducir los tiempos de producción, minimizar los errores humanos y aumentar la capacidad productiva.

Establecer alianzas con proveedores de tecnología y maquinaria especializada puede proporcionar acceso a equipos y conocimientos avanzados. Estas alianzas pueden incluir acuerdos de transferencia de tecnología, colaboración en investigación y desarrollo, y participación en programas de capacitación conjuntos. El intercambio de conocimientos y experiencias con socios estratégicos puede impulsar la innovación y mejorar los procesos de manufactura. (Herrera, 2023)

Es importante fomentar la formación técnica en áreas relacionadas con la industria metalmecánica, como soldadura, mecanizado, diseño asistido por computadora (CAD) y programación CNC. Esto puede lograrse mediante la creación de programas de capacitación especializados, la colaboración con instituciones educativas y la promoción de becas y prácticas profesionales en empresas del sector. La formación técnica de calidad garantiza que los trabajadores estén capacitados para manejar y controlar los procesos de manufactura de manera eficiente, Por medio de indicadores clave de desempeño (KPI) relacionados con los procesos de manufactura permite medir y monitorear el rendimiento de manera objetiva. Estos indicadores proporcionan información valiosa para identificar áreas de mejora y tomar acciones correctivas oportunas. (Nápoles et al., 2023)

En resumen, potenciar la industria metalmecánica en Ecuador el control de los procesos productivos de manufactura implica mejorar la gestión de la calidad, implementar tecnologías avanzadas, establecer alianzas estratégicas, promover la formación técnica y utilizar indicadores de desempeño. Estas estrategias contribuyen a optimizar los procesos, aumentar la eficiencia y la competitividad del sector metalmecánico en el país.

## **Indicadores Claves (KPI)**

En el entorno empresarial actual, la medición y el seguimiento del rendimiento son esenciales para el desarrollo de las organizaciones. Es aquí donde entran en juego los KPIs, o Indicadores Clave de Rendimiento. Estos poderosos instrumentos permiten a las empresas evaluar su desempeño de manera objetiva y cuantificable, brindando una visión clara de los resultados logrados frente a las metas establecidas. Los KPI brindan información valiosa para ayudar a identificar áreas de mejora, tomar decisiones estratégicas y alinear los esfuerzos del equipo para lograr los resultados deseados. En definitiva, los KPI se han convertido en herramientas imprescindibles para medir y optimizar el rendimiento empresarial en un mundo cada vez más competitivo. (Ortíz & Pardo, 2021)

Un KPI, es un Indicador Clave de Rendimiento (por sus siglas en inglés Key Performance Indicator), el autor Romero et al. (2022) define que los KPIs se consideran herramientas importantes para impulsar la eficiencia y eficacia en los procesos productivos, detectando desviaciones ocultas y agregando valor a las operaciones. Pesántez Erazo (2023) menciona que los KPI son indicadores o medidas que se utilizan para evaluar el desempeño y el progreso de una organización, departamento o individuo hacia los objetivos estratégicos. Estas métricas han sido cuidadosamente seleccionadas considerando aspectos clave del desempeño que impactan directamente en el éxito de una organización. Nápoles et al. (2023) recalca que el desempeño del sistema de gestión mide el logro de los objetivos del programa, agrupando varios aspectos estratégicos y operativos, apoyados en un conjunto de indicadores clave de desempeño (KPI) y métricas de proceso.

Los KPI proporcionan información cuantitativa y objetiva sobre el desempeño, lo que permite a las organizaciones tomar decisiones informadas y basadas en datos. Se utiliza para monitorear el rendimiento en áreas clave, identificar tendencias, medir el cumplimiento de metas y ayudar en la toma de decisiones estratégicas. Varían según la industria y los objetivos específicos de cada organización, pero suelen ser medibles, relevantes, alcanzables y orientados al tiempo. Al establecer y monitorear los KPIs adecuados, las organizaciones pueden evaluar su progreso, identificar áreas de mejora y ajustar sus estrategias para lograr un desempeño óptimo y alcanzar sus metas a largo plazo. (Acosta, 2020)

A lo largo de los años, los KPIs han experimentado una evolución significativa en la industria. Inicialmente, los KPI se centraban principalmente en métricas financieras tradicionales, como ingresos, ganancias y costos. Sin embargo, con el tiempo, se ha ampliado su alcance para abarcar otros aspectos del desempeño empresarial. Una de las evoluciones más destacadas es la incorporación de KPIs no financieros, estos son indicadores importantes de rendimiento que se utilizan para evaluar el desempeño de aspectos no monetarios de una organización. A diferencia de los KPIs financieros, que se centran en resultados económicos como ingresos, ganancias o rentabilidad. (Viki et al., 2022)

Los KPIs no financieros se enfocan en áreas como la satisfacción del cliente, calidad del producto, la eficiencia operativa, la innovación y el desarrollo del talento. Estos indicadores son igualmente importantes para evaluar el éxito de una organización, ya que ofrecen una perspectiva más completa y equilibrada de su desempeño. Las organizaciones han reconocido que el éxito empresarial no se puede medir únicamente a través de indicadores financieros, sino que también es necesario considerar otros aspectos como la satisfacción del cliente, la calidad del producto, la innovación, la productividad y la retención del talento. Estos KPI no financieros brindan una perspectiva más completa y equilibrada del desempeño de una empresa. (Tama & Moposita, 2022)

Además, la evolución de la tecnología ha tenido un impacto significativo en los KPI. Con el advenimiento de sistemas de gestión empresarial y herramientas de análisis de datos más sorprendentes, las organizaciones pueden recopilar, analizar y presentar datos de manera más eficiente. Esto ha llevado a una mayor automatización de la generación de informes ya una mayor capacidad para monitorear y ajustar los KPI en tiempo real. (Arias, 2022). El autor Angulo (2023) menciona algunos indicadores que se pueden utilizar en la industria metalmecánica:

- Indicadores de calidad.
- Indicadores estratégicos.
- Indicadores de rentabilidad.
- Indicadores de volumen de negocios.
- Indicadores de competitividad.

*Indicadores de Productividad para Empresas Metalmeccánicas.*

Los indicadores de productividad son la principal herramienta para evaluar y medir el desempeño de las empresas metalúrgicas. Estas métricas brindan una visión imparcial de la eficiencia y el rendimiento de los equipos, procesos y recursos utilizados en la producción. Utilizando medidas cuantitativas como la producción real, el tiempo de actividad, el tiempo de inactividad y la calidad del producto, las medidas de productividad ayudan a las empresas a identificar áreas de mejora, establecer objetivos y cumplir. Tomar decisiones informadas para optimizar la eficiencia y la rentabilidad. Además, las métricas de productividad brindan una base sólida para implementar estrategias de mejora continua y realizar un seguimiento del progreso hacia los objetivos establecidos. (Morris et al., 2022)

*Tabla 1*

*KPI's Industria Metalmeccánica*

<b>KPI</b>	<b>Formula</b>	<b>(Ejemplo)</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Autor</b>
Eficiencia de la producción	$(\text{Producción real} / \text{Producción esperada}) \times 100$	Aumentar en un 10% respecto al mes anterior	<ol style="list-style-type: none"> <li>Mejorar la planificación de la producción.</li> <li>Implementar programas de capacitación para los trabajadores.</li> <li>Optimizar los procesos de producción.</li> </ol>	Espinoza Arias, A. M. (2020).
Tiempo de ciclo	Tiempo total de fabricación	Reducir en un 15% respecto al año anterior	<ol style="list-style-type: none"> <li>Identificar cuellos de botella en el proceso de fabricación.</li> <li>Implementar métodos Lean y mejorar la eficiencia en cada etapa del ciclo de fabricación.</li> </ol>	Ortiz Buitrago, V., & Pardo López, H. F. (2021).

<b>KPI</b>	<b>Formula</b>	<b>(Ejemplo)</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Autor</b>
OEE (Overall Equipment Efficiency)	$(\text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}) \times 100$	Alcanzar un OEE del 85%	1. Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo regular de los equipos. 2. Mejorar la planificación y programación de la producción.	Alvarado, O. R., Benavidez, J. F., & Pascuas, W. (2023).
Utilización de la capacidad	$(\text{Producción real} / \text{Capacidad total}) \times 100$	Alcanzar una utilización del 90% de la capacidad	1. Optimizar el uso de la capacidad de producción. 2. Identificar y eliminar cuellos de botella en los procesos.	Ortiz Buitrago, V., & Pardo López, H. F. (2021).
Retrabajo o desperdicio	$(\text{Número de productos defectuosos} / \text{Número total de productos}) \times 100$	Reducir en un 20% respecto al trimestre anterior	1. Mejorar la formación y capacitación del personal en control de calidad. 2. Implementar medidas para reducir los defectos y desperdicios en el proceso.	Coello Panchana, M. G. (2014).
Costo laboral por unidad producida	$\text{Costo total de mano de obra} / \text{Número de unidades producidas}$	Reducir el costo laboral en un 5% respecto al año anterior	1. Mejorar la eficiencia de la mano de obra. 2. Automatizar procesos para reducir la dependencia de mano de obra.	Giancarlo, B. R. L. (2017).

<b>KPI</b>	<b>Formula</b>	<b>(Ejemplo)</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Autor</b>
Rotación de inventario	$(\text{Costo de bienes vendidos} / \text{Promedio de inventario}) \times 365$	Aumentar la rotación en un 10% respecto al año anterior	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementar un sistema de gestión de inventario eficiente.</li> <li>2. Mejorar la planificación de la demanda y reducir los niveles de inventario.</li> </ol>	Arribasplata Huatay, J. L. (2021).
Tiempo de entrega	$(\text{Fecha de entrega promedio} - \text{Fecha de solicitud promedio})$	Reducir el tiempo de entrega en un 15% respecto al año anterior	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mejorar la coordinación entre departamentos y proveedores.</li> <li>2. Implementar un sistema de seguimiento y control de pedidos más eficiente.</li> </ol>	González Silva, M. A. (2018).
Productividad por empleado	$(\text{Producción total} / \text{Número de empleados})$	Aumentar la productividad en un 5% respecto al año anterior	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proporcionar capacitación y desarrollo continuo a los empleados.</li> <li>2. Mejorar la comunicación y la colaboración en el lugar de trabajo.</li> </ol>	Carrasco Cruz, F., & Ulloa Genovez, D. N. (2022).
Rentabilidad de la producción	$(\text{Ganancia total} / \text{Número de unidades producidas})$	Aumentar la rentabilidad en un 10% respecto al año anterior	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar oportunidades para reducir costos de producción.</li> <li>2. Mejorar la eficiencia energética y el uso de recursos en los procesos de fabricación.</li> </ol>	Montesinos Celio, C. F. (2018).

Nota: Tabla de Indicadores para utilizados en la industria metalmecánica, varios autores.

### *Aplicación de KPI en Industrias Metalmeccánicas*

Olivera (2022) expresa que, en una empresa metalmeccánica, el control de los KPI es fundamental para evaluar el desempeño y la eficiencia en varios aspectos de las operaciones. Para lograr un control efectivo de los KPI, existen varias metodologías que se pueden aplicar. Estas metodologías ofrecen enfoques estructurados y sistemáticos para establecer, medir y monitorear los KPI relevantes, que posibilitan a las compañías la toma de decisiones respaldadas por información precisa y la constante mejora del desempeño. Al aplicar estas metodologías, la empresa puede identificar áreas de mejora, establecer objetivos claros, implementar acciones correctivas y seguir una ruta hacia la excelencia operativa. En este sentido, las metodologías de control de KPI se convierten en una herramienta fundamental para impulsar el éxito y la competitividad en el entorno metalmeccánico.

El mismo autor menciona que existen varias metodologías que se pueden utilizar para implementar la revisión de los KPI de productividad en una empresa metalmeccánica. Las más comunes son:

- **Balanced Scorecard (Cuadro de Mando Integral).** Ayuda a establecer una visión estratégica y alinear los KPI de productividad con los objetivos comerciales generales. Se centra en cuatro perspectivas clave; Financiero, cliente, procesos internos y aprendizaje/desarrollo. Con el Cuadro de mando integral, se pueden identificar y medir las métricas clave de cada cliente potencial para medir la productividad y el rendimiento generales. (Kaplan & Norton., 2006)
- **Lean Manufacturing.** La metodología Lean se basa en la eliminación de residuos y la mejora continua de los procesos de producción. En este sentido, la revisión de los KPIs de productividad se enfoca en identificar y eliminar tareas que no aportan valor, como tiempos de espera, re trabajos o viajes innecesarios. Las herramientas Lean, como el mapeo del flujo de valor y la aplicación de técnicas de mejora Kaizen, se utilizan para optimizar la productividad y las métricas relacionadas. (Ohno, 1988)
- **Six Sigma.** La metodología Six Sigma se enfoca en mejorar la calidad y reducir la variabilidad del proceso. Al aplicar Six Sigma en la revisión de los KPI de productividad, se identifican los problemas y las causas raíz que afectan el desempeño. Mediante el uso de herramientas estadísticas, el objetivo es reducir la

variabilidad y mejorar la eficiencia de los procesos, lo que se refleja en los KPI de productividad. (Smith, 1980)

- **PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)**. Esta metodología se basa en un ciclo continuo de mejora y ajuste. En la revisión de los KPI de productividad, se establecen objetivos, se definen los indicadores relevantes y se implementan acciones para mejorar los resultados. Luego, se monitorea y verifica el desempeño utilizando los KPI establecidos. Finalmente, se analizan los resultados y se toman medidas correctivas para ajustar y mejorar los indicadores de productividad. (Deming, 1950)

### **Lean Manufacturing y los OEE**

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión que busca eliminar el desperdicio y mejorar continuamente los procesos de producción. Por otro lado, el OEE es una herramienta clave utilizada en Lean Manufacturing para evaluar e incrementar el desempeño de los equipos de producción. (Salazar & Peñafiel, 2021)

Las implementaciones de manufactura esbelta pueden ayudar a reducir los plazos de entrega, optimizar los flujos de trabajo y reducir el inventario. Estos cambios ayudan a mejorar la eficiencia y la calidad de los productos producidos. OEE es una métrica fundamental en este contexto, ya que ayuda a medir el rendimiento del equipo y descubrir áreas de mejora. Al utilizar OEE junto con Lean Manufacturing, las empresas metalúrgicas pueden identificar y eliminar operaciones innecesarias, reduciendo el tiempo de inactividad y mejorando la utilización de recursos. Esto impulsa la eficiencia y la productividad, lo que puede generar costos más bajos, una entrega de productos más rápida y una mayor satisfacción del cliente. (Rodríguez, 2023)

Canahua (2021) menciona que es importante destacar que la implementación exitosa del OEE y Lean Manufacturing requiere un compromiso de toda la organización, desde la alta dirección hasta los empleados de producción. Se deben establecer equipos multifuncionales para analizar los datos del OEE, identificar oportunidades de mejora y trabajar en conjunto para implementar soluciones efectivas, la mejora continua, que es uno de los pilares fundamentales de Lean, y se basa en la idea de buscar constantemente oportunidades para optimizar los procesos y eliminar el desperdicio

Se determina que la mejora continua, utilizando el OEE como indicador clave, busca identificar y eliminar estos desperdicios en la producción. Al analizar los resultados

del OEE, se pueden detectar áreas donde se están generando tiempos de inactividad, rendimientos bajos o defectos de calidad, lo que indica la presencia de desperdicio. Al tomar acciones de mejora, como optimizar los flujos de trabajo, reducir los tiempos de espera y mejorar la calidad, el objetivo es eliminar este desperdicio y aumentar la eficiencia general del proceso.

### **Eficiencia General de los Equipos (OEE)**

En los entornos industriales y de fabricación, la eficiencia y la productividad son aspectos fundamentales para alcanzar el éxito operativo. Las empresas se esfuerzan constantemente por optimizar sus procesos de producción, reducir los tiempos de inactividad y maximizar la utilización de sus recursos. Sin embargo, para lograr estos objetivos, es esencial tener una buena comprensión clara de cómo se utilizan los equipos y cómo se pueden mejorar. (Rodríguez, 2021)

Corrales (2023) menciona que una de las medidas dentro de la industria ampliamente utilizadas y reconocidas es OEE (Eficiencia general del equipo), que proporciona una visión global del rendimiento del dispositivo en términos de disponibilidad, rendimiento y calidad. La comprensión del OEE permite a las organizaciones identificar las áreas de mejora, tomar decisiones informadas y realizar ajustes para maximizar el rendimiento de los equipos. Al comprender el Índice de Eficiencia Operativa OEE, tanto los gerentes como los operadores tienen la capacidad de identificar los puntos de congestión, disminuir los períodos de inactividad y, en última instancia, mejorar la eficiencia de producción,

Díaz et al. (2020) define que la eficacia general de los equipos OEE es una metodología que mide en un solo índice, en términos porcentuales, todos los aspectos fundamentales de la producción industrial, como la disponibilidad, el rendimiento y la calidad, desarrollado para determinar la efectividad a nivel de fábricas, donde exista un proceso productivo para incrementar el desarrollo de la organización, siendo más competitivo en el mercado que se desarrolle.

Rodríguez (2019) afirma que maximizar la eficiencia de los procesos industriales es de mucha importancia en los últimos tiempos para que las empresas frente a sus competidores. Mejorar la eficiencia de los procesos y medios de producción es fundamental para que las empresas incrementen su producción, reduzcan costos, y mejoren la productividad. Únicamente lo que se puede medir se puede controlar y

mejorar. Como tal OEE es una herramienta ideal para realizar esta medición. Porque un simple porcentaje puede determinar la eficiencia de cualquier proceso de fabricación.

El indicador OEE propuesto por Nakajima, S. (1988) establece como objetivo medir la eficiencia de producción de equipos y reducir la pérdida de equipos lo más cerca posible de cero y varias organizaciones lo reconocen como esencial. Se trata de un sistema organizativo en el que la responsabilidad no se limita al departamento de mantenimiento, ya que el funcionamiento adecuado de una máquina o instalación depende de cada empleado y es una responsabilidad compartida por toda la estructura de la empresa.

Calderón & Gonzales (2019) resaltan que las empresas deben romper la idea errónea de que el mantenimiento y la capacitación son un costo, no una inversión, el invertir crear procesos eficientes y personal productivo. Enfatizan que las ganancias conducen a un mantenimiento reducido de costos para seguir siendo competitivos en el mundo industrial de la producción, que atrae mayores ingresos financieros, las herramientas que pueden analizar el estado actual de la línea de producción son esenciales. La eficacia general del equipo (OEE), también conocida como eficacia global del equipo, es una métrica global que proporciona información del mundo existente, como el tiempo disponible del equipo, calidad del producto y el rendimiento del equipo.

Scott & Rodríguez (2021) señalan que para medir este dato requiere de un enfoque preciso, la efectividad general del equipo, es considerado un indicador clave de rendimiento. La razón, según este autor, está entre lo que realmente se hizo y lo que podría haberse hecho sin interrupciones innecesarias. El KPI mide las siguientes métricas de un proceso de fabricación, disponibilidad (tiempo de inactividad), rendimiento (velocidad de rendimiento) y calidad (producto dentro del estándar). Las lecturas se convierten en porcentajes y los porcentajes se ponderan para lograr la eficiencia del equipo en un entorno de fabricación. También cree que comprender la capacidad teórica de los equipos le permite realizarlos ajustes necesarios para garantizar las necesidades de producción.

Canahua (2021) hace referencia en su artículo, que las diversas empresas manufactureras, especialmente las pequeñas y medianas empresas (PYMES), deben recopilar datos como el tiempo de procesamiento por unidad y/o producto fabricado, tiempo de mantenimiento de equipos o maquinarias, y factores que contribuyen a error en el producto fabricado. Investigación descriptiva y cuantitativa para profundizar en el análisis pre-experimental. La recopilación de datos para el indicador OEE consiste en obtener de manera regular y sistemática información relevante sobre la disponibilidad,

rendimiento y calidad del equipo. Esta recopilación de datos nos brinda una completa ejecución del proceso de producción y nos ayuda a identificar posibles áreas de mejora. Es fundamental contar con sistemas y herramientas adecuadas para recopilar estos datos de manera precisa y confiable. Esto puede incluir el uso de sistemas de monitoreo automatizado, sensores, software de gestión de producción y registros manuales.

Los conocimientos teóricos y prácticos se aplican al mantenimiento a través de protocolos comunes que abarcan desde la distribución de las máquinas hasta el registro necesaria y el procesamiento de la información. Estos protocolos son fundamentales para la creación de planes e indicadores de gestión que controlan y monitorean los procesos de mantenimiento y producción. Esto impulsa la mejora continua en busca del objetivo final de ser un competidor de clase mundial. Es importante recalcar que el proceso de control y mantenimiento de la instalación evalúa un control efectivo para lograr dicho objetivo. (Cuadros, 2021)

#### *Ventajas y Desventajas del OEE*

El OEE permite a las empresas establecer metas claras y medibles, lo que simplifica el seguimiento del progreso y la comparación con los estándares de la industria. Además, fomenta la colaboración y la mejora continua al proporcionar una base común para la evaluación y el análisis en toda la organización. No obstante, es necesario considerar algunas desventajas y limitaciones, ya que se enfoca principalmente en el rendimiento de los equipos y no toma en cuenta factores importantes como la satisfacción del cliente o el impacto medioambiental (Gamarra & Ávila, 2023). En este mismo sentido, Castañeda (2022) establece que los OEE son ampliamente utilizados en la industria para evaluar el rendimiento de los equipos de producción. Ofrece numerosas ventajas, ya que proporciona una medición cuantitativa y comprensible del desempeño de los equipos. Permiten identificar áreas específicas que requieren mejoras y tomar acciones para optimizar la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Además, facilita el establecimiento de objetivos claros y medibles, lo que simplifica el seguimiento del progreso y la comparación con los estándares de la industria.

Plua (2023) afirma que si bien los OEE son una herramienta valiosa para evaluar la eficiencia operativa en la industria metalmeccánica, también tiene algunas desventajas que es importante tener en cuenta tales como simplificación de la medición, enfoque exclusivo en los equipos, sesgo hacia la maximización de la productividad, limitaciones en la interpretación de los resultados y necesidad de recopilar y analizar datos precisos

### *Componentes de los OEE*

El Marco Conceptual de los OEE proporciona una base teórica sólida para comprender y aplicar esta métrica primordial en la evaluación del desempeño de los equipos de producción. Este marco conceptual se basa en tres componentes fundamentales, disponibilidad, rendimiento y calidad. Cada uno de estos componentes ofrece una perspectiva única sobre cómo los equipos están funcionando y cómo se pueden mejorar para maximizar la eficiencia operativa. (Duran et al., 2022)

#### **Disponibilidad**

Macías (2020) recalca que la disponibilidad es un componente esencial del OEE se refiere al tiempo en que un equipo o máquina está disponible para llevar a cabo la producción en relación con el tiempo total disponible, calcula y considera tanto las paradas planificadas como las no planificadas. Las paradas planificadas incluyen actividades como mantenimiento programado, ajustes de la máquina o cambios de producto. Las paradas no planificadas se deben a fallas, falta de material, esperas debido a la falta de personal y otros factores imprevistos. El objetivo de la disponibilidad es maximizar el tiempo del equipo, ya que cuanto más tiempo esté disponible para la producción, mayor será su eficiencia.

Quesquen & Regalado (2021) aclaran la importancia de la disponibilidad no solo se refiere al tiempo en que los equipos están en funcionamiento, sino también a la velocidad de inicio y reinicio de las operaciones. Los tiempos de configuración, como los ajustes de la máquina y los cambios de producto, deben minimizarse para aprovechar al máximo el tiempo de producción disponible. Además de considerar las paradas planificadas y no planificadas, la disponibilidad en el OEE también abarca la efectividad y la eficiencia de los tiempos de producción. Esto implica evaluar la capacidad del equipo para mantener un ritmo constante y óptimo durante el tiempo de operación. Para lograr una alta disponibilidad, es esencial minimizar los tiempos de espera o el tiempo de inactividad.

### **Calidad.**

Macías (2020) acota que calidad es un aspecto fundamental en el OEE. Se refiere a la capacidad del equipo para producir productos que cumplan con los requisitos de calidad establecidos. Se evaluarán los productos defectuosos o no conformes generados durante un periodo determinado, incluyendo aquellos que requieran re trabajo, reproceso o no cumplan con las especificaciones de calidad establecida El objetivo es maximizar la calidad de los productos fabricados, ya que los productos defectuosos no solo satisfacen la necesidad del cliente, sino que también pueden generar costos adicionales y pérdidas de tiempo debido a re trabajos y reprocesos.

Cari & Fernández (2021) afirman que la calidad es un componente esencial del indicador, enfocado en la capacidad del equipo para fabricar productos que cumplen con los requisitos de calidad establecidos. Además de evaluar los productos defectuosos o no conformes, la calidad en el contexto del OEE también implica analizar la consistencia y uniformidad en la producción. Esto se refiere a la capacidad del equipo para mantener un nivel constante de calidad en la fabricación de productos a lo largo del tiempo. Es crucial implementar métodos de control de calidad y asegurar la estandarización de los procesos para minimizar la variabilidad y mantener una calidad consistente en los productos fabricados.

Es importante recalcar que la calidad no se limita al aspecto técnico del producto sino también a la calidad del servicio al cliente. La habilidad de proporcionar productos de alta calidad de manera puntual y cumplir con los requisitos y expectativas de los clientes es esencial para preservar una ventaja competitiva en el mercado. Por lo tanto, es esencial establecer un mecanismo de retroalimentación con los clientes, realizar estudios de satisfacción y utilizar los comentarios de los clientes para mejorar continuamente la calidad del producto y la experiencia general del cliente.

### **Rendimiento.**

Macías (2020) define que el rendimiento es un elemento clave del OEE, la eficiencia con la que un equipo o máquina produce productos en comparación con su capacidad máxima. Se calcula comparando las velocidades de producción reales con las velocidades teóricas o estándar, teniendo en cuenta las pérdidas de velocidad, como el tiempo de inactividad, el tiempo de configuración y el tiempo de espera. Medir y mejorar

el rendimiento es clave para aumentar la eficiencia general del equipo y maximizar la producción. Al identificar la causa de la ralentización y tomar medidas correctivas, puede acelerar la producción y utilizar el tiempo disponible de manera más eficiente.

Caicedo & Hinostraza (2021) aportan a la definición que el rendimiento no solo se centra en la eficiencia de producción, sino también en la eficacia en el uso de los recursos. Esto implica optimizar la utilización de materias primas, energía y otros insumos necesarios para la producción. Al minimizar los desperdicios y maximizar la utilización de los recursos, se logra una mayor eficiencia y se reducen los costos de producción. La mejora del desempeño también está íntimamente ligada a la implementación de técnicas y prácticas de mejora continua, como Lean Manufacturing. Identificar y eliminar las actividades que no agregan valor, conocidas como desperdicios, es clave para aumentar el rendimiento.

#### *Fluctuación y Correlación de los Componentes de los OEE*

Riquelme & Rodríguez (2019) menciona que los componentes de la disponibilidad, rendimiento y calidad en el OEE pueden fluctuar y correlacionarse de diferentes maneras, dependiendo de las condiciones y el desempeño de los equipos en la producción. A continuación, el autor describe algunos posibles escenarios entre estos componentes:

Fluctuación en la disponibilidad y rendimiento. Si hay paradas no planificadas o interrupciones en la producción debido a fallas de equipos, falta de material u otros factores imprevistos, tanto la disponibilidad como el rendimiento pueden disminuir.

Correlación entre la disponibilidad y el rendimiento. En general, una alta disponibilidad del equipo tiende a estar asociada con un mejor rendimiento. Cuando los equipos están disponibles durante la mayor parte del tiempo de producción planificado, hay más oportunidades para maximizar la velocidad de producción y obtener un rendimiento óptimo.

Fluctuación en la calidad y correlación con el rendimiento. La calidad de los productos fabricados puede influir en el rendimiento general del OEE. Si hay un aumento en la cantidad de productos defectuosos o no conformes, es probable que el rendimiento sea afectado negativamente.

Correlación entre la calidad y la disponibilidad. Si los equipos experimentan fallas o problemas de calidad recurrentes, es posible que se requiera un tiempo adicional para el mantenimiento y ajuste, lo que afecta la disponibilidad. Además, si los productos fabricados no cumplen con los estándares de calidad establecidos, puede ser necesario detener la producción para corregir los problemas o realizar inspecciones adicionales.

### **Desarrollo de un Sistema de Medición OEE**

Silveira & Oliveira (2019) mencionan que la medición del OEE en la industria metalmeccánica brinda a las empresas una visión clara del rendimiento de sus equipos y les permite identificar áreas de mejora. Al calcular el OEE, las empresas pueden identificar los tiempos de inactividad no planificados y tomar medidas para reducirlos. Esto incluye abordar problemas de mantenimiento, mejorar la planificación de la producción y optimizar los cambios de herramientas y materiales. Al aumentar la disponibilidad de los equipos, se incrementa la capacidad de producción y se reducen los tiempos de entrega. (Buchelli & Bravo., 2023)

Contreras (2018) Afirma que el desarrollo de un sistema de medición de OEE implica varios pasos importantes. A continuación, se describe un enfoque general para desarrollar un sistema de medición de OEE:

1. Definir objetivos y alcance.
2. Identificar los indicadores clave de rendimiento (KPI).
3. Establecer una metodología de recopilación de datos.
4. Implementar el sistema de recopilación de datos.
5. Calcular los indicadores de OEE.
6. Analizar los resultados y tomar medidas correctivas.
7. Realizar un seguimiento continuo.

Es importante tener en cuenta que el desarrollo de un sistema de medición OEE es un proceso en constante evolución. A medida que implemente el sistema y adquiera experiencia, podrá realizar ajustes y mejoras en los procesos para obtener resultados óptimos. La clave reside en mantener un enfoque de mejora continua y utilizar los datos de OEE para tomar decisiones informadas y eficientes en su empresa.

## **Seis Grandes Pérdidas de un Equipo Industrial.**

González (2009) aclara que los OEE se refieren al análisis y calificación simultáneamente de diferentes tipos de pérdidas que pueden ocurrir en el proceso de producción. Las pérdidas reducen el tiempo efectivo del proceso y se logra una producción óptima. Las pérdidas son:

### *Averías.*

Las fallas inesperadas y no programadas resultan en la pérdida de horas de producción. Esta interrupción puede originarse tanto por problemas técnicos como organizativos, como el mal funcionamiento de una máquina o la falta de mantenimiento en la planta. El OEE aborda este tipo de pérdida desde una perspectiva de falla.

### *Esperas.*

El tiempo de producción en modo de espera también se reduce. Una máquina puede permanecer en espera por varias razones. Por cambios, mantenimiento o interrupciones por refrigerio o almuerzo. Los cambios generalmente requieren que la máquina se apague por algún tiempo y que se reemplacen herramientas, dispositivos u otras partes.

### *Microparadas.*

Cuando una máquina experimenta breves interrupciones y variaciones en su velocidad, estas microparadas y las desaceleraciones que las acompañan suelen ser el resultado de problemas menores, como un sensor de ocupación bloqueado o una cinta transportadora obstruida. Aunque estos problemas son de naturaleza menor, pueden tener un impacto significativo en la eficiencia del sistema. En teoría, estas microparadas representan una pérdida de tiempo, pero debido a su corta duración (generalmente menos de 5 minutos), no se consideran como tal.

### *Velocidad Reducida.*

La velocidad disminuida se refiere a la discrepancia entre la velocidad actualmente operativa y la velocidad teórica o planificada. En ocasiones, puede existir una marcada divergencia entre la velocidad máxima estimada por el técnico y la velocidad máxima prevista teóricamente. Frecuentemente, las velocidades de producción se ajustaban a la baja para prevenir defectos de calidad y otras pérdidas, como roturas. Como resultado, en la mayoría de las situaciones, las pequeñas disminuciones de velocidad se pasaban por alto o se subestimaban

### *Pérdidas de Calidad.*

Los residuos se definen como productos que no cumplen con los requisitos de calidad especificados. Esto incluye productos que originalmente no cumplían con las especificaciones pero que podrían venderse como defectuosos. Nuestro objetivo es lograr 'cero defectos' y producir productos de la más alta calidad desde el principio.

### *Reproceso.*

Un producto procesado es también un producto que inicialmente no cumple con la calidad requerida, pero que puede repararse y procesarse en un producto de alta calidad. Los productos reciclados pueden verse bien a primera vista, pero también suponen una pesada carga para los trabajadores. Sin embargo, el producto no cumple inmediatamente con los requisitos de calidad, por lo que es una especie de pérdida de calidad.

### *Cálculo de los OEE*

Existen algunas maneras de calcular los OEE algunos de los cuales han sido propuestos por diversos autores y que se revisan a continuación:

Stamatis, (2010) menciona que los cálculos para determinar los OEE no son particularmente complicados, pero se debe tener cuidado con los estándares que se utilizan como base. Además, estos cálculos son válidos a nivel de área de trabajo o de número de piezas, pero se vuelven más complicados si se acumulan a niveles agregados. El autor menciona que para el cálculo de los OEE se deben considerar algunas métricas importantes las cuales tienen relación con el rendimiento efectivo total del equipo que mide la eficiencia en función de las horas planificadas, es decir, las 24 horas del día, los 365 días del año.

En lo que corresponde a "Disponibilidad" de la métrica OEE Stamatis, (2010) indica que esto tiene relación con el porcentaje del tiempo programado durante el cual una operación se encuentra en funcionamiento. Dicho de otra manera, el tiempo de actividad se refiere al porcentaje de tiempo en el que una máquina está en condiciones de producir componentes. El índice de eficiencia OEE representa el rendimiento de los equipos lo cual se lo valora considerando la velocidad de funcionamiento de una máquina

como un porcentaje de su velocidad prevista. En otras palabras, se compara la velocidad real de la máquina con su velocidad de diseño. Las métricas de rendimiento son métricas solo de velocidad diseñadas para eliminar los impactos en la calidad y la disponibilidad. Finalmente, la calidad en el índice OEE representa la relación entre la fracción de las unidades iniciales que cumplen con las especificaciones establecidas por el cliente, expresado como un porcentaje. Esto se calcula mediante la comparación entre las unidades de calidad producidas y el número total de unidades iniciales.

Por su parte, el autor Camarena (2020) menciona que los cálculos del OEE proporcionan datos referentes a la eficacia de la máquina a diario. No solamente es una métrica para evaluar el desempeño del sistema de producción, sino también una herramienta significativa para identificar áreas de mejora tras el análisis de las pérdidas. El OEE constituye un enfoque que evalúa la producción industrial teniendo en cuenta el desempeño, la disponibilidad y la calidad de las instalaciones de producción.

Los autores Hernández & Ortiz (2021) afirman que la eficiencia general del equipo (OEE) representa el resultado de 3 factores importantes, índice de disponibilidad, rendimiento y calidad. Para identificar estos factores se ha determinado el tiempo de calendario (TDC) el cual se considera como producto de la jornada de trabajo de cada mes, el número de horas de operación por día, y el número de máquinas en progreso. El tiempo disponible (TD), en este tiempo no se considera el tiempo de comida, limpieza o arranque. El tiempo de operación (TO) que constituye el TD menos el tiempo de pérdida por paradas, con este tiempo se puede utilizar para calcular el factor de disponibilidad de las máquinas. El tiempo productivo (TP) considerado como el tiempo de operación menos el tiempo de pérdida de velocidad por paradas menos a la ineficiencia de los operadores, con este tiempo se puede calcular la tasa de rendimiento de las máquinas. Finalmente, se tiene el tiempo efectivo (TE) para lo cual se considera como TP menos el tiempo dedicado a las piezas con defectos y el tiempo de reproceso. Este tiempo nos sirve para calcular la tasa de calidad de las máquinas.

### **Calculo según Mahalakshmi & Chakraborty, 2016**

Mahalakshmi & Chakraborty (2016) menciona que la ejecución de un proceso de fabricación involucra la eficacia de las máquinas, y dentro del proceso de producción se presentan diversas formas de pérdida. Estas pérdidas pueden atribuirse a la falta de

confiabilidad de las máquinas y los operadores, así como a otros factores externos, como problemas de materiales u operativos. Con el fin de evaluar la eficiencia del proceso de producción, resulta crucial comprender y hacer un seguimiento de las pérdidas que se suscitan. Las pérdidas pueden ser de tres tipos en términos generales:

### **Pérdida de disponibilidad**

- Tiempo perdido debido a la indisponibilidad de recursos o máquinas debido a fallos o paradas programadas y no programadas.
- Pérdida causada por la instalación, el proceso de cambio, la falta de materiales y mano de obra, entre otros factores

### **Pérdida de Rendimiento**

- Pérdida en la producción como resultado de la disminución de la velocidad o del aumento en el tiempo del ciclo debido a problemas en la máquina, el material o el factor humano.
- Pérdida atribuible al ralentí y a pequeñas paradas que no forman parte del mantenimiento programado.

### **Pérdida de calidad**

- Pérdida de material debido a problemas de calidad como rechazos durante el arranque, configuración incorrecta, etc.

Para medir y rastrear estos, se requiere un KPI a través del cual se pueden medir todas las posibles pérdidas. La efectividad general del equipo (OEE) es uno de esos KPI que se puede usar para medir y rastrear la eficiencia del rendimiento al capturar las pérdidas. OEE es una métrica esencial y una metodología básica para los fabricantes que persiguen una estrategia de fabricación "esbelta". —eso es "desperdicio cero" en sus "flujos de valor".

Para muchas empresas de fabricación, OEE se está convirtiendo en un KPI muy importante y obligatorio para medir y rastrear. OEE se define como la eficiencia de las máquinas o líneas de producción utilizadas en el proceso de fabricación. Usa la fórmula: disponibilidad \* rendimiento \* calidad

Dónde:

- Disponibilidad (de la máquina) = tiempo operativo neto/tiempo operativo total planificado  
Tiempo operativo neto = tiempo operativo total - tiempos de inactividad.  
El tiempo total de funcionamiento es la duración del turno según el calendario de fábrica
- Rendimiento = tasa de producción real/tasa de producción planificada  
Tasa real de producción = tiempo de ciclo = cantidad total producida/tiempo total empleado.
- Tasa planificada de producción = Velocidad nominal o nominal de producción.  
Por ejemplo, 100 kg/min o 1000 piezas/h.
- Calidad = unidades de buena calidad producidas/total de unidades producidas  
Unidades de buena calidad = total de unidades producidas – total de unidades rechazadas.

Como se puede inferir a partir de las fórmulas previamente mencionadas, el OEE se enfoca en tres categorías específicas de pérdidas que representan áreas susceptibles de mejora en el proceso de fabricación. Para calcular y medir el indicador clave de rendimiento (KPI) del OEE, es necesario recopilar cierta información del proceso de producción. Esta información puede obtenerse directamente del sistema de automatización de fabricación, si se encuentra disponible, o bien recopilarse manualmente. Entre los datos típicos que deben recolectarse se encuentran los siguientes:

Los períodos de inactividad de los recursos o líneas de producción, identificados con códigos de razón, lo que implica registrar el momento de inicio y finalización de las detenciones de la máquina, lo que permite calcular la duración de estos lapsos inactivos. La producción total de la máquina o línea de producción durante un período de tiempo definido, como un turno o una hora específica.

La cantidad de rendimiento total no se ajusta a la calidad de la primera pasada. Esto incluye desechos y desechos, así como la cantidad de material reprocesado que no pasa las pruebas de calidad la primera vez.

Tabla 2

**Tabla comparativa de cálculos**

AUTOR	CÁLCULO	FÓRMULA
Stamatis, D. (2010)	<b>Disponibilidad:</b> representa el porcentaje de tiempo programado en que la actividad está disponible para operar.	$D = \frac{TD}{TP}$
	<b>Tiempo disponible/Tiempo programado</b>	
	<b>Rendimiento :</b> velocidad de operación de la máquina como un porcentaje de la velocidad de diseño	$R = \frac{TR}{TE}$
	<b>Tasa real/Tasa estándar</b>	
Camaren a, J. (2020).	<b>Calidad:</b> representa las buenas unidades producidas como porcentaje del total de unidades iniciales	$C = \frac{UB}{UT}$
	<b>Buenas Unidades/Unidades Iniciadas</b>	
	<b>OEE</b>	$OEE = D * R * C$
	<i>Desempeño :</i> $(Salida\ actual) / (Meta) \times 100$ <i>Disponibilidad :</i> $(Tiempo\ de\ operación) / (Tiempo\ de\ operación + (Tiempo\ muerto) \times 100$ <i>Calidad :</i> $(Total\ de\ producción) - (Defectos\ encontrados) / (Total\ de\ producción) \times 100$	$D = \frac{SA}{M} \times 100$ $D = \frac{TO}{TO + TM} \times 100$ $C = \frac{TP - DE}{TP} \times 100$ $OEE = \frac{D * R * C}{10000}$
Hernández, M., & Ortiz, S. (2021).	<b>El tiempo disponible (TD)</b> en este tiempo no se considera el tiempo de comida, limpieza o arranque.	$TD = TDC - tc - tl - t$ $TO = TD - TPP$ $TE = TP - TPC$
	<b>El tiempo de operación (TO)</b> este tiempo se considera el TD menos el tiempo de pérdida por paras, con este tiempo se puede utilizar para calcular el factor de disponibilidad de las máquinas.	
	<b>El tiempo efectivo (TE)</b> se considera como TP menos el tiempo dedicado a las piezas con defectos y el tiempo de reproceso. Este tiempo nos sirve para calcular la tasa de calidad de las máquinas.	

	<b>Disponibilidad</b> (de la máquina) = tiempo operativo neto/tiempo operativo total planificado.	
	Tiempo operativo neto = tiempo operativo total - tiempos de inactividad	Disponibilidad:
	El tiempo total de funcionamiento es la duración del turno según el calendario de fábrica	$D = \frac{TON}{TOTP}$
<b>Dipankar Saha, Mahalaks hmi Syamsunder, Sumanta Chakraborty (India) (2016)</b>	<b>Rendimiento</b> = tasa de producción real/tasa de producción planificada.	$TON = TOT - TI$
	Tasa de producción real = tiempo de ciclo = cantidad total producida/tiempo total empleado	Rendimiento:
	Tasa planificada de producción = Velocidad nominal o nominal de producción.	$R = \frac{TPR}{TPP}$
	<b>Calidad</b> = unidades de buena calidad producidas/total de unidades producidas.	$TPR = TC = \frac{CTP}{TTE}$
	Unidades de buena calidad = total de unidades producidas – total de unidades rechazadas	Calidad:
		$C = \frac{UBC}{TUP}$
		$UBC = TUP - TUR$
		OEE:
		$OEE = D * R * C$

---

Disponibilidad x Rendimiento x Calidad = **OEE**

*Nota. Tabla comparativa de cálculos de diferentes autores. Fuente: Stamatis, D. (2010)/ Camarena, J. (2020). / Hernández, M., & Ortiz, S. (2021). / Dipankar Saha, Mahalakshmi Syamsunder, Sumanta Chakraborty (India) (2016). Elaboración Propia de Bolívar F. Condo Aguirre/Luis E. Zambrano Heras*

## Tecnología OEE

### *Posibles soluciones tecnología en el cálculo del OEE*

La utilización de tecnología para el cálculo del OEE ha demostrado ser una herramienta valiosa tanto para MIPYMEs como para empresas grandes en la industria metalmeccánica. Desde el aprovechamiento de hojas de cálculo y sistemas de adquisición de datos en empresas pequeñas con recursos limitados hasta la implementación de soluciones MES avanzadas y análisis de Big Data en empresas grandes, la tecnología ofrece una gama de opciones adaptadas a diferentes tamaños de empresas. Estas soluciones tecnológicas le permiten recopilar datos en tiempo real, realizar cálculos automatizados de OEE y proporcionar información crítica para mejorar la eficiencia de los equipos de producción. (Cano, 2023)

## **Hojas de Calculo**

Betancurt (2023) afirma que la utilización de hojas de cálculo es una opción común y accesible para las MIPYMEs en el cálculo del OEE. Las hojas de cálculo, como Excel, ofrecen una forma sencilla de recopilar y organizar los datos necesarios para el cálculo del OEE, sin requerir una inversión significativa en software especializado. Para utilizar hojas de cálculo en el análisis del OEE, es necesario recopilar datos como la producción real, el tiempo de funcionamiento y el tiempo de inactividad de los equipos de producción. Estos datos se ingresan en la hoja de cálculo y se utilizan fórmulas para calcular automáticamente el OEE en base a los datos proporcionados.

## **SCADA**

La implementación de un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) puede ser más común en empresas de mayor tamaño o con mayores recursos financieros, debido a los costos asociados con la adquisición, instalación y configuración de esta tecnología. Sin embargo, también existen soluciones SCADA asequibles y adaptadas a las necesidades de las MIPYMEs, lo que les permite acceder a los beneficios de esta tecnología. Puede ser utilizado para recopilar datos en tiempo real directamente desde los equipos de producción y sensores. Estos datos pueden incluir información como la producción real, el tiempo de funcionamiento, el tiempo de inactividad y otros parámetros relevantes para el cálculo del OEE. (Monrroy & Posada., 2021)

## **Implementar Soluciones MES**

Jaskó et al. (2020) afirman que un sistema MES (Manufacturing Execution System) es un sistema de gestión de ejecución de producción utilizado para monitorear y controlar los procesos de fabricación en tiempo real. Proporciona una capa de software entre los sistemas comerciales (como ERP) y los entornos de producción, esto posibilita la recopilación y análisis en tiempo real de datos para mejorar la eficiencia y el rendimiento de la producción. Esto incluye la captura de datos en tiempo real, el control de calidad, la planificación y programación de la producción, entre otras funciones. En general, un sistema MES es adecuado para empresas que tienen una operación de producción más compleja y requieren una gestión integral de sus procesos de fabricación. Aunque las MIPYMEs pueden tener recursos limitados, algunas empresas más pequeñas también pueden beneficiarse de un MES si tienen una producción diversa, una alta demanda de control de calidad o una necesidad de mejorar la eficiencia de los equipos. (Giraldo, 2021)

## Explora Soluciones en la Nube

Google Sheets se puede considerar como una solución en la nube para los cálculos de OEE. Como parte de Google Workspace (anteriormente G Suite), Hojas de cálculo de Google proporciona almacenamiento en la nube y colaboración en tiempo real para que pueda acceder y compartir fácilmente sus hojas de cálculo desde cualquier dispositivo o ubicación. Google Sheets puede ser utilizada como una solución para el cálculo automático del OEE en una empresa metalmecánica. Aunque no cuenta con funcionalidades integradas específicas para el cálculo del OEE, es una herramienta versátil que permite realizar cálculos complejos y automatizar procesos mediante el uso de fórmulas, scripts y enlaces de datos. (Medranda, 2020)

Además, se puede aprovechar la integración de Google Forms con Google Sheets para recopilar los datos de producción de manera automatizada. Posibilitando la creación de un formulario en Google Forms para que los operarios ingresen los datos de producción y, mediante enlaces, los datos ingresados se registrarán automáticamente en la hoja de cálculo del OEE en Google Sheets. Esto facilita la actualización de los datos y evita la entrada manual. Asimismo, es posible utilizar funciones y scripts en Google Sheets para generar visualizaciones, gráficos y tableros de control que muestran los resultados del OEE de forma clara y comprensible. Estas visualizaciones se pueden

*Soluciones Tecnológicas para los Problemas en la Producción.*

Implementar la metodología OEE (Eficiencia General de los Equipos) en una empresa de metalmecánica, requiere del uso de diversas tecnologías y herramientas. Algunas de las tecnologías utilizadas son:

- **Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés).** Utiliza sensores y dispositivos conectados para recopilar datos sobre el rendimiento de los equipos y los procesos de producción, como velocidad, temperatura, presión y otras variables relevantes. Estos datos se utilizan para calcular los indicadores de OEE y obtener una visión precisa del rendimiento de los equipos. Estos datos pueden ser analizados para identificar ineficiencias, puntos débiles y oportunidades, mejorando la producción. (Hallado, 2019)
- **Sistemas de adquisición de datos y Big Data.** Los sistemas de recopilación de datos permiten almacenar y procesar grandes volúmenes de datos generados por los equipos. Estos sistemas facilitan el seguimiento continuo del rendimiento de

los equipos y generan informes y análisis detallados para la implementación de mejoras.

Utiliza herramientas de análisis de datos y Big Data para examinar los datos recopilados de la producción y obtener información valiosa sobre el rendimiento de los equipos y los procesos. Esto permitirá identificar patrones, tendencias y posibles áreas de mejora que afectan el OEE. (Rodríguez, 2019)

- **Automatización, robótica y control de procesos.** El implantar sistemas de automatización y control de procesos contribuye a mejorar la eficiencia y productividad de los equipos. Estos sistemas permiten controlar y ajustar parámetros críticos de los equipos y procesos de forma automática, minimizando errores y optimizando el rendimiento. Los robots industriales pueden realizar tareas repetitivas y mejorar la eficiencia, reduciendo así el tiempo de inactividad y mejorando la productividad general. (Díaz & Lévano., 2022)
- **Realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR).** Aplica la tecnología de realidad aumentada y realidad virtual para brindar capacitación y asistencia visual a los operadores en la línea de producción. Estas tecnologías pueden mejorar la eficiencia y reducir el tiempo de inactividad al proporcionar una guía paso a paso y resolución de problemas en tiempo real.
- **Mantenimiento predictivo.** El uso de tecnologías de mantenimiento predictivo, como el monitoreo de vibraciones, análisis de aceite o inteligencia artificial, permite predecir y prevenir fallas en los equipos. El objetivo es disminuir el tiempo de inactividad no planificado y maximizar la disponibilidad de los equipos. (Juárez, 2022)

Estas son solo algunas de las tecnologías que las empresas metalúrgicas pueden usar para implementar la metodología OEE. Es importante evaluar las necesidades específicas de su negocio y elegir la tecnología adecuada para su negocio y sus objetivos.

### *Implementación OEE Problemas-Desafíos*

La implementación del OEE puede ser un proceso desafiante pero altamente beneficioso para las empresas. Camacho et al. (2015) describe esto en su implementación de la eficiencia general de los dispositivos OEE en la línea de producción de Maquiladora,

una empresa especializada en la fabricación de productos médicos en Ciudad Juárez, Chihuahua. Con ello, la empresa pretende mejorar la productividad mediante la identificación de oportunidades dentro del proceso, lo que se refleja claramente en el uso de este sistema con elementos de disponibilidad, rendimiento y calidad. El valor resultante obtenido es  $P < 0,05$ , por lo que el nivel de confianza es del 95%. Por lo tanto, se confirma estadísticamente que, tras la introducción de la base de datos y el programa de mejora continua, se produce una mejora significativa en la producción diaria.

Canahua (2021) menciona en su artículo que el objetivo de reducir el desperdicio en la industria de procesos y resolver problemas que se pueden prevenir mediante el análisis de datos de producción mediante la introducción de técnicas de eficiencia comunes para dispositivos OEE para pequeñas y medianas empresas que producen piezas de máquinas de metal. La eficiencia viene de la capacidad de guiar a las pequeñas empresas a mejorar sus sistemas de producción a bajo costo. El resultado neto concluyó que la mejora en el cumplimiento de PM (mantenimiento preventivo) y MA (mantenimiento autónomo) mejoró el factor de calidad (de 49,44% a 94,64%) y el factor de desempeño (de 76,68% a 93,34%). Por lo tanto, el tiempo de actividad puede aumentar (del 86,70 % al 96,88 %) y el OEE puede aumentar del 32,86 % al 85,58 %.

Los autores mencionan que para la implementación de la metodología OEE puede presentar algunos problemas y desafíos. Algunos de los más comunes son:

- Falta de datos precisos y confiables.
- Resistencia al cambio y falta de apoyo de la alta dirección.
- Falta de conocimiento y capacitación.
- Integración con sistemas existentes.
- Falta de seguimiento y acción.

#### **Ejemplos de Empresas Donde el OEE fue Determinante para su Crecimiento.**

1. **Toyota.** El OEE ha sido fundamental para la mejora continua y eficiencia en la producción de Toyota.
2. **General Electric (GE).** GE ha utilizado el OEE para optimizar su maquinaria y aumentar la productividad.
3. **Procter & Gamble (P&G).** P&G ha implementado el OEE para incrementar el rendimiento de sus equipos y procesos de fabricación.



4. **Michelin.** Michelin ha utilizado OEE para aumentar la capacidad de producción y mejorar la calidad del producto.
5. **Siemens.** Siemens utiliza OEE para mejorar la eficiencia de la línea de producción y reducir el tiempo de inactividad.
6. **Bosch.** Bosch ha introducido OEE para optimizar la productividad del dispositivo y garantizar la calidad del producto.
7. **3M.** 3M ha utilizado OEE para mejorar la eficiencia de los procesos de fabricación y aumentar los rendimientos.
8. **Caterpillar.** Caterpillar ha implementado OEE para optimizar la utilización de equipos y mejorar la productividad en la industria de equipos pesados.
9. **Nestlé.** Nestlé ha utilizado OEE para mejorar la eficiencia de sus líneas de producción y garantizar la calidad de los alimentos.
10. **Johnson & Johnson.** Johnson & Johnson ha implementado OEE para mejorar la eficiencia de sus procesos de fabricación y aumentar la productividad en las industrias farmacéutica y de productos para el cuidado de la salud.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### *Enfoque de la Investigación*

El estudio utilizó un método de investigación que combina enfoques cuantitativos y cualitativos. La parte cuantitativa implica la recopilación y análisis de datos para abordar preguntas específicas de investigación. (Ochoa & Yunkor., 2019). Según Calderón (2019) por otro lado, la parte cualitativa se basa en técnicas como la observación, entrevistas y pensamiento inductivo para explorar la realidad. El objetivo de esta metodología es adquirir conocimientos profundos sobre el contexto de la producción metalmeccánica y proponer soluciones para las oportunidades de mejora identificadas.

#### *Modalidad de la Investigación*

La presente investigación se desarrollará mediante dos enfoques interconectados: uno basado en trabajo de campo y otro centrado en una revisión documental y bibliográfica. En el enfoque de trabajo de campo, se llevó a cabo un estudio en profundidad en la empresa de manufactura metalmeccánica seleccionada como caso de estudio. Aquí, se recopiló información directa relacionada con la implementación de la herramienta de cálculo automático de los OEE. (Hernández, & Fernández, 2018) Por otro lado, se adoptó un enfoque documental y bibliográfico para complementar la investigación. Se realizará una revisión exhaustiva de fuentes secundarias, incluyendo tesis, revistas especializadas, libros y documentos digitales, que aborden investigaciones y estudios previos relacionados con la aplicación de los OEE en entornos industriales. Este análisis documental permitirá contextualizar y fundamentar de manera sólida la implementación de la herramienta de cálculo automático del OEE en el contexto específico de la industria metalmeccánica, proporcionando así una base teórica robusta para el desarrollo del trabajo de titulación.

#### *Tipo de Investigación*

El estudio que se llevó a cabo tuvo un enfoque tanto exploratorio como descriptivo en el contexto de un proceso metalmeccánico. El componente exploratorio se realizará al comienzo de la investigación y servirá como la primera fase para diagnosticar la situación que se investigará. Esto implicará la realización de observaciones en la planta de

producción con el fin de comprender los escenarios y aspectos de la realidad relacionados con el proceso. (Morán, 2019)

Por otro lado, la investigación descriptiva y correlacional se llevará a cabo como una etapa subsiguiente en la que se analizará y procesará la información recolectada durante la fase exploratoria. Este enfoque de investigación permitirá proporcionar una descripción detallada de la situación actual de la empresa.

### *Población y Muestra*

La investigación se llevará a cabo en un enfoque de estudio de caso único, donde se analizará el sistema de producción de una empresa anónima especializada en la fabricación de productos de línea blanca, específicamente en el área de metalmecánica. La muestra incluirá dos procesos críticos seleccionados dentro de esta área.

### *Técnicas de Recolección de Información*

La investigación dio inicio con la recopilación de datos provenientes de la base de información preexistente en la empresa. Posteriormente, se llevó a cabo un relevamiento exhaustivo de la información relacionada con los procesos de manufactura en curso, donde se registraron de manera sistemática las incidencias y deficiencias identificadas de forma continua. La obtención de datos se realizó directamente desde los paneles físicos ubicados en los puestos de trabajo de cada proceso de la planta de producción donde se realizaban los registros por parte de los operadores. Siendo este un proceso detallado y minucioso que se llevó a cabo de manera periódica, hora a hora durante el turno de producción. (Castañeda, 2022)

Una vez recopilada esta información primaria, se procedió a ingresarla en hojas de cálculo de forma manual por parte de los responsables de calcular el indicador, Este proceso de ingreso de datos se mantuvo como una práctica constante a lo largo del período de investigación para asegurar la precisión y la actualización de los registros, sentando así las bases para el análisis detallado del OEE y sus implicaciones en los procesos de manufactura.

De las tabulaciones realizadas manualmente en las hojas de cálculo se logró segregar datos relevantes de las recurrencias de deficiencias operacionales, tiempos operativos disponibles, porcentajes de no calidad, así como la identificación del mix de productos con su respectiva variación de cumplimiento.

### *Procesamiento y Análisis de la Información Recolectada*

Hernández (2003) menciona que para el análisis de la información recolectada dentro de la investigación cuantitativa, los datos se recopilan primero y luego se analizan, mientras que, en la investigación cualitativa, la recopilación y el análisis de datos ocurren simultáneamente. También recalca que el proceso de análisis de datos no sigue un enfoque único y rígido, sino que varía según la elección del investigador independientemente del contexto que se encuentre.

Para el procesamiento de información cualitativa se utilizarán formatos, gráficas, diagramas, organizadores gráficos, alcanzado en el proceso de levantamiento de información.

### *Método de Cálculo Seleccionado*

Entre varias metodologías propuestas por diferentes autores para calcular los OEE en la empresa, se adopta la expuesta en el libro “Manufacturing Performance Management using SAP OEE: Implementing and Configuring Overall Equipment Effectiveness”. Entre las opciones propuestas por diferentes autores, se ha seleccionado el método planteado por Mahalakshmi & Chakraborty (2016) pues posee un enfoque técnico riguroso, que define claramente las fórmulas utilizadas y las fuentes de información necesarias para realizar los cálculos. Esta selección se basa en la relevancia de los indicadores utilizados, como la disponibilidad, el rendimiento y la calidad, que brindan una imagen integral de las pérdidas en el proceso de producción. Al adoptar esta metodología, se obtendrán resultados confiables y se podrán tomar decisiones informadas para mejorar continuamente la eficiencia y lograr una estrategia de fabricación más efectiva y rentable.

## Capítulo IV

### DESARROLLO

En este capítulo, se llevó adelante el cálculo de los OEE una vez levantados los datos que se requieren para el efecto en los formatos previamente establecidos y con la frecuencia deseada. Los formatos antes mencionados permitieron levantar, condensar y examinar de manera detenida los datos compilados que posteriormente servirían para el cálculo automatizado de los OEE y los indicadores de sus componentes. El propósito de esta sección es sintetizar de forma cohesionada, la información recabada y que pueda proporcionar una comprensión profunda de los resultados obtenidos, las implicaciones resultantes y el valor añadido que este estudio aporta a la empresa. A lo largo de esta sección, se abordan los aspectos más destacados del estudio de forma estructurada y concisa, respaldados con datos y resultados tangibles, con el fin de ofrecer una panorámica integral sobre la automatización del cálculo del KPI OEE y su influencia en el actual contexto de las empresas metalmeccánicas.

#### *Caracterización de los Procesos*

##### **Descripción del lugar de estudio.**

Para determinar el estudio de campo, se seleccionó una empresa ubicada en la ciudad de Cuenca, Ecuador, a la cual identificamos con el seudónimo "CUENCA HOGAR" en adelante, con el fin de resguardar su identidad por motivos legales.

La elección de la empresa "CUENCA HOGAR" para llevar a cabo este estudio de campo se fundamenta en una cuidadosa consideración de diversos factores clave que la destacan como una opción idónea para la investigación. En primer lugar, la empresa es un actor relevante en el sector de fabricación de electrodomésticos de línea blanca en la ciudad de Cuenca, Ecuador, y su posición en el mercado la convierte en un caso de estudio significativo. Además, la empresa ha demostrado una fuerte cultura de mejora continua e innovación. La voluntad de la empresa de trabajar en conjunto para proporcionar acceso a datos valiosos, así como la disponibilidad de dispositivos e infraestructura técnica, fueron factores clave en la selección de la empresa como objetivo de la investigación. Asimismo, los resultados obtenidos en este estudio pueden ser aplicables y útiles para otras empresas en el mismo campo o industrias similares, y esperamos ampliar el impacto y la relevancia de este estudio en el campo de la fabricación de productos electrónicos de consumo

CUENCA HOGAR, con sede en la ciudad de Cuenca, Ecuador, es una destacada compañía dedicada a la fabricación de electrodomésticos de línea blanca. Con una extensa cantidad de procesos y una sólida trayectoria en el mercado, la empresa ha logrado posicionarse como un referente en la industria, ofreciendo una amplia gama de productos de alta calidad.

### **Líneas de Productos.**

La empresa se enorgullece de contar con dos líneas de productos bien definidas, que abarcan electrodomésticos esenciales para el hogar y negocios. La "Línea de Combustión" se especializa en la manufactura de estufas de Gas Licuado de Petróleo (GLP), equipadas con tecnología de vanguardia para garantizar la eficiencia y seguridad en la cocción. La "Línea de Refrigeración," por su parte, está dedicada a la producción de refrigeradores y congeladores, diseñados para mantener los alimentos frescos y preservar su calidad por más tiempo.

En la empresa, se han establecido cuatro divisiones de procesos, cada una con funciones específicas para la fabricación de los electrodomésticos de línea blanca:

- **División de Metalmecánica.** Esta división despliega procesos de formado en frío, donde se lleva a cabo la transformación de chapas metálicas mediante técnicas de embutición, estampado y conformado. Se emplean maquinarias especializadas y matrices precisas para obtener semielaborados, partes y piezas de geometrías complejas que servirán como elementos fundamentales en las líneas de productos de la empresa. La metalmecánica asegura una alta resistencia estructural y la precisión requerida para garantizar el óptimo funcionamiento y durabilidad de las estufas de combustión a Gas Licuado de Petróleo (GLP) y de los gabinetes de las refrigeradoras y congeladores.
- **División de Plásticos.** En esta área, se aplican técnicas avanzadas de moldeo, como la inyección de plásticos, para producir componentes de alta complejidad geométrica con materiales poliméricos. El proceso de inyección, bajo condiciones controladas de presión y temperatura, permite obtener piezas con tolerancias muy ajustadas y propiedades mecánicas óptimas. Asimismo, se emplea el termoformado para crear elementos plásticos con formas específicas, utilizando calor y vacío para moldear láminas termoplásticas. La división de plásticos es crucial para obtener piezas livianas, resistentes y con alto grado de precisión para los diversos electrodomésticos de la empresa.

- **División de Poliuretano.** En esta división se realiza la inyección de espuma de poliuretano, una técnica que emplea un proceso químico de reacción entre polioles e isocianatos. La mezcla expandible de poliuretano líquido se inyecta en el interior del gabinete de las refrigeradoras y congeladores, donde reacciona y se expande para formar una espuma rígida de células cerradas. Esta espuma de poliuretano es esencial para proporcionar un aislamiento térmico altamente eficiente, minimizando las pérdidas de calor y manteniendo la temperatura adecuada en el interior de los electrodomésticos, lo que contribuye a su rendimiento energético óptimo.
- **División de Tratamientos de Superficies.** En esta área se llevan a cabo diversos procesos de recubrimientos. Uno de los métodos utilizados es la aplicación de pintura, empleando técnicas de pulverización electrostática para lograr una distribución uniforme y adherencia adecuada sobre las superficies metálicas y plásticas de los electrodomésticos. Asimismo, se realiza el enlozado, un proceso de recubrimiento con esmalte vitrificado que confiere una capa de protección altamente resistente y duradera. Estos tratamientos garantizan la apariencia estética de los productos, la protección contra la corrosión y la abrasión, y contribuyen a su vida útil y satisfacción del cliente.

Cada una de estas divisiones tiene un papel fundamental en el proceso de fabricación de los electrodomésticos de línea blanca de la empresa, y trabajan de manera conjunta para garantizar la producción eficiente y de alta calidad de los productos en ambas líneas de negocio.

El área de Metalmecánica ha sido seleccionada como el enfoque principal de esta investigación debido a la reciente implementación de una línea automatizada que aún no ha llegado a cumplir con los alcances establecidos en el proyecto. Basado en los problemas recurrentes identificados en esta área, se pretende comprender a fondo las causas detrás de estos problemas para desarrollar un sistema de cálculo del OEE que brinde una visión clara y precisa sobre el rendimiento de la línea automatizada.

### **Definición de procesos y sus características.**

Antes de adentrarnos en la conceptualización de los procesos y sus características, es esencial tener una comprensión general de lo que implica la transformación en frío.

Este conjunto de procesos de manufactura se caracteriza por dar forma a materiales metálicos, como láminas o chapas, sin recurrir a altas temperaturas significativas. En lugar de ello, se utilizan fuerzas mecánicas, mediante prensas, rodillos o troqueles, para modificar la geometría de las piezas. Esta técnica ofrece diversas ventajas, tales como una mayor precisión dimensional, resistencia y acabado superficial, así como la preservación de las propiedades mecánicas del material. La maquinaria empleada en estos procesos varía dependiendo del tipo de conformado requerido, incluyendo prensas hidráulicas, prensas mecánicas, rodillos y diferentes tipos de troqueles. La transformación en frío es una herramienta indispensable en la fabricación de componentes y productos industriales, asegurando la producción eficiente y de alta calidad en diversas industrias, como la línea blanca.

### **Procesos de Transformación de Chapa Metálica en Frío.**

Ramírez (2021) resalta que los procesos de manufactura en frío son un conjunto de técnicas de conformado utilizadas para dar forma a materiales metálicos, especialmente láminas o chapas, sin la necesidad de aplicar altas temperaturas. Estos procesos se basan en la aplicación de fuerzas mecánicas, como compresión, estiramiento o torsión, para modificar la geometría del material y obtener piezas con formas específicas.

Rolón (2021) menciona que una característica del proceso de fabricación en frío es que se realiza a temperatura ambiente o temperatura ligeramente elevada, evitando así cambios en las propiedades mecánicas y estructurales del material. Esto da como resultado piezas con mayor resistencia mecánica y mejor estabilidad dimensional en comparación con los procesos de fabricación en caliente.

Entre los procesos de manufactura en frío más comunes se encuentran:

- **Estampado.** Utiliza matrices para aplicar fuerza sobre la chapa metálica y producir piezas con detalles en relieve, como en la fabricación de paneles metálicos.
- **Embutición.** Mediante una matriz cóncava, se deforma la chapa metálica para obtener formas tridimensionales, como en la producción de tinas o carcasas metálicas.

- **Doblado o Plegado.** Se utiliza una matriz para doblar la chapa metálica y crear ángulos o bordes en la pieza, empleado en la fabricación de bordes o esquinas.
- **Troquelado.** Con un troquel se recortan formas específicas en la chapa metálica, utilizadas en la producción de piezas con formas y agujeros precisos.

#### *Tipos de procesos.*

En la sección de Metalmecánica, se han definido tres tipos de procesos de fabricación conforme a su grado de automatización, automatizado, semiautomático y manual.

- **Procesos Automatizados.** En estos procesos, toda la secuencia de fabricación se encuentra controlada y ejecutada por sistemas automatizados, sin intervención directa del operador durante las etapas de producción. Los sistemas de automatización pueden incluir robots industriales, máquinas de control numérico (CNC) y sistemas de visión artificial, entre otros. Estos procesos permiten una alta productividad, precisión y repetitividad, reduciendo la dependencia del factor humano y optimizando la eficiencia en la línea de producción.
- **Procesos Semiautomáticos.** En este tipo de procesos, hay una combinación de intervención humana y control automatizado. Aunque el sistema automatizado lleva a cabo ciertas tareas específicas, el operador interviene para realizar ajustes, supervisar y coordinar el proceso. Los procesos semiautomáticos se utilizan cuando ciertas operaciones requieren la habilidad y el juicio humano, pero aún se busca aprovechar las ventajas de la automatización en otros aspectos del proceso para mejorar la eficiencia y calidad del producto final.
- **Procesos Manuales.** En los procesos manuales, toda la secuencia de fabricación es realizada directamente por los operadores, sin intervención significativa de sistemas automatizados. Estos procesos son apropiados para tareas que implican cierto grado de creatividad, habilidad y atención detallada que es difícil de replicar con la automatización. Aunque los procesos manuales pueden ser más flexibles en ciertos aspectos, también pueden ser más susceptibles a variaciones en la calidad y productividad, dependiendo de la habilidad y experiencia del personal involucrado.

Cada uno de estos tipos de procesos de trabajo de metales tiene sus propios beneficios y desafíos, y la elección depende de sus necesidades de producción específicas, la

complejidad de las piezas a fabricar y el nivel deseado de eficiencia de la línea de producción

*Levantamiento de información del proceso.*

Durante el período de recopilación de información desde el proceso que abarcó desde mayo de 2023 hasta agosto de 2023, se implementó un riguroso proceso de levantamiento de información en el área de Metalmecánica de la empresa "CUENCA HOGAR". Este proceso se basó en la captura de datos a través de registros manuales en el formato de tablero, completados hora a hora por los operadores directamente involucrados en los procesos de producción. Estos registros detallados fueron posteriormente tabulados y registrados por los investigadores encargados, capturando así los datos relevantes de cada etapa de producción.

La meticulosa metodología utilizada en el levantamiento de información ha permitido una observación detallada y exhaustiva de las operaciones y los resultados obtenidos en el área de Metalmecánica. La naturaleza manual de esta recopilación de datos ha brindado una perspectiva única sobre el proceso de producción, resaltando tanto los aspectos eficientes como los que requieren mejoras. Esta observación minuciosa ha sido fundamental para comprender los factores que influyen en la eficiencia y el rendimiento en esta área crítica de la empresa.

En el transcurso de este proceso, los investigadores han asumido un papel esencial en la identificación y asignación de deficiencias que emergieron durante el proceso de fabricación. La revisión y análisis detallado de los datos recopilados manualmente les ha brindado la capacidad de reconocer áreas de oportunidad en las operaciones. Es importante resaltar que este análisis no se limita únicamente al aspecto operativo, sino que se extiende a áreas de apoyo y estratégicas dentro de la empresa.

Los resultados de este proceso de levantamiento y análisis de información han sido de gran relevancia para la toma de decisiones informadas. Los datos recopilados y analizados han proporcionado una base sólida para la identificación de áreas de mejora, tanto en términos operativos como en la planificación estratégica. Esta información respalda de manera concreta la formulación de estrategias para abordar las deficiencias detectadas y mejorar la eficiencia en el área de Metalmecánica.

*Formato tablero hora a hora.*

El uso de un "tablero hora a hora" o "tablero hora por hora" está relacionado con la metodología de producción conocida como "Control Estadístico de Procesos" (CEP) o "Statistical Process Control" (SPC) en inglés. Aunque no es exclusivo de Lean Manufacturing, se puede aplicar dentro de este enfoque y en otras metodologías de mejora continua.

El Control Estadístico de Procesos (CEP) es una técnica que se utiliza para monitorear, medir y controlar la variabilidad de un proceso de producción. Su objetivo principal es asegurar que el proceso se mantenga dentro de límites predefinidos y que la producción se mantenga estable y predecible.

El "tablero hora a hora" es una herramienta visual utilizada en el marco del CEP para registrar datos relevantes del proceso a intervalos regulares, generalmente en períodos de una hora. En este tablero, se pueden registrar datos clave como el número de unidades producidas, tiempo de ciclo, defectos o problemas encontrados, entre otros indicadores importantes para el proceso de producción.

El tablero hora a hora permite a los operadores y supervisores tener una visión en tiempo real del rendimiento del proceso durante el día de trabajo. Al registrar los datos a intervalos regulares, se pueden identificar tendencias y variaciones en el proceso más rápidamente, lo que facilita la detección temprana de problemas o desviaciones del estándar.

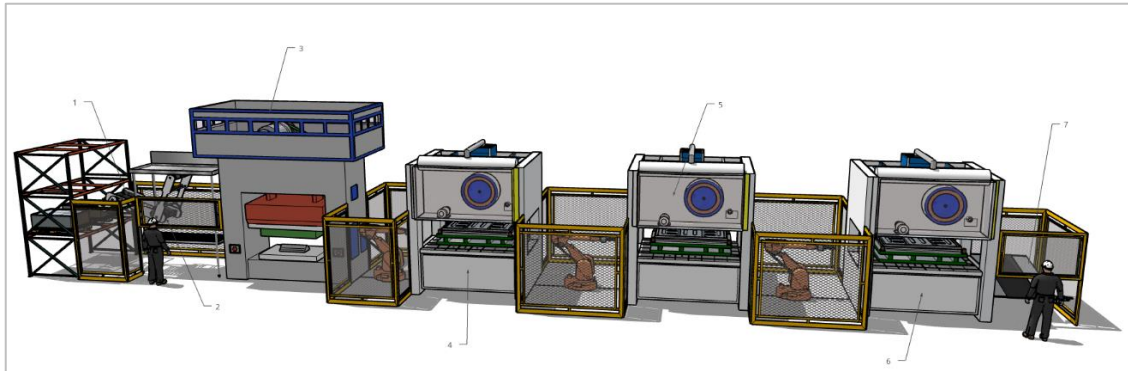
La información recopilada en paneles por hora también facilita la toma de decisiones basada en datos, lo que permite a los equipos tomar medidas correctivas oportunas para mantener los procesos dentro de los límites establecidos. Esto reduce el desperdicio, mejora la calidad del producto y mantiene la eficiencia de la producción.

*Proceso Semiautomático para “Formado Frentes y Puerta Calienta Platos” para estufas de combustión GLP.*

Este proceso tiene como característica la utilización de una serie de equipos y mecanismos automáticos, además de maquinaria industrial como lo son las prensas excéntricas y prensas hidráulicas. El proceso tiene como objetivo el conformado del “Frentes y Puerta Calienta Platos” en sus variantes dimensionales de 24” y 32”.

Imagen 1

Representación del Proceso de Manufactura de Frentes



NOTA. REPRESENTACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA DE FRENTES Y PUERTA CALIENTA PLATOS FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS-SOFTWARE SKETCHUP 2023

TABLA 3

PASOS DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA

#	DESCRIPCIÓN	Tipo
1	Carga de Materia Prima	Automático
2	Lubricación de Materia Prima	Manual
3	Embutido	Automático
4	Troquelado	Automático
5	Perforado	Automático
6	Doblado	Automático
7	Descarga y almacenamiento de Semielaborado	Manual

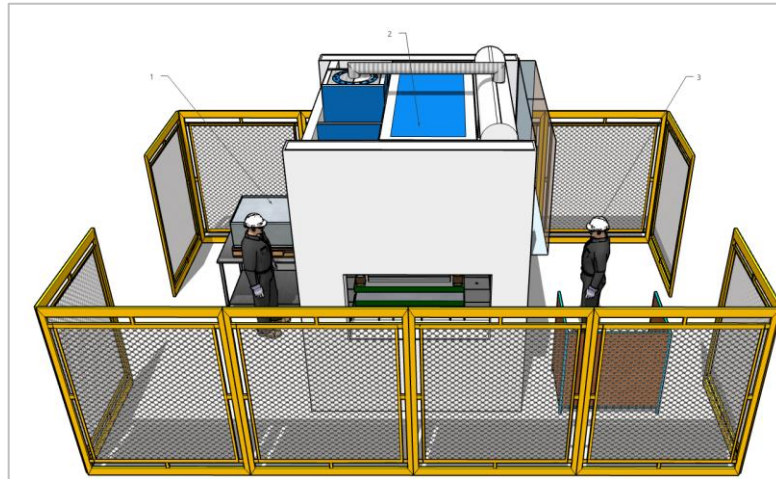
NOTA: PASOS DEL PROCESOS DE MANUFACTURA DE FRENTES Y PUERTA CALIENTA PLATOS FUENTE: BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

Proceso automático y manual de “Frontales y Posteriores de Horno” para estufas de combustión de GLP.

Este proceso se enfoca en el troquelado y doblado de las piezas “Frontales y Posteriores de Horno” de una Estufa de combustión de GLP. En esta estación de trabajo, se lleva a cabo una división en dos procesos, dependiendo del tipo de componente que se desea fabricar. Para lograrlo, se utilizan tanto procesos manuales, con la intervención de dos operadores, como un sistema automático para ciertos componentes semielaborados, donde el operador solo se encarga del almacenamiento de las piezas en proceso.

Imagen 2

Representación del Proceso de Manufactura Manual de Frontales



NOTA. REPRESENTACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA MANUAL DE FRONTALES Y POSTERIORES FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS-SOFTWARE SKETCHUP 2023

TABLA 4

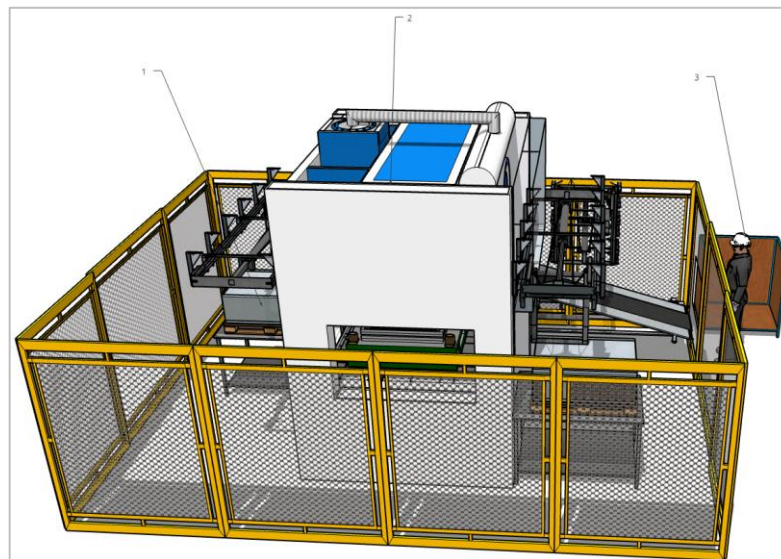
PASOS DEL PROCESO DE MANUFACTURA MANUAL DE FRONTALES

#	DESCRIPCIÓN	Tipo
1	Carga de Materia Prima	Manual
2	Troquelado y doblado	Manual
3	Descarga y almacenamiento de semielaborado	Manual

NOTA: PASOS DEL PROCESO DE MANUFACTURA MANUAL DE FRONTALES Y POSTERIORES FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

Imagen 3

Representación del Proceso de Manufactura Automático de Frontales y Posteriores



NOTA. REPRESENTACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA AUTOMÁTICO DE FRONTALES Y POSTERIORES FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS-SOFTWARE SKETCHUP 2023

Tabla 5

Pasos del Proceso de Manufactura Automático

#	DESCRIPCIÓN	Tipo
1	Carga de Materia Prima	Automático
2	Troquelado y doblado	Automático
3	Descarga	Automático
4	Almacenamiento de Semielaborado	Manual

*NOTA. PASOS DEL PROCESO DE MANUFACTURA AUTOMÁTICO DE FRONTALES Y POSTERIORES FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*

*Datos*

**Introducción a la Recopilación de Datos.**

En esta primera parte, se proporciona una breve introducción sobre la importancia de recopilar datos en el contexto de la medición del OEE dentro de los proceso

La empresa en análisis tiene como objetivo mejorar la capacidad de producción, siempre que se mantengan igual o disminuya los recursos humanos para su manufactura, mejorando el precio de conversión de sus productos los cuales al día de hoy reflejan una inflación por los problemas recurrentes de ineficiencias y no calidad dentro de las actividades de transformación. La Gerencia de Operaciones, asigna al departamento de Ingeniería de Manufactura la implementación del KPI OEE desde el mes de febrero de 2023.

Es importante recalcar que la información recolectada debe ser confiable, bien estructurada, y completa, para poder generar los cálculos conforme a la metodología definida por el equipo de responsables. Para lo cual se genera un procedimiento de cálculo para las diferentes áreas de la empresa, donde se solicitó identificar cuellos de botella dentro de cada una de estas a los cuales se les aplicaría la metodología antes mencionada, considerando como procesos pilotos para la posterior implementación en resto de procesos de la empresa.

Cada uno de los responsables deben analizar y generar propuestas, en este caso los investigadores de este documento, reciben la responsabilidad de custodiar y generar los cálculos del área de Metalmecánica donde se identifican dos procesos clave, la “Línea

Semiautomática de Frentes y Puertas Calienta Platos para Estufas” y la prensa de “Formado Frontales y Posteriores de Estufas” la cual cuenta con procesos Automáticos y Manuales.

La ventaja de estos procesos es que ya cuentan con tableros de control hora a hora, se define levantar

La información desde esta fuente, considerando que la información detallada contiene los problemas del proceso. Para esto el equipo responsable forma parte de la socialización y capacitación del cálculo a quienes intervendrán directa e indirectamente en la generación de la información siendo estos los departamentos de Producción, Logística, Mantenimiento, Matricería y Programación de la Producción, con el fin de estructurar mejor los datos y que todas las partes que afectan el proceso, esta información puede ser parte del análisis de causas en futuras reuniones posterior a generar los cálculos.

A continuación, se presentan los datos generados utilizando la metodología mencionada en páginas anteriores. Estos datos fueron reportados día a día por los operadores desde el mes de la implementación del OEE y se registraron directamente desde el Tablero Hora/Hora desplegado en el proceso. A continuación se describe los datos utilizados para llevar a cabo el cálculo.

TABLA 6  
DATOS RELEVANTES DE LA METODOLOGÍA DE "TABLERO HORA A HORA"

Dato	Descripción
“HORA”	Ayuda a definir el umbral entre el transcurso de una hora entre otra, ayudando a visualizar cuál fue el tiempo de duración de la fabricación del lote programado para esa jornada, ayuda también a identificar en qué momento de la producción acontecen los problemas.
“MODELO”	Clave para el cálculo del rendimiento, considerando que el modelo no es más que el código con el que se identifica el semielaborado dentro de las rutas de fabricación de una fábrica, de donde se puede obtener las Unidades Por Hora (UPH) para calcular las unidades teóricas.
“REAL”	Define la cantidad de producción que se logró fabricar realmente en la jornada de trabajo considerando que se reporta hora a hora.
“TIEMPO”	El tiempo se encuentra en el apartado de “PARAS” las cuales son las

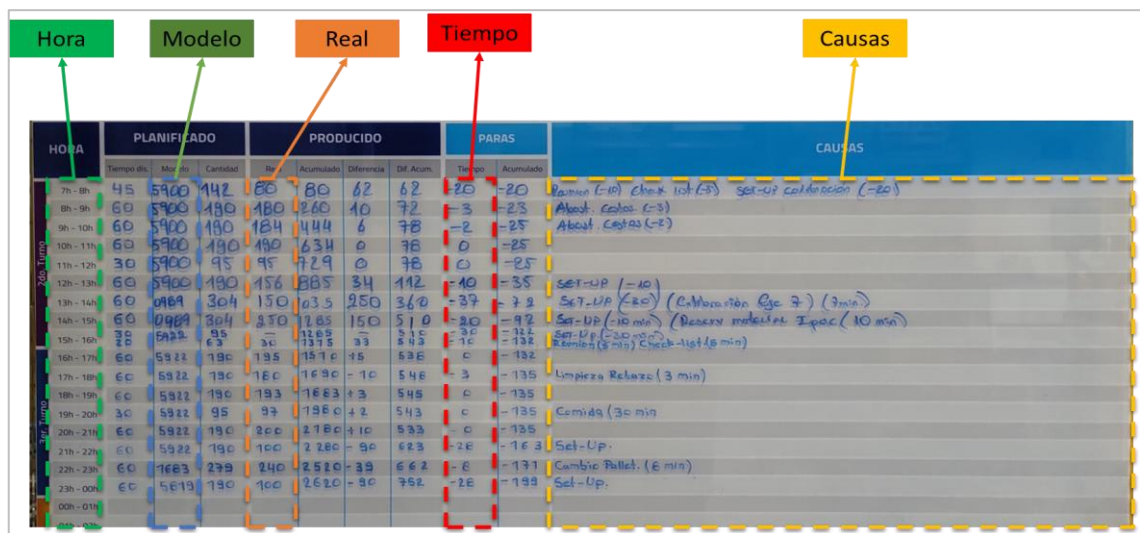
ineficiencias del proceso en las que el operador debe reportar en la columna “TIEMPO” la inactividad que suscita en cada hora de trabajo.

En este apartado el operador registra las razones de las ineficiencias “CAUSAS” del proceso detallando qué tipo de problema se suscitó, además también reporta el número de piezas identificadas con defectos.

*NOTA. DATOS RELEVANTES DE LA METODOLOGÍA DE "TABLERO HORA A HORA" NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR OEE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*  
-Datos estandarizados del Tablero Hora/Hora para el cálculo del indicador compartidos con el equipo de trabajo:

FOTOGRAFÍA 1

FOTOGRAFÍA DEL FORMATO DE "TABLERO HORA A HORA" DESPLEGADO



HORA	PLANIFICADO			PRODUCIDO			PARAS		CAUSAS	
	Tiempo de	Mod. de	Cantidad	No.	Acumulado	Diferencia	Dif. Acum.	Tiempo		Acumulado
7h - 8h	45	5900	142	80	80	62	62	20	-20	Paros (-10) Check 1st (-5) set-up calibration (-5)
8h - 9h	60	5900	180	180	260	40	72	3	-23	About. castas (-3)
9h - 10h	60	5900	180	184	444	6	78	-2	-25	About. castas (-5)
10h - 11h	60	5900	190	190	634	0	78	0	-25	
11h - 12h	30	5900	95	95	729	0	78	0	-25	
12h - 13h	60	5900	180	156	885	34	112	-40	-35	SET-UP (-10)
13h - 14h	60	0989	304	150	1035	250	360	-37	-79	SET-UP (-20) (Calibration Edge 7) (3min)
14h - 15h	60	0989	304	350	1385	150	510	-20	-97	SET-UP (10 min) (Desarrollo material Ipac (10 min))
15h - 16h	30	5922	95	30	1385	150	515	-36	-132	SET-UP (20 min)
16h - 17h	60	5922	180	135	1570	95	590	0	-132	Remont (5 min) Check-1st (5 min)
17h - 18h	60	5922	180	180	1690	-10	548	3	-135	Limpieza Relazo (3 min)
18h - 19h	60	5922	180	183	1883	3	548	0	-135	
19h - 20h	30	5922	95	97	1980	4	543	0	-135	Comida (30 min)
20h - 21h	60	5922	180	200	2180	10	533	0	-135	
21h - 22h	60	5922	180	100	2280	-90	623	20	-163	Set-Up.
22h - 23h	60	1683	299	240	2520	-39	662	6	-171	Cambio Pellet. (6 min)
23h - 00h	60	5613	180	100	2620	-80	762	-20	-199	Set-Up.

*NOTA. FOTOGRAFÍA DEL FORMATO DE "TABLERO HORA A HORA" DESPLEGADO EN LA EMPRESA LLENADO MANUALMENTE POR LOS OPERADORES DEL PROCESO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E.*

### Metodología de Recopilación de Datos.

La recopilación de datos se inició en junio de 2023 con la introducción del proceso a todos los involucrados, tanto directa como indirectamente relacionados con las ineficiencias. A lo largo del período que abarca desde el inicio de la implementación hasta junio del mismo año, se perfeccionó el proceso de registro de datos en el tablero y se resolvieron las interrogantes y discrepancias planteadas por las fuentes responsables de las ineficiencias en la producción. Esto reveló desacuerdos en varias áreas de apoyo, a medida que las fuentes evidentes de los problemas comenzaron a emerger y a ser identificadas.

Como se había previsto se evidenció la resistencia natural al cambio desde los causantes de las ineficiencias, para lo cual fue necesario realizar reuniones frecuentes

con todos para en equipo entender cómo afecta al proceso y definir los compromisos y actividades que se deben iniciar para cambiar los problemas por oportunidades de mejora en dirección de la meta propuesta por la organización.

En el mes de marzo se realiza la socialización a nivel de Tableros de Indicadores que se realizan diariamente con el equipo estratégico del área el cual está conformado por todos los involucrados y partes interesadas del área manejando un rango de mandos medios. Utilizando la información registrada el día anterior por los operadores y posterior calculada manualmente por el responsable de cada área, en este caso de Metalmecánica los investigadores, los cuales registran manualmente en un formato ya establecido por el departamento de Mejora Continua de la empresa la cual es responsable de generar los formatos estándar para la publicación de la información de los procesos definidos por la organización.

El formato es colocado en el tablero de indicadores de la empresa donde se analizan diferentes perspectivas, El Recurso Humano, La Calidad, La Seguridad, La Perspectiva Financiera y la perspectiva de los Procesos donde se ubica el indicador clave “OEE”, este formato es ubicado en este tablero previo al inicio de cada reunión.

El responsable de calcular el indicador, le toma un aproximado de una hora el tabular la información registrada por los operadores en tablero hora a hora y generar el cálculo según la interpretación de las causas definidas en el tablero el día anterior, asignando a cada responsable el tiempo de ineficiencia que causó pérdidas de capacidad en las actividades de producción.

En la reunión el responsable del cálculo informa los porcentajes alcanzados con respecto al Rendimiento, Calidad y Disponibilidad dando como resultado el OEE de cada proceso, socializando a los responsables y asignando tareas de análisis de causa raíz dependiendo de la recurrencia y tiempo de afección con la que hizo perder capacidad al proceso.

A continuación el formato que se utiliza para socializar la información calculada.



identificar problemas que incurran en incumplimientos ya sea de registro conforme a lo acordado al implementar el indicador o la necesidad de llamar al equipo para solicitar apoyo y tomar decisiones estratégicas evitando incurrir en incumplimientos de los lotes de producción programados.

### **Proceso de Recopilación de Datos.**

Uno de los obstáculos más importantes se genera por la resistencia al cambio en los operadores, quienes sentían la responsabilidad de esforzarse más para cubrir las ineficiencias causadas por los otros departamentos. Por esto es importante que quienes registran la información comprendan la importancia de la claridad y objetividad, para poder solucionar los problemas de su proceso. Esto con el fin de asignar las tareas de soluciones definitivas a quienes realmente causan los problemas, siendo estos quienes podrían dar fin a las ineficiencias de manera definitiva.

El proceso de recopilación de datos es efectivo cuando los responsables de la información identifican objetivamente a las áreas responsables de los problemas, registrando en el tablero e interpretando de una manera clara al momento de calcular los diferentes datos del KPI. Para esto es clave el acompañamiento y posterior auditoría del supervisor quien está como apoyo de la metodología y previsor de que la información registrada sea la adecuada.

### **Herramientas y Tecnologías Utilizadas.**

La empresa cuenta con el servicio contratado de Google Workspace para recopilación de datos a todo nivel. Haciendo uso de este se generó una carpeta compartida en el departamento de Ingeniería de manufactura donde cada responsable creó el formato de registro y cálculo en las Hojas de Cálculo de Google similares a las hojas de Excel.

Dentro de estas hojas se fueron generando las tabulaciones de la información levantada por el responsable al inicio de la jornada con un registro fotográfico del tablero para luego llevarlo a su lugar de trabajo donde sube la información y se calcula el OEE.

Durante los primeros meses se utilizó un formato básico en las hojas de cálculo donde se incurra en el llenado manual el cual significaba un mayor esfuerzo de interpretación y agrupación del tiempo perdido para cada responsable. A continuación un ejemplo de uno de los días de registro y cálculo del indicador con los formatos:

### **Tablero Hora a Hora Registrado por los Operadores el 27/03/2023.**

Fotografía

Fotografía 2

Tablero Hora a Hora

CONTROL DE PRODUCCIÓN HORA POR HORA										
SUBSECCIÓN: P. Mayra			ACTUAL TAKT TIME:			LET TURNO 1:		LG TURNO 1:		
PROCESO: Lamin 20" Frente - 100 en 21" JPH MAX:			UPH REAL:			LET TURNO 2:		LG TURNO 2: A. Irigoyen		
FECHA: 27/03/23			UPH REAL:			LET TURNO 3:		LG TURNO 3:		
PARAS DE PROCESO (MIN)										
HORA	PLANIFICADO			PRODUCIDO			PARAS		CAUSAS	
	Tempo de	Modo	Cantidad	Real	Acumulado	Diferencia	Of Acum.	Tempo		Acumulado
7h-8h	00:60	200484		150	150					Material en Alim. (00:10) + Problema con Ventosas Paso #14 (00:10) + Limp. Matr. (00:05)
8h-9h	00:60	" "		44	194					" " (00:10) + Problema con Material (00:30) + Preak. Matric. (00:05) + " " " " (00:03)
9h-10h	00:60	" "		156	350					Problema Ventosas Paso #11 (00:05) + Se hace de Forma Manual (00:10) + Limp. Matr. (00:03)
10h-11h	00:60	" "		160	510					Cambios (00:05) + Limp. Máquina (00:03) + Se hace de For. Man. (00:10)
11h-12h	00:60	" "		150	660					" " (00:05) + Se hace de Forma Man. (00:10)
12h-13h	00:60	" "		116	776					Problemas con Material (00:10)
13h-14h	00:60	" "		97	873					" " " " (00:05) + Limp. Matriz (00:05)
14h-15h	00:60	" "		137	1010					Se hace de Form. Manual. (00:10) + Limp. Matriz (00:05)
15h-16h	00:60	" "		90	1100					Es para de Material (00:25) + Se sobre Material a Aliment. (00:15)
16h-17h	00:60	" "		170	1270					Limp. Matriz (00:05) + Silbanc. (00:05)
17h-18h	00:60	" "		85	1355					100 para reparar
18h-19h	00:60	" "		81	1436					40 para reparar. Sin us. 30min
19h-20h	00:60	" "		0	1436					Set up 30min 10min calibración.
20h-21h										

NOTA. TABLERO HORA A HORA DEL 27 DE MARZO DE 2023 FUENTE: EMPRESA EN ANÁLISIS

Información Tabulada Manualmente el 28/03/2023.

Captura de Pantalla 2

Reporte Tabulado del Tablero Hora a Hora

COD	Descripción	UPH	Lapso	Horas	Calidad	Real	Comp.	Producción		Automatización		Mantenimiento		Matriceria		SET-UP		Espera		Material no cumple																		
								Observaciones	Tiempo min	Observaciones	Tiempo min	Observaciones	Tiempo min	Observaciones	Tiempo min	Observaciones	Tiempo min	Observaciones	Tiempo min	Observaciones	Tiempo min																	
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	748	1		150	49.34%	Limpieza de matriz	5	Material en alimentador - Problemas con Ventosas																												
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	849	1		44	14.47%	Limpieza de matriz	3	Material en alimentador - Problemas de ventosas paso 1				Prueba de Matriceria	8			Prueba con Material	30																			
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	9410	1		156	51.32%	Limpieza de matrices	3	+ Se hace de forma manual																												
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	10411	1		160	52.63%	Cestas + Limpieza Máquina	13	Se hace de forma manual																												
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	11412	1		150	52.63%	Cestas	5	Se hace de forma manual																												
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	12413	1		116	49.34%													Problemas con material	30																	
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	13414	1		97	38.16%	Limpieza de matriz	6											Problemas con material	33																	
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	14415	1		137	31.91%	Limpieza de matriz	6	Se hace de forma manual																												
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	15416	1		90	29.61%																															
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	16417	1		170	55.92%	Se sube material al alimentador	15										Espera de Material	25																		
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	17418	1	4	160	52.63%	Limpieza de matriz	6																													
20004684	Callentaplato 30 Rja 2F inox for	304	18419	1	4	81	26.64%												SET-UP	30																		
20004909	Frente 30 2P Econ. 2F inox formado	190	19420	1		0	0.00%												SET-UP + Calibración	30																		
																			265	Horas no Programadas																		
																			40	SETUP																		

NOTA. REPORTE TABULADO MANUALMENTE DE LA INFORMACIÓN REGISTRADA EN EL TABLERO HORA A HORA EN UN ARCHIVO COMPARTIDO DE LA EMPRESA EN ANÁLISIS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Cálculo del OEE.

Captura de Pantalla 3

Hoja de Cálculo con el resultado del cumplimiento

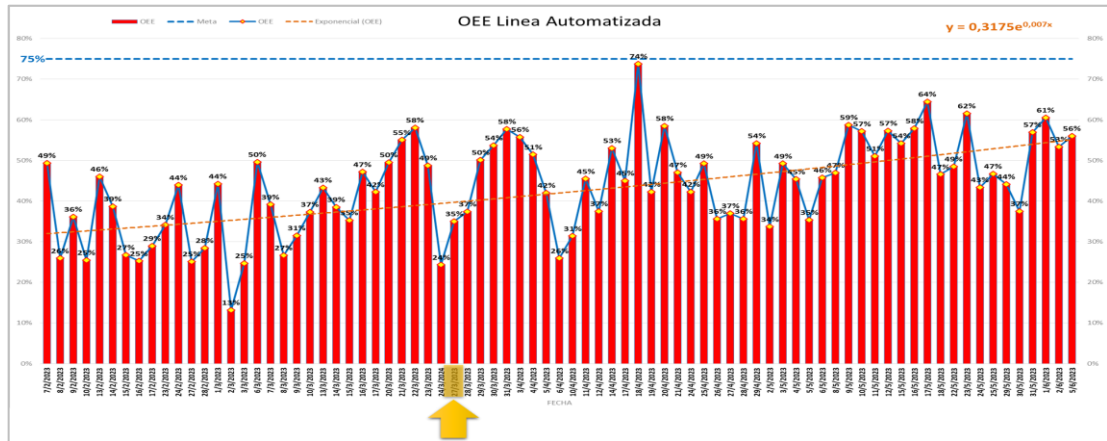
Fecha	Disponibilidad				Desempeño - Rendimiento										CALIDAD			OEE	
	Tiempo Total (H/D)	Tiempo Total (min/D)	Paras planificadas fijas y tiempo de comidía	Paras Disponibles	Total Paras No Programadas	SET-UP	Tiempo operativo	Disponibilidad	UPH UPM	Unidades Máximas Teóricas	Unidades producidas	Rendimiento	Reproceso	Rechazo-SCRAP	Defectos	Calidad			
7/2/2023	8,5	510	0	510	203	40	267	52%	190	3,2	846	832	98%	0	37	0	95%	49%	
8/2/2023	8,5	510	0	510	400	0	110	21%	190	3,2	846	433	124%	0	15	0	97%	26%	
9/2/2023	8,5	510	0	510	238	48	224	44%	190	3,2	709	586	83%	0	3	0	99%	36%	
10/2/2023	8,5	510	0	510	406	0	104	20%	190	3,2	329	432	131%	0	22	0	95%	25%	
13/2/2023	8,5	510	0	510	126	55	320	64%	277	4,6	1318	1107	73%	20	4	0	98%	46%	
14/2/2023	8,5	510	0	510	110	200	39%	277	4,6	922	923	100%	5	8	0	99%	39%		
15/2/2023	8,5	510	0	510	347	65	98	19%	277	4,6	452	635	140%	0	6	0	99%	27%	
16/2/2023	8,5	510	0	510	307	60	148	29%	277	4,6	660	621	94%	7	23	0	96%	25%	
17/2/2023	8,5	510	0	510	427	0	83	16%	277	4,6	383	682	178%	0	0	0	100%	29%	
23/2/2023	8,5	510	0	510	190	70	250	49%	277	4,6	1154	839	73%	22	14	0	96%	34%	
24/2/2023	8,5	510	0	510	123	70	317	62,2%	277	4,6	1463	1070	73,1%	24	13	0	96,7%	44%	
27/2/2023	8,5	510	0	510	310	72	128	21,1%	308	5,1	657	657	100,0%	0	0	0	100,0%	25%	
28/2/2023	8,5	510	0	510	255	105	150	29,4%	291	4,8	727	727	100,0%	0	25	0	96,7%	28%	
1/3/2023	8,5	510	0	510	273	0	237	46,5%	334	5,6	1320	1320	100,0%	50	17	0	95,2%	44%	
2/3/2023	8,5	510	0	510	273	158	79	15,5%	320	5,3	421	370	87,8%	0	13	0	96,6%	13%	
3/3/2023	8,5	510	0	510	270	58	182	35,7%	277	4,6	840	617	73,4%	0	38	0	94,2%	25%	
6/3/2023	8,5	510	0	510	151	60	299	58,6%	277	4,6	1380	1203	87,1%	37	0	0	97,0%	50%	
7/3/2023	8,5	510	0	510	253	50	207	40,6%	277	4,6	956	944	98,8%	16	7	0	97,6%	39%	
8/3/2023	8,5	510	0	510	335	0	175	34,3%	277	4,6	808	650	80,5%	0	24	0	96,4%	27%	
9/3/2023	8,5	510	0	510	238	45	227	44,5%	267	4,4	1009	759	75,2%	0	48	0	94,3%	31%	
10/3/2023	8,5	510	0	510	190	70	250	49,0%	272	4,5	1132	895	79,1%	10	25	0	96,2%	37%	
13/3/2023	8,5	510	0	510	241	30	239	46,9%	304	5,1	1211	1153	95,2%	28	8	0	97,0%	43%	
14/3/2023	8,5	510	0	510	245	60	205	40,2%	277	4,6	946	929	98,2%	11	12	0	97,6%	39%	
15/3/2023	8,5	510	0	510	228	73	209	41,0%	277	4,6	965	870	90,2%	0	41	0	95,5%	35%	
16/3/2023	12	720	0	720	294	74	352	48,9%	277	4,6	1625	1608	98,9%	24	17	0	97,5%	47%	
17/3/2023	14	840	0	840	243	120	477	56,8%	282	4,9	2325	1790	77,0%	40	24	0	96,5%	42%	
20/3/2023	12	720	0	720	172	90	458	63,6%	276	4,6	2103	1676	79,7%	24	15	0	97,7%	50%	
21/3/2023	8,5	510	0	510	77	100	333	65,3%	247	4,1	1371	1173	85,6%	0	18	0	98,5%	55%	
22/3/2023	10	600	0	600	40	185	40	37,5	62,5%	208	3,4	1277	1200	94,0%	0	14	0	98,8%	58%
23/3/2023	10,5	630	0	630	234	25	371	58,9%	273	4,5	1687	1433	84,9%	0	37	0	97,5%	49%	
24/3/2023	8,5	510	0	510	260	110	140	27,5%	253	4,2	931	556	64,1%	9	26	0	94,1%	24%	
27/3/2023	17	1020	0	1020	407	71	542	53,1%	337	3,9	2140	1477	69,0%	34	16	0	95,5%	35%	
28/3/2023	13	780	0	780	350	40	390	50,0%	295	4,9	1919	1511	78,7%	60	20	0	95,0%	37%	
29/3/2023	11	660	0	660	191	98	371	56,2%	300	3,3	1239	1118	90,2%	0	13	0	98,9%	50%	
30/3/2023	10	600	0	600	219	52	329	54,8%	210	3,5	1154	1154	100,0%	11	13	0	98,0%	54%	
31/3/2023	8	480	0	480	149	45	286	59,6%	281	4,7	1337	1334	99,8%	32	9	0	97,0%	58%	
3/4/2023	9	540	0	540	85	125	330	61,1%	245	4,1	1349	1274	94,4%	0	45	0	96,6%	56%	

NOTA. HOJA DE CÁLCULO CON EL RESULTADO DEL CUMPLIMIENTO DEL 27 DE MARZO DE 2023 (OEE 35%). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Gráfico de los Cálculos Realizados Desde el Inicio de la Implementación en el mes de Febrero Donde se Identifica la fecha 27/03/2023.

Captura de Pantalla 4

Gráfico del histórico de cumplimiento del OEE



NOTA. GRÁFICO DEL HISTÓRICO DE CUMPLIMIENTO DEL OEE DEL PROCESO DE FORMADO DE FRENTES Y PUERTA CALIENTE PLATOS DEL 7 DE FEBRERO A 6 DE JUNIO DE 2023. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

El uso de esta forma de cálculo se llevó hasta el mes de abril donde se recopiló tanto el registro con el cálculo en una misma hoja del archivo simulando un Tablero Hora a Hora que en su formato ya contaba con la búsqueda automática de los UPH en las rutas de fabricación dependiendo de su código registrado, además de la suma según las horas trabajadas y la definición la segregación de las ineficiencias programadas y no programadas para por último dar como resultado el Rendimiento, Calidad, Disponibilidad

para el cálculo del cumplimiento del OEE. A continuación, un ejemplo del segundo formato para el cálculo utilizado desde el mes de Junio de 2023:

### Segunda Versión del Formato de Cálculo

Fotografía 3

Tablero Hora a Hora del 10 de Julio de 2023



**CONTROL DE PRODUCCIÓN HORA POR HORA**

SUBSECCIÓN: *R. H. 1007*      ACTUAL TAKT TIME:      LET TURNO 1:      LG TURNO 1:  
 PROCESO: *Producción*      UPH MAX: *190*      LET TURNO 2: *Xander Calle*      LG TURNO 2:  
 UPH REAL: *180*      LET TURNO 3:      LG TURNO 3: *Andres Jirgo*

PARAS DE PROCESO (MIN)

HORA	PLANIFICADO	PRODUCIDO	PARAS
7h-8h	0:45	145	40 -105
8h-9h	0:60	190	120 -125
9h-10h	0:60	190	250 -65
10h-11h	0:60	190	630 -85
11h-12h	0:30	95	100 -5
12h-13h	0:60	190	180 -10
13h-14h	0:60	190	720 -60
14h-15h	0:65	190	244 -6
15h-16h	0:30	95	134 -85

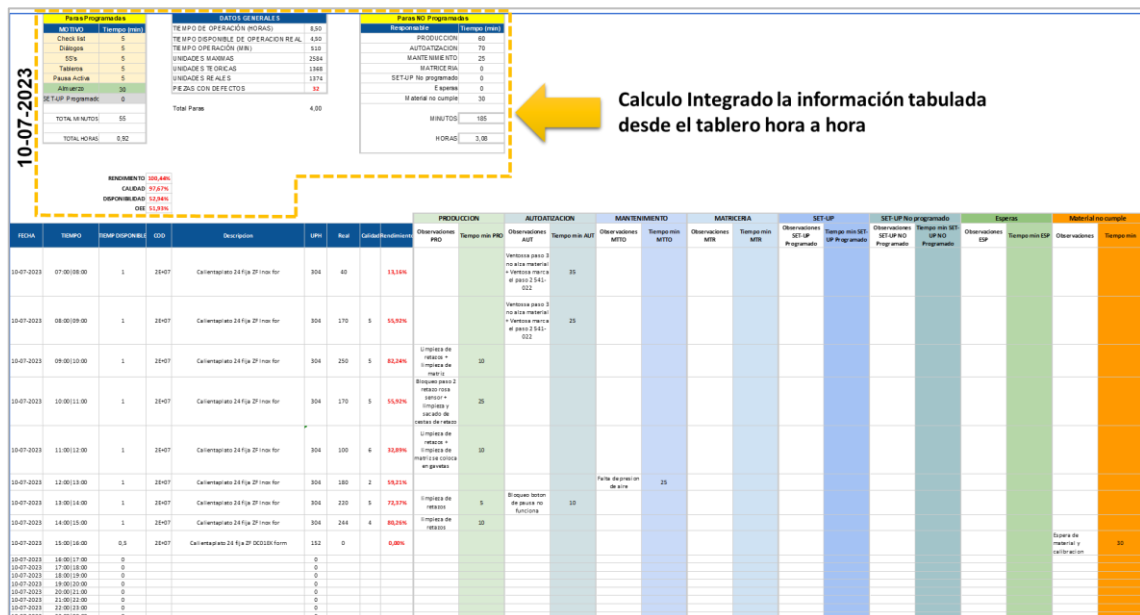
*Nota: Etapa Cta. Ptas 24 2a. 22 ps. repuestos 10 ps. no usados.*

NOTA. TABLERO HORA A HORA DEL 10 DE JULIO DE 2023. FUENTE: EMPRESA EN ANÁLISIS.

### Información Tabulada y Cargada en la Segunda Versión del Formato el 11/07/2023

Captura de Pantalla 5

Formato para la tabulación manual de las ineficiencias



**10-07-2023**

**RESUMEN DE DATOS GENERALES**

MÓDULO	5	TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS)	8,90
Check list	5	TIEMPO DISPONIBLE DE OPERACIÓN REAL	4,50
Calibración	5	TIEMPO OPERACIÓN (MIN)	510
5S	5	UNIDADES MANEJADAS	2344
Taladro	5	UNIDADES RE DESGASTADAS	1340
Paseo Activo	5	UNIDADES REALES	1374
Almuerzo	30	PERDIDAS CON DEFECTOS	12
SETUP programado	0	Total Paras	4,00
TOTAL MINUTOS	55		
TOTAL HORAS	0,92		

**RECOMENDACIONES:**  
 CALIDAD: 37,67%  
 DISPONIBILIDAD: 51,24%  
 OEE: 19,76%

**RESUMEN DE INEFICIENCIAS**

FECHA	TIEMPO	TEMP DISPONIBLE	ODD	Operación	Uph	Real	Calidad/Defectos	Observaciones PRO	Producción	AUTODATACION	MANTENIMIENTO	MATRIZERA	SET-UP	SET-UP No programado	Espinas	Material no cumple
10-07-2023	07:00:00:00	1	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	300	80	11,30%									
10-07-2023	08:00:00:00	1	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	300	170	5	5,62%								
10-07-2023	09:00:10:00	1	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	300	290	5	8,24%								
10-07-2023	10:00:11:00	1	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	300	170	5	5,62%								
10-07-2023	11:00:11:00	1	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	300	100	4	3,33%								
10-07-2023	12:00:13:00	1	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	300	180	2	5,62%								
10-07-2023	13:00:14:00	1	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	300	220	5	7,33%								
10-07-2023	14:00:15:00	1	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	300	244	4	8,24%								
10-07-2023	15:00:16:00	0,5	20407	Carilustrado 24 Fija 27 mm for	150	0	0,00%									

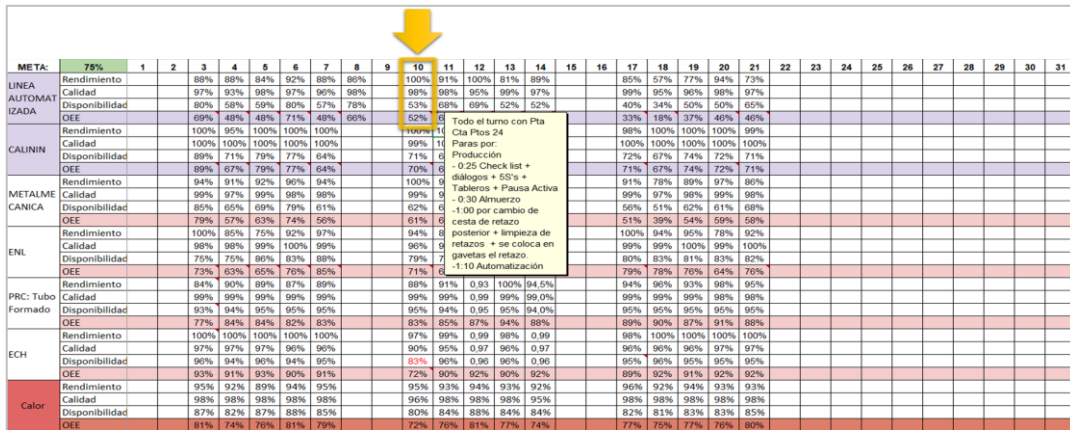
**Calculo Integrado la información tabulada desde el tablero hora a hora**

NOTA. FORMATO PARA LA TABULACIÓN MANUAL DE LAS INEFICIENCIAS REPORTADAS EN EL PROCESO CON EL CÁLCULO FORMULADO E INTEGRADO EN LA MISMA HOJA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS.

Archivo compartido en Google WORKSPACE con las partes interesadas donde se identifica el día 10/08/2023, en cada reporte diario se debe adjuntar en cada celda del indicador el comentario de cada novedad del día levantada en el tablero hora a hora y se debe redactar con el tiempo perdido en cada uno para que se socialice en los distintos niveles de socialización dentro de la empresa.

Captura de Pantalla 6

Hoja de cálculo compartida con las áreas interesadas



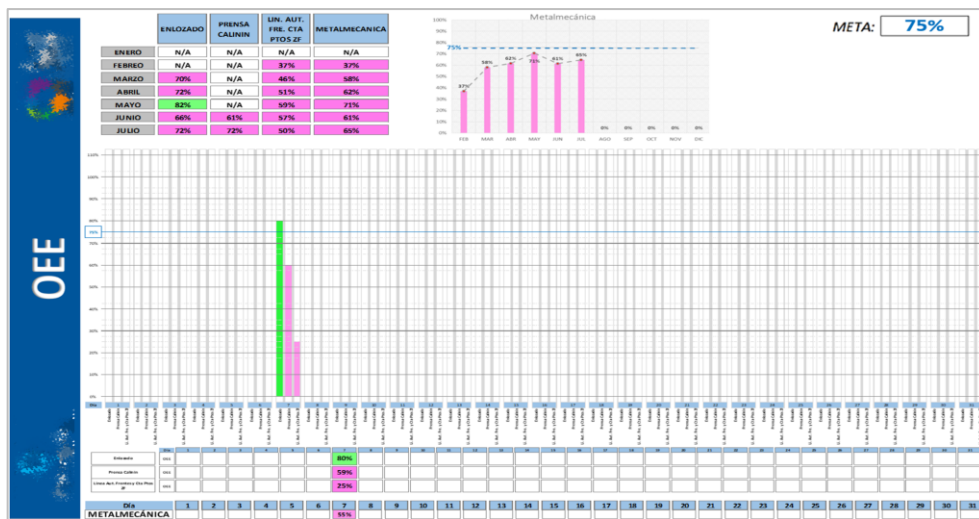
META:	75%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
LINEA AUTOMATIZADA	Rendimiento			88%	88%	84%	92%	88%	80%		100%	91%	100%	81%	89%			85%	57%	77%	94%	73%													
	Calidad			97%	93%	96%	97%	96%	98%		98%	98%	95%	99%	97%			99%	95%	90%	98%	97%													
	Disponibilidad			80%	59%	59%	80%	57%	78%		53%	68%	99%	52%	52%			40%	34%	50%	50%	55%													
CALININ	Rendimiento			100%	95%	100%	100%	100%			100%	100%	100%	100%	100%			98%	100%	100%	100%	99%													
	Calidad			100%	100%	100%	100%	100%			99%	100%	100%	100%	100%			100%	100%	100%	100%	100%													
	Disponibilidad			89%	71%	79%	77%	64%			71%	60%	60%	60%	60%			72%	67%	74%	72%	71%													
METALMECANICA	Rendimiento			94%	91%	92%	96%	94%			100%	90%	90%	90%	90%			91%	78%	89%	97%	80%													
	Calidad			99%	97%	99%	98%	98%			99%	99%	99%	99%	99%			99%	97%	98%	99%	98%													
	Disponibilidad			85%	65%	69%	79%	61%			62%	60%	60%	60%	60%			56%	51%	62%	61%	68%													
ENL	Rendimiento			100%	85%	75%	92%	97%			94%	90%	90%	90%	90%			100%	94%	95%	78%	92%													
	Calidad			98%	98%	99%	100%	99%			96%	96%	96%	96%	96%			99%	99%	100%	99%	100%													
	Disponibilidad			75%	75%	86%	83%	88%			79%	79%	79%	79%	79%			80%	83%	81%	83%	82%													
PRC: Tubo Formado	Rendimiento			84%	90%	89%	87%	89%			88%	91%	0.93	1.00%	94.5%			94%	96%	93%	98%	95%													
	Calidad			99%	99%	99%	99%	99%			99%	99%	0.99	99%	99.0%			99%	99%	99%	99%	98%													
	Disponibilidad			93%	94%	95%	95%	95%			95%	94%	0.95	95%	94.0%			95%	95%	95%	95%	95%													
ECH	Rendimiento			100%	100%	100%	100%	100%			97%	99%	0.99	98%	0.99			98%	100%	100%	100%	100%													
	Calidad			97%	97%	97%	96%	96%			90%	95%	0.97	96%	0.97			96%	96%	96%	97%	97%													
	Disponibilidad			90%	94%	90%	94%	95%			83%	90%	0.96	90%	0.90			90%	90%	95%	95%	95%													
Color	Rendimiento			93%	91%	93%	90%	91%			72%	90%	92%	90%	92%			89%	92%	91%	92%	92%													
	Calidad			95%	92%	89%	94%	95%			95%	93%	94%	93%	92%			96%	92%	94%	93%	93%													
	Disponibilidad			98%	98%	98%	98%	98%			96%	98%	98%	98%	95%			98%	98%	98%	98%	98%													
OEE			87%	82%	87%	88%	85%			80%	84%	88%	84%	84%			82%	81%	83%	83%	85%														
OEE			91%	74%	76%	81%	79%			72%	76%	81%	77%	74%			77%	75%	77%	76%	80%														

NOTA. HOJA DE CÁLCULO COMPARTIDA CON LAS ÁREAS INTERESADAS. FUENTE: GOOGLE DRIVE DE LA EMPRESA EN ANÁLISIS.

En el transcurso de los meses se ha sumado un proceso adicional y se ha modificado el formato de socialización en el cual se evidencia el seguimiento en el tiempo desde el mes de febrero hasta el 07/08/2023, a continuación, la imagen del Último formato establecido:

Captura de Pantalla 7

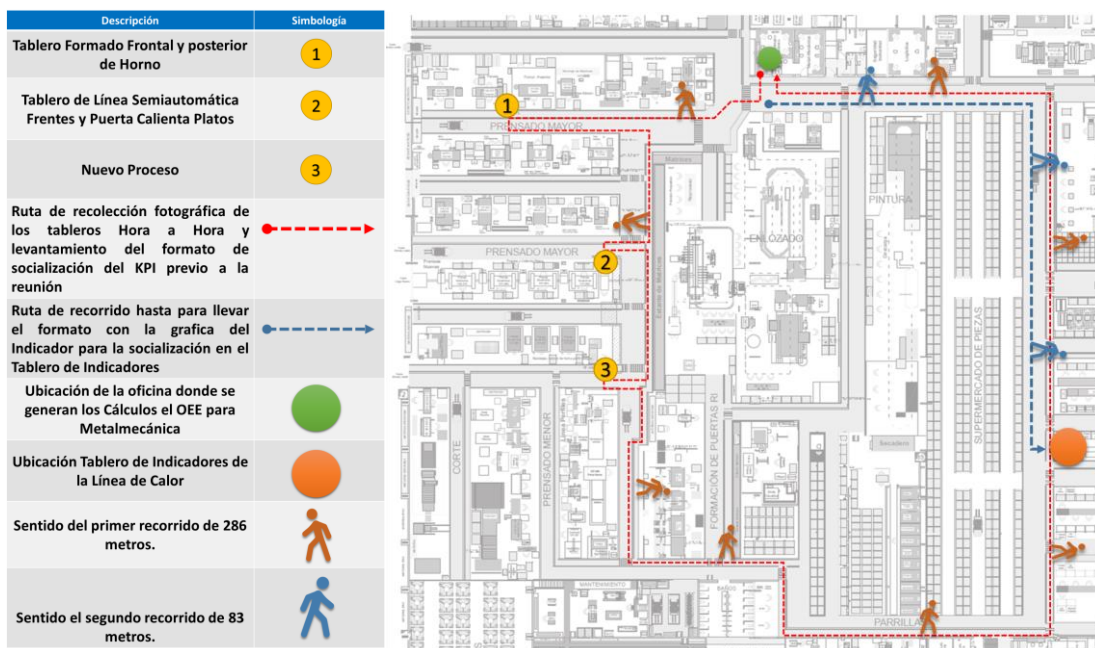
Segunda versión del formato de socialización del indicador



NOTA. SEGUNDA VERSIÓN DEL FORMATO DE SOCIALIZACIÓN DEL INDICADOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS.

En este punto el inconveniente es de cumplir con los tiempos de cálculo del indicador ya que se modificó el horario de socialización del indicador y la reunión inicia 50 minutos después de iniciada la jornada de trabajo lo que no deja tiempo suficiente para generar toda la información y llegar a la reunión a tiempo. Considerando que se calculan tres procesos y al ser actividades manuales los registros de la información del Tablero hora a hora, los cálculos y las gráficas, además que se debe levantar la información fotográfica y formato desde diferentes puntos de la planta como se ve en el siguiente Imagen:

*Ilustración 1*  
*Esquema de recorrido*



*NOTA. RECORRIDO DIARIO PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN FOTOGRAFICA Y TRANSPORTE DEL FORMATO DE SOCIALIZACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS.*

El recorrido de la recopilación fotográfica y levantamiento del formato del KPI es 286 metros hasta regresar a la oficina de cálculo de OEE lo que toma un promedio de 7 minutos.

Luego se debe transportar el formato del KPI graficado el cumplimiento del OEE hacia el Tablero de Indicadores de la línea de Calor, el cual está ubicado a 83 metros de la oficina de cálculo, lo que toma un promedio de 2 minutos llegar al lugar.

Realizar la tabulación de cada proceso, calcular su indicador y extraer los tiempos de ineficiencia por responsable toma 20 minutos lo que al calcular 3 procesos causaría la necesidad de una hora para generar el indicador, actualmente se debe incurrir en llegar 20 minutos antes de la jornada para cumplir con el horario de la reunión de socialización.

Considerando todo lo anterior se genera la propuesta de automatizar el registro el cual será llenado en una aplicación o formulario por los operadores donde se subirá a la nube de Google Workspace para que llene una base la cual genere el cálculo automático y a su vez la generación en tiempo real del tablero hora a hora y el formato del Indicador generando un ahorro de tiempo además de la información en tiempo real para que las partes interesadas tomen las decisiones inclusive el mismo día de la producción.

### **Información Complementaria para el Cálculo**

#### ***Rutas de Fabricación***

Las rutas de fabricación, también conocidas como hojas de ruta o rutas de producción, son secuencias planificadas y detalladas de operaciones y procesos que deben llevarse a cabo para producir un determinado producto. Estas rutas proporcionan una guía paso a paso para la fabricación de un artículo desde el inicio hasta el producto final.

Las rutas de fabricación son esenciales en la industria manufacturera, especialmente en procesos de fabricación complejos o con múltiples etapas. Cada ruta de fabricación se adapta a un producto específico y puede incluir detalles como:

- Secuencia de operaciones. Las operaciones y actividades se ordenan en una secuencia lógica y coherente para obtener el producto final. Esto implica definir cuál es la primera operación, la siguiente y así sucesivamente.
- Tiempos de procesamiento. Las rutas de fabricación pueden incluir estimaciones de los tiempos requeridos para cada operación o proceso. Esto ayuda a programar y planificar la producción de manera eficiente.
- Recursos necesarios. Se especifican los recursos y materiales requeridos en cada etapa del proceso, como maquinaria, herramientas, materias primas y mano de obra.
- Control de calidad. Las rutas de fabricación también pueden indicar puntos de control de calidad para garantizar que los productos cumplan con los estándares requeridos.
- Instrucciones detalladas. Pueden incluir instrucciones específicas sobre cómo realizar cada operación, detalles técnicos, tolerancias, entre otros.

### **Lista de Recurrencias o Ineficiencias Detectadas en el Histórico de Causas**

Para automatizar el reporte se crea el listado de problemas recurrentes de manera que se codifique con el fin de facilitar el reporte ya sea en un formulario de Google o en APP Sheet de Google. Uno de los inconvenientes del reporte manual es que la redacción de las causas cambia frecuentemente según el lenguaje coloquial de quien reporta.

Es importante tener un histórico que ayude a definir todos los problemas de cada proceso y generar una lista estándar con su respectivo código de asignación el cual aportará significativamente en la programación y formulación de las hojas de cálculo y evitar errores de búsqueda, duplicidad de información o mala asignación del responsable de la ineficiencia.

A continuación, el análisis realizado a los históricos de los responsables del proceso de formado de “Frontales y Posteriores de Horno”

Para llegar a la definición de las causas estándar necesarias para el formato del Formulario de Google Forms se deben depurar el listado de causas reportadas por el departamento de producción, definir el tipo de pérdida de tiempo, su responsable y sintetizar el cumulo de información ayuda a generar un lenguaje estándar dentro de los registros a futuro en el formato de cálculo automático.

#### ***Ineficiencias de Producción***

El departamento de Producción ocupa un rol central en la maquinaria operativa de la empresa de línea blanca. Su función es la de transformar los insumos en productos finales, y por ende, su eficiencia impacta directamente en el cálculo del OEE (Overall Equipment Effectiveness) o Eficacia General de los Equipos. Dentro del proceso productivo, existen ineficiencias que pueden dar origen a los "7 desperdicios" del sistema Lean Manufacturing. Estos abarcan Defectos, Sobreproducción, Tiempos de Espera, Transporte innecesario, Movimientos innecesarios, Inventarios excesivos y Habilidades subutilizadas. A continuación, analicemos cómo estas ineficiencias inciden en los componentes del OEE:

- Defectos. La generación de piezas defectuosas conduce a reprocesos y re trabajos, lo que compromete la calidad y la eficiencia. Esta ineficiencia impacta directamente en el componente de calidad en el cálculo del OEE.
- Sobreproducción. La producción en exceso resulta en inventarios innecesarios y pérdida de espacio. Esta acumulación afecta la disponibilidad de las máquinas y reduce la eficiencia en la producción.

- Tiempos de Espera. Paradas y pausas en la línea de producción debido a la falta de materiales, programación ineficiente o problemas de coordinación disminuyen la disponibilidad y el rendimiento en el cálculo del OEE.
- Transporte Innecesario. Trasladar materiales o productos innecesariamente agrega tiempo y riesgo de daños. Esto afecta la eficiencia y potencialmente la calidad.
- Movimientos Innecesarios. Movimientos repetitivos y no esenciales de los operadores aumentan la fatiga y la probabilidad de errores. Esto repercute en la calidad y el rendimiento en el cálculo del OEE.
- Inventarios Excesivos. Mantener niveles altos de inventario resulta en costos de almacenamiento y obsolescencia. Además, ocupa espacio que podría destinarse a la producción, afectando la disponibilidad y la eficiencia.
- Habilidades Subutilizadas. No aprovechar plenamente las habilidades del personal limita la innovación y resolución de problemas. Esta ineficiencia afecta tanto la eficiencia como la calidad.

Aunado a los "7 desperdicios", otras ineficiencias pueden afectar el OEE en el departamento de Producción. Bajo rendimiento del personal, falta de equipos como montacargas, descuidos de calidad, realización de actividades no esenciales durante tiempos de producción críticos o problemas en la coordinación entre áreas, impactan la disponibilidad, el rendimiento y la calidad en el cálculo del OEE.

La mejora continua, la capacitación del personal, la programación eficiente de la producción, la eliminación de actividades innecesarias y la optimización de la coordinación entre departamentos son esenciales para abordar estas ineficiencias. La implementación de principios Lean y la identificación constante de áreas de mejora son estrategias fundamentales para maximizar la eficiencia global del proceso de producción y, a su vez, optimizar el OEE.

Producción					
#	Causas Registradas	#	Causa Estándar	Tipo	Código
1	5S	1	Abastecimiento de Cestas Vacías	Ineficiencia	PRD-ACV
2	5S's	2	Reproceso	Ineficiencia	PRD-REP
3	Abastecimiento de cestas	3	Sacar Cestas Llenas	Ineficiencia	PRD-SCL
4	Abastecimiento de cestas + limpieza de retazos	4	Abrir Pallet de Material	Ineficiencia	PRD-APM
5	Abastecimiento de cestas + reproceso 9 pz	5	Cambio de cesta de retazos llena por vacía	Ineficiencia	PRD-CCR
6	Abastecimiento de cestas + sacar material + abrir pallet de material	6	Limpieza de retazos	Ineficiencia	PRD-LDR
7	Abastecimiento de cestas y sacar material	7	Cambio de Base y trasvase de material	Ineficiencia	PRD-CBT
8	Abastecimiento y sacar cestas de retazos	8	Limpieza de Matriz	Ineficiencia	PRD-LDM
9	Abrir y sacar material	9	Check list	Programado	PRD-CHK
10	Abastecimiento de cestas	10	Diálogos	Programado	PRD-DLG
11	Abastecimiento de cestas +limpieza de retazos	11	5S's	Programado	PRD-5SS
12	Cambio de base + Limpieza de retazo	12	Lectura de Tableros	Programado	PRD-TBL
13	Cambio de Base de material	13	Pausa Activa	Programado	PRD-PAU
14	cambio de base de retazo	14	Botar retazo	Ineficiencia	PRD-BRT
15	Cambio de pallet	15	SET-UP Programado	Programado	PRD-SPR
16	Cambio de Pallet	16	SET-UP NO Programado	Ineficiencia	PRD-SNP
17	Cambio de Pallet + limpieza de matriz				
18	Cambio de pallet + limpieza de retazo				
19	Cambio de pallet y limpieza de matriz				
20	Cestas				
21	Limpieza de matriz + 5 S'S				
22	Limpiar retazo				
23	Limpieza				
24	Limpieza de matriz retazos				
25	Limpieza de retazo				
26	Limpieza de retazo				
27	Limpieza de retazo + cambio de base de materia				
28	Limpieza de retazo + Cambio de base de material				
29	Limpieza de retazo + Proceso manual				
30	Limpieza de retazos				
31	Limpieza de retazos				
32	reproceso				
33	Reproceso pepas				
34	Reproceso posterior 30 ZF				
35	Retazo				
36	Reunión con TTHH				
37	Sacar Cestas + Limpieza 5S's				
38	Sacar cestas de material				
39	Sacar cestas de material + botar retazos de frontal 24" ZF				
40	Sacar cestas de material + cesta de retazos				
41	Sacar traer cestas				
42	Sacar traer cestas + Se bota retazo				
43	Sacar traer cestas + Se bota retazo + Reproceso de piezas				
44	Sacar y traer cestas				
45	Se boto retazo				
46	Transporte de cestas				
47	Transporte de cestas + Limpieza				
48	Trasaso de material al pallet				

NOTA. LISTA DE CAUSAS REGISTRADAS Y DEFINICIÓN DE CUSAS ESTÁNDAR POR PRODUCCIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS.

### **Ineficiencias de Mantenimiento**

El departamento de Mantenimiento juega un papel fundamental en el funcionamiento eficiente del área de metalmecánica dentro de una empresa de línea blanca. Sus técnicos son responsables de mantener en óptimas condiciones las máquinas, equipos y herramientas utilizados en la producción. Garantizar un mantenimiento adecuado es esencial para evitar interrupciones en la producción, mantener la calidad de las piezas y maximizar la eficiencia general del proceso.

Existen varios criterios de ineficiencias que podrían afectar el desempeño del departamento de Mantenimiento y, en consecuencia, repercutir en el cálculo del OEE:

- **Falta de Planificación Preventiva.** Si no se implementan programas de mantenimiento preventivo, las máquinas pueden sufrir fallas inesperadas. La ausencia de inspecciones regulares y ajustes programados puede resultar en tiempos de inactividad no planificados y reducir la disponibilidad.
- **Retrasos en Reparaciones.** Si las reparaciones no se realizan de manera oportuna debido a una programación deficiente, falta de personal o recursos limitados, el tiempo de inactividad podría prolongarse. Esto afectaría tanto la disponibilidad como el rendimiento, al demorar la reanudación de la producción.
- **Mantenimiento Inadecuado.** Si las tareas de mantenimiento no se realizan con precisión o se omiten pasos críticos, la calidad de las piezas fabricadas podría verse comprometida. Problemas como piezas defectuosas o ajustes incorrectos pueden disminuir la calidad y, en consecuencia, influir negativamente en el OEE.
- **Falta de Capacitación.** La capacitación insuficiente del personal de Mantenimiento en cuanto a la maquinaria específica y las mejores prácticas puede resultar en diagnósticos erróneos o ajustes inadecuados. Esto afectaría la disponibilidad y calidad de la producción.
- **Gestión de Repuestos.** La falta de un inventario adecuado de piezas de repuesto puede retrasar las reparaciones. Si los técnicos de Mantenimiento no tienen acceso a las piezas necesarias, los tiempos de inactividad podrían prolongarse, reduciendo la disponibilidad y el rendimiento.
- **Comunicación Deficiente.** Si no hay una comunicación efectiva entre Mantenimiento y otras áreas, es posible que no se comprendan plenamente las necesidades y problemas de la maquinaria. Esto podría llevar a retrasos en la atención de problemas y afectar la disponibilidad y rendimiento.

Mantenimiento					
#	Causas Registradas	#	Causa Estándar	Tipo	Código
1	Fallo de ventosas +cambio de ventosas	1	Fallo de Ventosas	Ineficiencia	MTO-FV
2	Falla en eje 8	2	Falla en eje	Ineficiencia	MTO-FE
3	Falla de freno	3	Falla en freno	Ineficiencia	MTO-FR
4	Falla de parámetros	4	Falla de parámetros	Ineficiencia	MTO-FP
5	FALLA de ventosa	5	Rotura de canaleta	Ineficiencia	MTO-RC
6	falla eje 5	6	HMI no responde	Ineficiencia	MTO-HR
7	Falla eje 7	7	Fallo perimetro de Seguridad	Ineficiencia	MTO-PS
8	Falla eje A	8	Falla en barreras de Seguridad	Ineficiencia	MTO-BS
9	Falla en eje 8 rompe canaleta	9	Falla en mando bimanual	Ineficiencia	MTO-MB
10	Falla ventosa	10	Maquina no enciende	Ineficiencia	MTO-NE
11	Falla ventosa eje 6	11	Fuga de aceite	Ineficiencia	MTO-FA
12	falla ventosa eje 7	12	Mantenimiento Preventivo	Programado	MTO-MP
13	HMI no responde	13	Falla en Gripper	Ineficiencia	MTO-FG
14	Problemas con retazo eje 7				
15	Se trabaja manual				

NOTA. LISTA DE CAUSAS REGISTRADAS Y DEFINICIÓN DE CAUSAS ESTÁNDAR POR MANTENIMIENTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS.

### **Ineficiencias de Matricaria**

En una empresa de línea blanca, las ineficiencias en el departamento de Matricería, donde se trabaja con las matrices para fabricar las piezas metálicas de los productos, pueden afectar de manera significativa la eficiencia y la calidad del proceso de producción. Aquí están algunas formas en que estas ineficiencias pueden manifestarse:

**Retrasos en la Preparación de Matrices.** Si el departamento de Matricería no logra preparar las matrices a tiempo para la producción, esto puede causar demoras en la línea de fabricación. Las piezas no podrán producirse según lo programado, lo que afectará la eficiencia y la capacidad de respuesta a la demanda.

**Errores en el Ajuste de Matrices.** Si las matrices no se ajustan correctamente o si hay errores en el proceso de configuración, es probable que las piezas resultantes no cumplan con las especificaciones requeridas. Esto puede llevar a la producción de piezas defectuosas y a un aumento en el re trabajo necesario.

**Mantenimiento Insuficiente de las Matrices.** Si las matrices no se mantienen adecuadamente, su calidad y precisión pueden deteriorarse con el tiempo. Esto puede resultar en problemas de calidad en las piezas y en la necesidad de reemplazar las matrices con mayor frecuencia, lo que afecta los costos de producción.

**Falta de Capacidad.** Si el departamento de Matricería no tiene la capacidad suficiente para manejar la demanda de producción, podría haber cuellos de botella y retrasos en la fabricación de piezas. Esto podría ralentizar toda la cadena de producción.

**Comunicación Deficiente.** Si no hay una comunicación clara entre el departamento de Matricería y otros departamentos, como diseño o producción, es posible que las especificaciones no se entiendan correctamente. Esto puede llevar a la fabricación de piezas incorrectas y a la necesidad de hacer ajustes sobre la marcha.

Para abordar estas ineficiencias, es fundamental mejorar la planificación y la comunicación entre el departamento de Matricería y otros departamentos relevantes. Además, se debe priorizar el mantenimiento regular y adecuado de las matrices para garantizar su precisión y durabilidad. La inversión en capacitación para el personal de Matricería y la adopción de mejores prácticas también pueden contribuir a la optimización del proceso de fabricación de piezas.

*Captura de Pantalla 10*

*Lista de causas registradas y definición de causas estándar por Matricería*

Matricería					
#	Causas Registradas	#	Causa Estandar	Tipo	Código
1	FALLA en la matriz	1	Falla de matriz	Ineficiencia	MTR-FEM
2	Limpieza de pepas por punzones en mal estado	2	Punzones en mal estado	Ineficiencia	MTR-PME

*NOTA. LISTA DE CAUSAS REGISTRADAS Y DEFINICIÓN DE CAUSAS ESTÁNDAR POR MATRICERÍA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*

### ***Ineficiencias por SET-UP***

Las ineficiencias por "SET-UP" en una empresa de línea blanca en el área de metalmecánica se refieren a los tiempos y problemas asociados con el cambio de producción de un producto a otro en una línea de fabricación. Un "set-up" o cambio de configuración implica ajustar las máquinas, herramientas y procesos para producir un producto diferente, lo que a menudo lleva tiempo y puede interrumpir la eficiencia general de la línea de producción.

En el contexto de la responsabilidad del departamento de programación de la producción, el cálculo del OEE (Overall Equipment Effectiveness) o Eficacia General de los Equipos es esencial para evaluar la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de fabricación. El departamento de programación de la producción desempeña un papel clave en la asignación de los momentos apropiados para llevar a cabo los cambios de configuración.

Las ineficiencias por "SET-UP" pueden influir en cada uno de los componentes del OEE de la siguiente manera:

- Disponibilidad. Cuando el departamento de programación de la producción no optimiza adecuadamente el tiempo para los cambios de configuración, la disponibilidad del equipo se reduce, ya que se dedica tiempo no productivo al proceso de "set-up".
- Rendimiento. Un calendario inadecuado para los cambios de configuración puede llevar a interrupciones en la producción y a una disminución en el rendimiento, ya que se pueden desperdiciar valiosas oportunidades de producción.
- Calidad. Si los cambios de configuración no se realizan de manera adecuada y planificada, las primeras unidades producidas después de un "set-up" podrían sufrir problemas de calidad. Esto afecta directamente el componente de calidad del OEE.

Para calcular el impacto de las ineficiencias por "SET-UP" en el OEE, es necesario medir y analizar los tiempos dedicados a los cambios de configuración y cómo estos factores afectan la disponibilidad, el rendimiento y la calidad en general. La colaboración entre el departamento de programación de la producción y el área de metalmecánica es fundamental para minimizar los tiempos de cambio, mejorar los procesos de ajuste y mitigar el impacto negativo en el OEE.

*Captura de Pantalla 11*

*Lista de causas registradas y definición de causas estándar por SET-UP*

SET-UP					
#	Causas Registradas	#	Causa Estandar	Tipo	Código
1	Cabio de Modelo	1	Calibracion para cambio de Modelo PR	Programado	→ SET-CCM
2	Calibracion	2	Calibracion de ventosas PR	Programado	→ SET-CDV
3	calibracion	3	Set-Up Programado PR	Programado	→ SET-PRO
4	Calibracion c cambio de modelo	4	Validacion de Matriz PR	Programado	→ SET-VDM
5	Calibracion c cambio de ventosas	5	Calibracion para cambio de Modelo NPR	Ineficiencia	→ SET-CMN
6	Calibracion de ventosa	6	Calibracion de ventosas NPR	Ineficiencia	→ SET-CVN
7	Calibracion de ventosas	7	Set-Up NPR	Ineficiencia	→ SET-NOP
8	Cambio de modelo	8	Validacion de Matriz NPR	Ineficiencia	→ SET-VMN
9	Cambio de ventosas				
10	SETUP				
11	SET-UP				
12	SET-UP				
13	SET-UP (validacion Matriz Nueva)				
14	SET-UP + cabio de modelo}				
15	SET-UP+Calibracion del eje 7)				

*NOTA. LISTA DE CAUSAS REGISTRADAS Y DEFINICIÓN DE CUSAS ESTÁNDAR POR SET-UP. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*

### ***Ineficiencias por Esperas***

Dentro del entorno de la producción metalmecánica, el surgimiento de ineficiencias debido a las esperas puede influir notablemente en el cálculo del OEE (Overall Equipment Effectiveness). Estas pausas no planificadas pueden ser provocadas por diversas circunstancias, como la demora en la entrega de materiales provenientes de proveedores internos o externos, discrepancias en las dimensiones y características técnicas de la materia prima, condiciones inadecuadas de almacenamiento que afectan la calidad, así como interrupciones causadas por capacitaciones y reuniones no programadas. Analicemos cómo estas situaciones impactan los componentes del OEE:

- **Disponibilidad.** Las esperas originadas por la falta de suministro o demoras en la entrega de materiales comprometen la disponibilidad de la maquinaria. Estos paros imprevistos generan momentos de inactividad no planificada que inciden directamente en la puntuación de disponibilidad en el cálculo del OEE.
- **Rendimiento.** Interrupciones en la producción a raíz de demoras en la entrega de materiales o el uso de materia prima no conforme pueden causar disminuciones en la eficiencia del proceso. La necesidad de ajustes y la operación a un ritmo inferior reducen el rendimiento, afectando así la eficacia en el cálculo del OEE.
- **Calidad.** La utilización de materia prima con dimensiones o características técnicas no adecuadas puede derivar en la producción de piezas defectuosas. Las consecuentes esperas por re trabajos o correcciones impactan la calidad del proceso, lo que a su vez influye negativamente en la puntuación de calidad en el cálculo del OEE.

Es importante considerar que estas esperas, además de afectar directamente los componentes del OEE, también pueden tener ramificaciones más allá de la producción. Las interrupciones no previstas pueden disminuir la moral de los trabajadores y perturbar la planificación general de la planta. Una programación interrumpida puede generar desafíos logísticos y repercutir en la planificación de la producción.

Para afrontar estas ineficiencias, una comunicación fluida con los proveedores es esencial. Establecer acuerdos claros en cuanto a tiempos de entrega y características técnicas de la materia prima puede prevenir retrasos y problemas de calidad. La implementación de inspecciones en la llegada de los materiales y la creación de planes de contingencia para demoras son medidas fundamentales. Asimismo, la planificación anticipada de capacitaciones y reuniones puede minimizar las interrupciones no

programadas. Estas estrategias, cuando se aplican con éxito, pueden contribuir significativamente a reducir el impacto de las esperas en la producción y a mejorar la puntuación general del OEE.

*Captura de Pantalla 12*

*Lista de causas registradas y definición de causas estándar por Esperas*

Esperas					
#	Causas Registradas	#	Causa Estandar	Tipo	Código
1	Capacitacion RP	1	Capacitacion	Ineficiencia	→ ESP-CPA
2	Espera de material	2	Eespera de Material de IPAC	Ineficiencia	→ ESP-EIP
3	espera de material de IPAC	3	Falta de Montacargas	Ineficiencia	→ ESP-FMC
4	Espera de material de IPAC	4	Falta de cestas	Ineficiencia	→ ESP-FCS
5	Espera de montacargas cesta de retazo	5	Reunion mensaje de Gerencia	Ineficiencia	→ ESP-RMG
6	Espera reserva de material				
7	Falta de cestas				
8	Falta de montacargas para cambio de pallet				
9	Falta de montacargas se termina el gas				
10	Material ipac				
11	Reserva Material IPAC				
12	Reunion (mensaje de la gerencia)				

*NOTA. LISTA DE CAUSAS REGISTRADAS Y DEFINICIÓN DE CUSAS ESTÁNDAR POR ESPERAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS.*









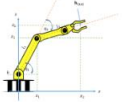






En conclusión, la identificación precisa de las causas subyacentes de las ineficiencias constituye un pilar fundamental para la mejora continua en nuestra operación. La meticulosa selección de las 86 causas definidas, tras analizar y relacionar más de 200 posibles factores, no solo garantiza una interpretación informada y respaldada por datos sólidos, sino que también allana el camino para una estrategia de mitigación y mejora eficaz. Es crucial reconocer que cada proceso dentro de nuestra operación posee sus propias particularidades en términos de fabricación y funcionamiento. Por ello, el análisis detallado de la información recopilada, seguido de una estandarización precisa de las ineficiencias, asegura un enfoque adecuado y personalizado para abordar cada situación única. Esta metodología nos empodera para optimizar nuestros procesos y recursos de manera estratégica, contribuyendo así a un aumento significativo en la eficiencia operativa y, en última instancia, en la calidad de nuestros resultados.





### Interpretación de Causas Estándar

A continuación, ofrecemos un análisis detallado de las causas subyacentes de las ineficiencias previamente mencionadas. El propósito es proporcionar una comprensión clara y precisa de la información plasmada en los formatos, con el enfoque en su

asignación adecuada. Es relevante destacar que este proceso involucró la identificación y evaluación de más de 200 causas potenciales. A través de un minucioso análisis y la interrelación exhaustiva de estas causas, se logró un consenso que permitió definir con precisión 86 causas fundamentales. Este enfoque garantiza una interpretación informada y respaldada por datos concretos, allanando el camino para una estrategia efectiva de mitigación y mejora de las operaciones.

*Captura de Pantalla 13*  
*Conceptos generales de las ineficiencias levantadas en el proceso con*

#	Causa Estándar	Responsable	Definición	Imagen de referencia	Tipo	#	Causa Estándar	Responsable	Definición	Imagen de referencia	Tipo
1	Capacitación inusual	Área Solicitante	Capacitación realizada sin una planificación solicitada por la necesidad de las áreas de apoyo de la empresa.		No Programado	9	Fallo de perímetro de Seguridad	Mantenimiento	Fallo en los seguros de seguridad que se encuentran colocados en las puertas de acceso a los componentes mecánicos		No Programado
2	Reunión inusual	Área Solicitante	Realizada sin una planificación solicitada por la necesidad de las áreas de apoyo de la empresa.		No Programado	10	Falla en barreras de seguridad	Mantenimiento	Falla en los dispositivos que crean una cortina de seguridad para evitar accesos accidentales al área de prensado o de riesgo del proceso.		No Programado
3	Corte de energía eléctrica	Externo (Empresa eléctrica)	Refiere a la suspensión inesperada de energía eléctrica ocasionada desde el proveedor del servicio		No Programado	11	Falla en mando bimanual	Mantenimiento	Refiere a una avería en el mando bimanual que se utiliza para la activación del ciclo de la prensa cuando se la opera manualmente.		No Programado
4	Fallo de ventosas	Mantenimiento	Daño en el sistema de sujeción neumática de las piezas en proceso		No Programado	12	Máquina no enciende	Mantenimiento	Avería que impide el encendido de la maquinaria		No Programado
5	Falla en Eje	Mantenimiento	Falla en el sistema de recorrido de los alimentadores		No Programado	13	Fuga de Aceite	Mantenimiento	Avería evidenciada por el derrame de aceite desde los depósitos o vasos comunicantes del sistema hidráulico		No Programado
6	Falla en Freno	Mantenimiento	Falla en el freno de la prensa		No Programado	14	Falla en Gripper	Mantenimiento	Falla en estructura que soporta las ventosas		No Programado
7	Falla de Parámetros	Mantenimiento	Falla en parámetros de control del sistema CNC (Control Numérico por Computadora)		No Programado	15	Falla de Matriz	Matrickería	Falla en la herramienta de fabricación en serie para la cual se requiere al personal técnico de matrickería para solventar el problema.		No Programado
8	Rotura de Canaleta	Mantenimiento	Daño en canaletas que protegen el cableado eléctrico y mangueras del sistema neumático		No Programado	16	Punzones en mal estado	Matrickería	Punzones de la matrickería se encuentran en mal estado y al realizar los cortes o troqueles dejan deformaciones o rebabas		No Programado

#	Causa Estándar	Responsable	Definición	Imagen de referencia	Tipo	#	Causa Estándar	Responsable	Definición	Imagen de referencia	Tipo
17	Abastecimiento de Cestas Vacías	Producción	Refiere al transporte de medios vacíos para el uso en la producción realizados para almacenar el producto obtenido del proceso		No Programado	32	SET-UP NO Programado	Producción	Es la actividad de montaje adicional y no programado que se realiza ya sea por alguna avería en el proceso actual o una mala estrategia en la producción de los lotes de fabricación.		Programado
18	Reproceso	Producción	Acción de recuperación de productos o semielaborados que presentan un defecto de calidad el cual puede ser solventado con actividades de lateo y pulido.		No Programado	33	Falta de montacargas	Producción	Es la falta de servicio del Montacarguista el cual genera un retraso por no brindar en un tiempo adecuado.		No Programado
19	Sacar Cestas Llenas	Producción	Transporte de medios de almacenamiento llenos con productos hacia el área de ingreso a bodega.		No Programado	34	Mantenimiento Preventivo	Programación de la Producción	Es la liberación de tiempo programado para realizar un mantenimiento preventivo ya sea en la maquinaria o en la matricería.		No Programado
20	Abrir pallet de material	Producción	Es la acción de liberar la materia prima de los componentes protectores y amarras que el proveedor colocó para su transporte adecuado.		No Programado	35	SET-UP Programado	Programación de la Producción	Tiempo determinado según programación para realizar cambios de modelo establecidos		Programado
21	Cambio de cestas de retazos llena por vacía	Producción	Es la actividad de cambiar los medios de almacenamiento lleno de retazos por un medio de almacenamiento vacío		No Programado	36	Validación de Matriz Programado	Programación de la Producción	Tiempo que se programa para prueba de arreglo de una matriz antes de su producción.		Programado
22	Limpeza de retazos	Producción	Es la actividad que realiza el operador al detener el proceso de fabricación para retirar los residuos o scrap que genera el proceso y evitar problemas de tratamientos		No Programado	37	Falta de medios o cestas	Programación de la Producción	Tiempo que se para por falta de medios para almacenar las piezas que salen del proceso		Programado
23	Cambio de base y trasvase de material	Producción	Esta actividad es realizada por el operador para retirar el pallet vacío y colocar uno con material que se trasvase desde el medio del proveedor externo		No Programado	38	Esperas de Material de IPAC	Proveedor IPAC	Falta de abastecimiento del material para realizar el proceso generando paras		No Programado
24	Limpeza de matriz	Producción	Es la acción del operador al limpiar con cierta frecuencia los herramientas para garantizar que no se generen defectos de calidad en los productos		No Programado	39	Material no cumple calidad	Proveedor IPAC	Material con defectos que provocan incumplimiento a la calidad de la pieza		No Programado
25	Check List	Producción	Es la actividad programada que se realiza al inicio de cada turno donde los operadores realizan una revisión en base una lista de revisión para garantizar que la		No Programado	40	Almuerzo/Merienda	Producción	Tiempo programado para que el personal salga a comer		No Programado
26	Diálogos	Producción	Dianamente se realiza una reunión con todo el equipo previo al inicio de la jornada donde se tratan temas de seguridad, calidad y productividad con el fin de garantizar el		Programado	41	BAÑO	Producción	Tiempo determinando dentro del cálculo de los suplementos		Programado
27	5S's	Producción	Es el tiempo definido para realizar la limpieza del puesto de trabajo y dejarlo en orden para el turno entrante.		Programado	42	Barrera de Seguridad se activa por Operador	Producción	Cuando el operador hace un movimiento no adecuado al momento del proceso, la barrera detecta y se bloquea en ciclo		No Programado
28	Lectura de tableros	Producción	Reunión diaria que se realiza por grupos pequeños de operadores que se da a media jornada donde se socializa y revisa puntos importantes del equipo de trabajo.		Programado	43	Refrigerio	Producción	Tiempo determinado para receso		No Programado
29	Pausa Activa	Producción	Es la actividad física realizada por todo el equipo de trabajo recomendada por el departamento médico de la empresa con el fin de romper la rutina dentro de la jornada y		Programado	44	Transporte de Carton	Producción	Abastecimiento de cartón que sirve como separador entre niveles de apilamiento de las piezas		Programado
30	Botar retazo	Producción	Es la acción de transportar los residuos o scrap del proceso hacia el área de la chatarra dentro de la empresa.		Programado	45	Falla alimentador 1	Automatización	Se genera por el incumplimiento de recorrido entre los puntos determinados del manipulador de material		No Programado
31	SET-UP Programado	Producción	Es la actividad de montaje y ajuste técnico que se realiza al realizar un cambio de herramienta el cual está definido por el área de programación de producción.		No Programado	46	Falla alimentador 2	Automatización	Se genera por el incumplimiento de recorrido entre los puntos determinados del manipulador de material		No Programado

#	Causa Estándar	Responsable	Definición	Imagen de referencia	Tipo	#	Causa Estándar	Responsable	Definición	Imagen de referencia	Tipo
47	Falla alimentador 3	Automatización	Se genera por el incumplimiento de recorrido entre los puntos determinados del manipulador de material		No Programado	62	Prensa con temperatura elevada PASO1	Mantenimiento	Se genera por fallo en el sistema de enfriamiento		No Programado
48	Falla alimentador 4	Automatización	Se genera por el incumplimiento de recorrido entre los puntos determinados del manipulador de material		No Programado	63	Prensa paso 1 se apaga	Mantenimiento	Fallo en el funcionamiento de la máquina provocando que se apague		No Programado
49	Falla alimentador 5	Automatización	Se genera por el incumplimiento de recorrido entre los puntos determinados del manipulador de material		No Programado	64	Prensa paso 2 se apaga	Mantenimiento	Fallo en el funcionamiento de la máquina provocando que se apague		No Programado
50	Falla alimentador 6	Automatización	Se genera por el incumplimiento de recorrido entre los puntos determinados del manipulador de material		No Programado	65	Prensa paso 3 se apaga	Mantenimiento	Fallo en el funcionamiento de la máquina provocando que se apague		No Programado
51	Daño en ventosas	Automatización	Se genera por rotura o falta de vacío		No Programado	66	Prensa paso 4 se apaga	Mantenimiento	Fallo en el funcionamiento de la máquina provocando que se apague		No Programado
52	Bloqueo de alimentador	Automatización	Se genera por una falta de comunicación entre los puntos que deben recorrer provocando para total		No Programado	67	Fallo de Matriz 1	Matriceria	Defecto de calidad presente en el producto		No Programado
53	No levanta la pieza	Automatización	Daño en recorrido del pistón para levantar las planchas metálicas		No Programado	68	Fallo de Matriz 2	Matriceria	Defecto de calidad presente en el producto		No Programado
54	Bloqueo por Botón Pausa NO Funciona	Automatización	Daño en paro de emergencia queda activado		No Programado	69	Fallo de Matriz 3	Matriceria	problemas en la operación de troquelado de la matriz.		No Programado
55	Falla en despaletizador	Automatización	Falla en el sistema del despaletizador al inicio del proceso		No Programado	70	Fallo de Matriz 4	Matriceria	Defecto de calidad presente en el producto		No Programado
56	Bloqueo constante	Automatización	Problemas con parametros de sensores o posiciones del ciclo de operación		No Programado	71	Matriz paso 1 marca material	Matriceria	Defecto de calidad presente en el producto causado por la matriz		No Programado
57	Encerado de Ventosas	Automatización	Se genera cuando la ventosa no llega al punto de origen dando problemas de coordenadas		No Programado	72	Matriz paso 2 marca material	Matriceria	Defecto de calidad presente en el producto causado por la matriz		No Programado
58	Barrera de seguridad se activa PASO1	Mantenimiento	Cuando se realiza un movimiento no adecuado al momento del proceso, la barrera detecta y se bloquea en ciclo		No Programado	73	Matriz paso 3 marca material	Matriceria	Defecto de calidad presente en el producto causado por la matriz		No Programado
59	Barrera de seguridad se activa PASO2	Mantenimiento	Cuando se realiza un movimiento no adecuado al momento del proceso, la barrera detecta y se bloquea en ciclo		No Programado	74	Matriz paso 4 marca material	Matriceria	Defecto de calidad presente en el producto causado por la matriz		No Programado
60	Barrera de seguridad se activa PASO3	Mantenimiento	Cuando se realiza un movimiento no adecuado al momento del proceso, la barrera detecta y se bloquea en ciclo		No Programado	75	Pulido de Matriz	Matriceria	Arreglo de una deformación apreciable en las piezas provocada por la matriz		No Programado
61	Barrera de seguridad se activa PASO4	Mantenimiento	Cuando se realiza un movimiento no adecuado al momento del proceso, la barrera detecta y se bloquea en ciclo		No Programado	76	Espera de aprobación de Calidad	Calidad	Se realiza inspección de piezas con defecto para una aprobación por departamento de calidad		No Programado

#	Causa Estándar	Responsable	Definición	Imagen de referencia	Tipo	#	Causa Estándar	Responsable	Definición	Imagen de referencia	Tipo
77	Falta de material de Corte	Proveedor Interno	No cumple la entrega de material según órdenes de producción en tiempos establecidos		No Programado	82	Exceso de aceite en Material	Proveedor	Provoca dificultad en agarre al momento de procesar entre las ventosas y el material		No Programado
78	Falta de material de IPAC	Proveedor Externo	Demoras en el proceso de abastecimiento del material para realizar el proceso		No Programado	83	Plástico se desprende	Proveedor	No cumple con adherencia según especificaciones técnicas del material		No Programado
79	Bloqueo por plástico activa sensor de seguridad	Proveedor	Plástico se desprende activando sensor y deteniendo el ciclo del proceso		No Programado	84	Plástico causa fallo en vacío de ventosas	Proveedor	Falla de hermeticidad entre ventosa y la pieza genera error al transportar el material		No Programado
80	Limpieza de matriz plástico marca material	Proveedor	Se realiza limpieza de residuos de plástico que quedan por el proceso en la matriz para evitar deformaciones		No Programado	85	Problemas material Corto	Proveedor	Material no cumple medidas según planos no se puede procesar		No Programado
81	No cumple dimensiones	Proveedor	Material no cumple especificaciones para el proceso		No Programado	86	Material Sucio	Proveedor	Material contaminado con polvo, aceites, desmoldantes		No Programado

*Nota. Conceptos generales de las ineficiencias levantadas en el proceso con imágenes de referencia para una mejor correlación con la causa de ineficiencia. Fuente: Elaboración Propia de Bolívar F. Condo Aguirre/Luis E. Zambrano Heras.*

## Procedimiento General para Generar la Automatización del Cálculo

Tabla 7

Procedimiento general para Automatizar el cálculo del OEE

#	Actividad general	Tarea	Tiempo de Ejecución (Horas)
		Crear Formato para cargas de UPH o Rutas de fabricación	4
1	Crear Formulario o App	Crear el formato para el registro de las causas de ineficiencias codificadas previo al ingreso en el formato.	5
		Crear el esquema de reporte en un formato que va a ser registrado por los operadores	8
		Crear formulario o App	15
2	Programar el Cálculo y generar la base de datos estructurada y enlazada con las hojas previamente creadas	Programar, formular y enlazar las hojas de cálculo creadas previamente las cuales direccionaron su información para el cálculo del OEE en la base generar de reporte	40

#	Actividad general	Tarea	Tiempo de Ejecución (Horas)
		Enlazar la base contenedora de toda la información para el cálculo del OEE con “Looker Studio” de Google Workspace.	40
3	Crear el Dashboard	Crear las diferentes hojas de visualización para las partes interesadas donde se deben separar distinta información para obtener respuestas integrales al visualizar el Dashboard.	40

*NOTA. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA AUTOMATIZAR EL CÁLCULO DEL OEE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*

### *Transición de formatos hasta llegar al cálculo automático*

Para llegar al cálculo automático se debe iniciar desde la recolección más básica como lo es el realizar apuntes en una hoja en blanco.

Considerando lo antes descrito se define la siguiente transición de formas de recolección hasta definir los formatos finales:

#### **1. Recolección de Información Manual sin Formatos (Esfero y Hoja en Blanco).**

En este enfoque, los datos se recopilan de manera manual utilizando un esfero y hojas en blanco. Los trabajadores anotan los tiempos de producción, tiempos de paro y unidades producidas en hojas de papel. Sin embargo, este método es propenso a errores humanos y puede resultar en dificultades para realizar análisis precisos.

#### **2. Recolección de Información Manual con Base en un Formato Impreso.**

En este caso, se proporciona un formato impreso predefinido para registrar los datos. Los trabajadores completan el formato con información como tiempos de producción y tiempos de paro. Aunque este método ofrece cierta estructura, la recopilación y transferencia de datos aún son manuales, lo que podría llevar a problemas de precisión y eficiencia.

#### **3. Recolección de Información del Formato Impreso con Implementación de Hojas de Cálculo.**

Aquí, se introduce el uso de hojas de cálculo electrónicas, como Excel. Los trabajadores completan el formato impreso y luego transfieren los datos a una hoja

de cálculo. Las fórmulas se pueden emplear para calcular el OEE a partir de los datos ingresados. Esto mejora la precisión, pero aún requiere cierta entrada manual.

#### **4. Recolección de Información del Formato Impreso con Hojas de Cálculo en la Nube.**

Este enfoque implica utilizar hojas de cálculo en la nube, como Google Sheets o Microsoft 365, para almacenar los datos. Los trabajadores ingresan la información en el formato impreso, que luego se transfiere a la hoja de cálculo en línea. Esto permite la colaboración y el acceso desde diferentes ubicaciones, lo que mejora la accesibilidad de los datos.

#### **5. Cambio de la Recolección de Información Manual a Formularios en Línea para Registrar en Hojas de Cálculo Directamente.**

En este punto, se implementan formularios en línea para la recopilación de datos. Los trabajadores completan formularios digitales en línea, que se conectan directamente a hojas de cálculo electrónicas. Esto reduce la entrada manual y los errores, ya que los datos se ingresan digitalmente desde el principio.

#### **6. Complementar el Registro de Formularios y Hojas de Cálculo en la Nube con la Generación de Tablas de Indicadores.**

Al combinar la recopilación en línea y el almacenamiento en la nube, los datos recopilados se utilizan para generar automáticamente tablas de indicadores. Estas tablas pueden mostrar el OEE y otros datos relevantes en tiempo real, lo que facilita el seguimiento del rendimiento y la toma de decisiones informadas.

### **Generar Formatos Electrónicos.**

En la búsqueda continua por mejorar la eficiencia y precisión en la recopilación y análisis de datos de producción, la implementación de formatos electrónicos ha emergido como una solución clave en entornos empresariales. A medida que las organizaciones buscan optimizar sus procesos y reducir la carga de la entrada manual de datos, la transición de formatos en papel a formatos electrónicos se ha convertido en una evolución tecnológica fundamental. Esta transformación permite una captura de información más rápida y precisa, al tiempo que facilita la generación de informes y la toma de decisiones basadas en datos con mayor agilidad. En este contexto, exploramos cómo la generación

y adopción de formatos electrónicos no solo agiliza la recopilación de información del OEE, sino que también sienta las bases para un análisis más profundo y una colaboración mejorada en toda la empresa.

#### *Propuesta de la Automatización del Cálculo del Indicador OEE*

Se ha propuesto una solución automatizada para calcular el Indicador OEE en el contexto de un proceso metal-mecánico. El proceso se ha optimizado mediante la generación de un formulario en Google Forms, diseñado específicamente para recopilar información relevante de los operadores. Este formulario simplifica la captura de datos necesarios para calcular el OEE, minimizando la carga de trabajo de los operadores. La información recopilada se transfiere automáticamente a una hoja de cálculo alojada en la nube. En esta hoja de cálculo, cada registro captura datos esenciales, y cualquier información faltante se complementa mediante fórmulas y enlaces internos. La hoja de cálculo también contiene datos sobre rutas de fabricación y causas de ineficiencias, lo que contribuye a construir una base sólida para el cálculo del OEE.

Utilizando fórmulas y vínculos internos, esta base de datos calcula los diversos componentes del OEE, aprovechando los datos recopilados y los detalles de las rutas de fabricación. Una vez que se establece esta base, se alimenta a Looker Studio, una herramienta de generación de informes y visualización de datos. Looker Studio crea paneles de control personalizados en múltiples hojas, adaptados a las necesidades de las diversas partes interesadas en el indicador. Estos paneles de control proporcionan una visión integral de los diferentes aspectos del OEE, permitiendo a las partes interesadas acceder a la información relevante de manera eficiente y en tiempo real. La propuesta de automatización no solo mejora la precisión y eficiencia en el cálculo del OEE, sino que también establece una plataforma para la colaboración y toma de decisiones basadas en datos en toda la organización.

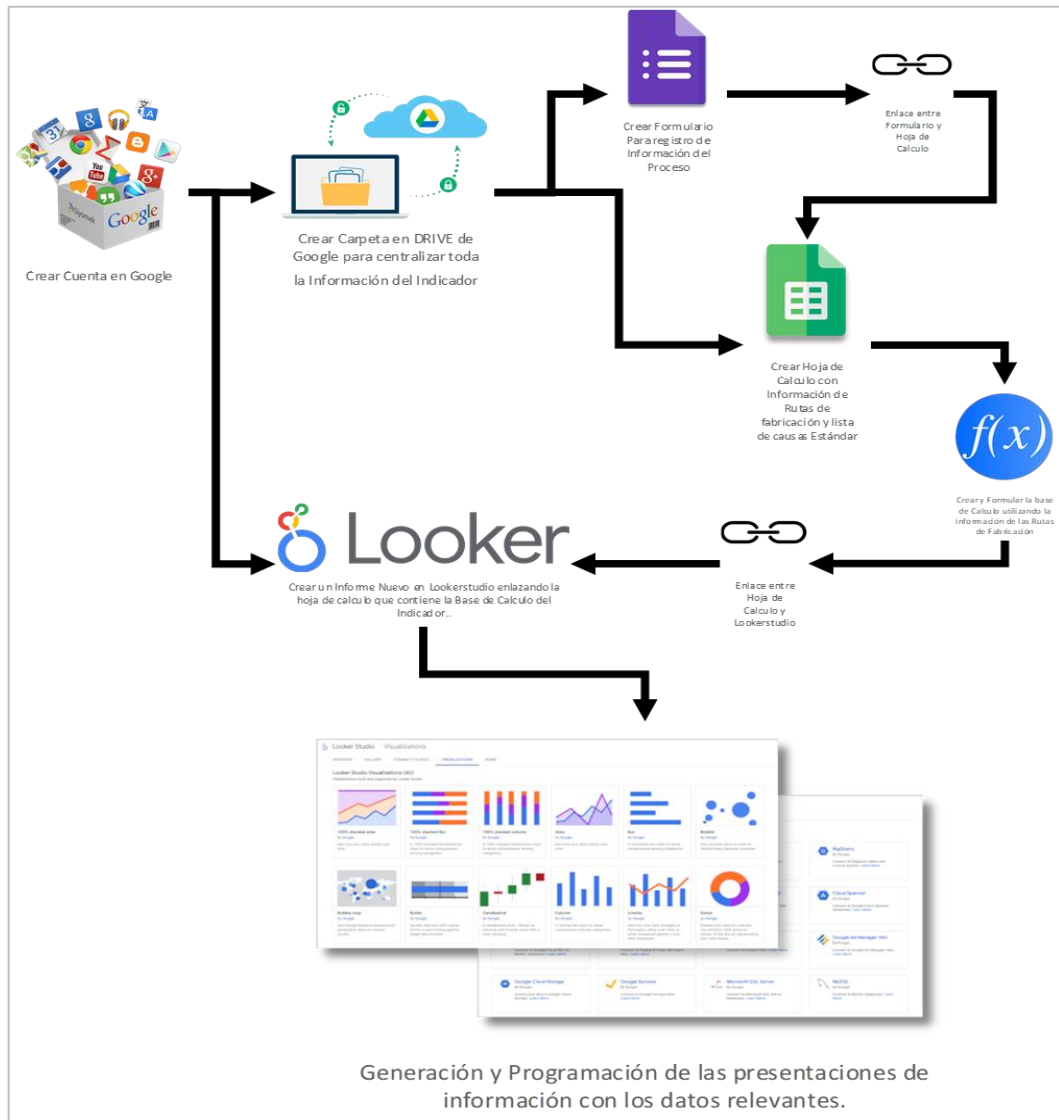
#### *Formatos en Workspace de Google.*

1. Como paso inicial, el administrador de toda la información debe crear una carpeta en la nube de Google Workspace en donde se almacenará y centralizará todo sobre el cálculo del OEE con el fin de tener la información ordenada y ubicada para compartir a los interesados además de realizar las modificaciones de manera rápida en los formatos.

2. El siguiente paso es la creación de la hoja de cálculo donde se inicia con la creación de los formatos de cálculo y registro de la información complementaria necesaria para el cálculo como lo es el listado de Causa Estándar definidas anteriormente sumado a esto la base de rutas de fabricación donde se registra información importante como la descripción de los productos y sus UPH.
3. Como siguiente actividad es crear en la carpeta del OEE un Formulario de Google, en este se colocaran las consultas de los diferentes datos necesarios para el cálculo que deben registrar los operadores como lo es la cantidad de producción real fabricada el código del producto a fabricar defectos, causas y otros datos necesarios para el cálculo. El formulario debe enlazarse con la hoja de cálculo previamente creada, para que cada registro realizado por los operadores genere la introducción de esa información en tiempo real en la hoja de cálculo.
4. Entrega y socialización del formato a los operadores responsables del registro en el formulario para que inicien con la generación de datos. Los cuales ayudarán a que los investigadores tengan la información para crear la “Base de Cálculo de OEE”.
5. La creación de la “base de Cálculo del OEE” no es más que la formulación del cálculo de los diferentes componentes del OEE (disponibilidad, calidad, rendimiento). Esta base genera todos los datos necesarios para generar gráficos y tablas en el entorno de LOOKER STUDIO. Esta hoja cuenta con la formulación estimada de más de treinta mil filas que ya se encuentran con la formulación definida para cuando se realice el registro por parte de la producción.
6. En Looker Studio se crea un Informe el cual se enlaza directamente con la hoja contenedora de la “Base de Cálculo del OEE” de donde se extrae y configura las tablas, gráficos y demás información necesaria para mostrar a los interesados los datos obtenidos día a día por la producción actualizados en tiempo real. En esta actividad se crean formatos condicionales, cálculos adicionales y enlaces con vínculos para acceder de forma rápida a la información.

Grafico 1

Flujo de Actividades Generales para Automatizar el Cálculo del OEE



*NOTA. FLUJO DE ACTIVIDADES A SEGUIR DE MANERA GENERAL PARA CREAR UN INFORME EN LOOKER STUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*

El paso final es compartir los vínculos con las partes interesadas del cálculo para socializar con los equipos multidisciplinarios correspondientes e iniciar con la identificación de las oportunidades de mejora.

### Formulario de Registro en Google Forms

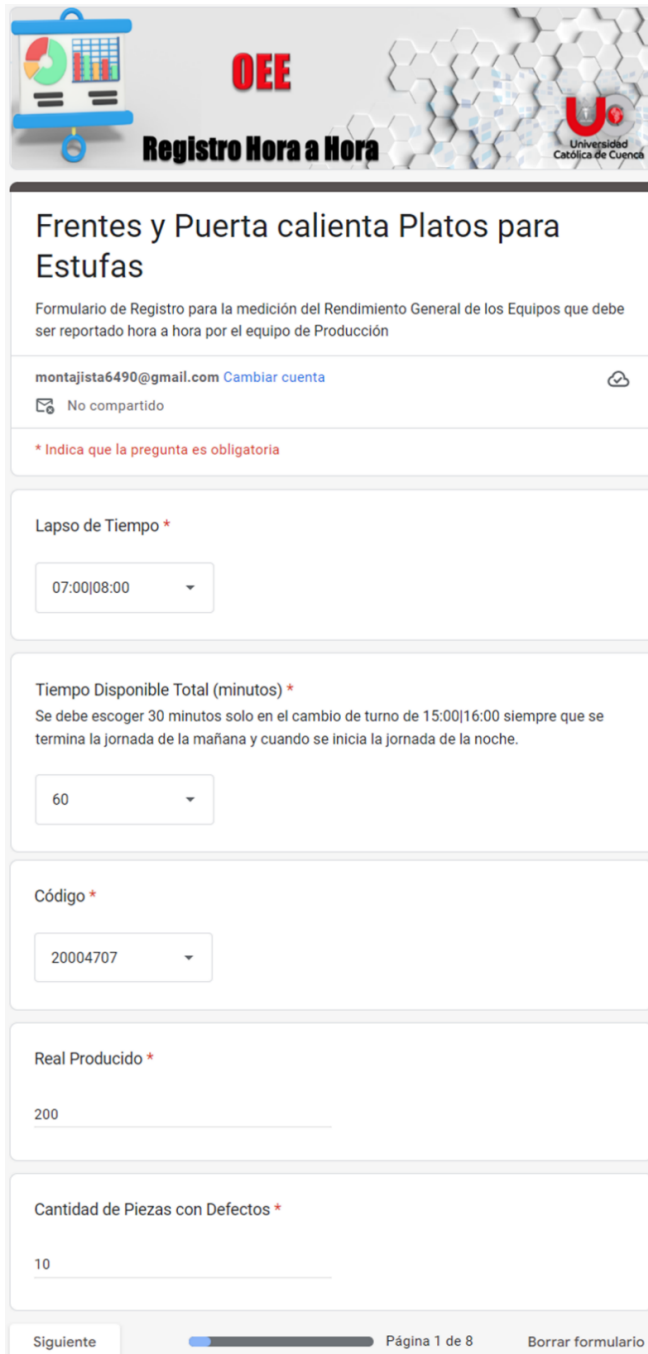
Un formulario de Google es una herramienta para crear encuestas y recopilar información de manera estructurada. En el contexto del registro de datos estadísticos como el OEE, estos formularios permiten recopilar datos sobre el rendimiento de equipos y maquinaria, como tiempos de producción, inactividad planificada y no planificada,

velocidad de producción y calidad de productos. Mediante cálculos automáticos y análisis, estos formularios ayudan a calcular y visualizar la eficiencia general de los equipos, identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas para optimizar la producción.

### Sección 1

Captura de Pantalla 14

Sección 1 del Formulario de registro Hora a Hora



**OEE**  
**Registro Hora a Hora**

Frentes y Puerta caliente Platos para Estufas

Formulario de Registro para la medición del Rendimiento General de los Equipos que debe ser reportado hora a hora por el equipo de Producción

montajista6490@gmail.com [Cambiar cuenta](#)

No compartido

\* Indica que la pregunta es obligatoria

Lapso de Tiempo \*

07:00|08:00

Tiempo Disponible Total (minutos) \*

Se debe escoger 30 minutos solo en el cambio de turno de 15:00|16:00 siempre que se termina la jornada de la mañana y cuando se inicia la jornada de la noche.

60

Código \*

20004707

Real Producido \*

200

Cantidad de Piezas con Defectos \*

10

Siguiente Página 1 de 8 [Borrar formulario](#)

Esta sección del Formulario se encuentra configurada con las consultas iniciales como lo son:

Lapso de Tiempo.

Lista de selección del espacio de tiempo que se desea reportar.

**Tiempo disponible Total (minutos).**

Lista de selección de 2 opciones, en esta se puede escoger entre 60 o 30 minutos, todo el tiempo se debe reportar 60 minutos y solo en los cambios de turno entre equipos de trabajo donde la jornada concluye o inicia con el tiempo disponible de 30 minutos de debe reportar esta cantidad de tiempo. En el caso de la empresa en estudio su jornada de la mañana concluye a las 15:30 y el turno de la noche inicia a las 15:30 por lo que en el reporte del lapso de tiempo de 15:00|16:00 se debe reportar 30 minutos.

Código.

Lista desplegable donde se

encuentran registrados solo los

NOTA. SECCIÓN 1 DEL FORMULARIO DE REGISTRO HORA A HORA.  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

códigos de semielaborados que pertenecen al proceso para ser seleccionados para el registro.

Real Producido:

No es más que la cantidad de producción real alcanzada en el lapso de tiempo disponible.

Cantidad de piezas con defectos.

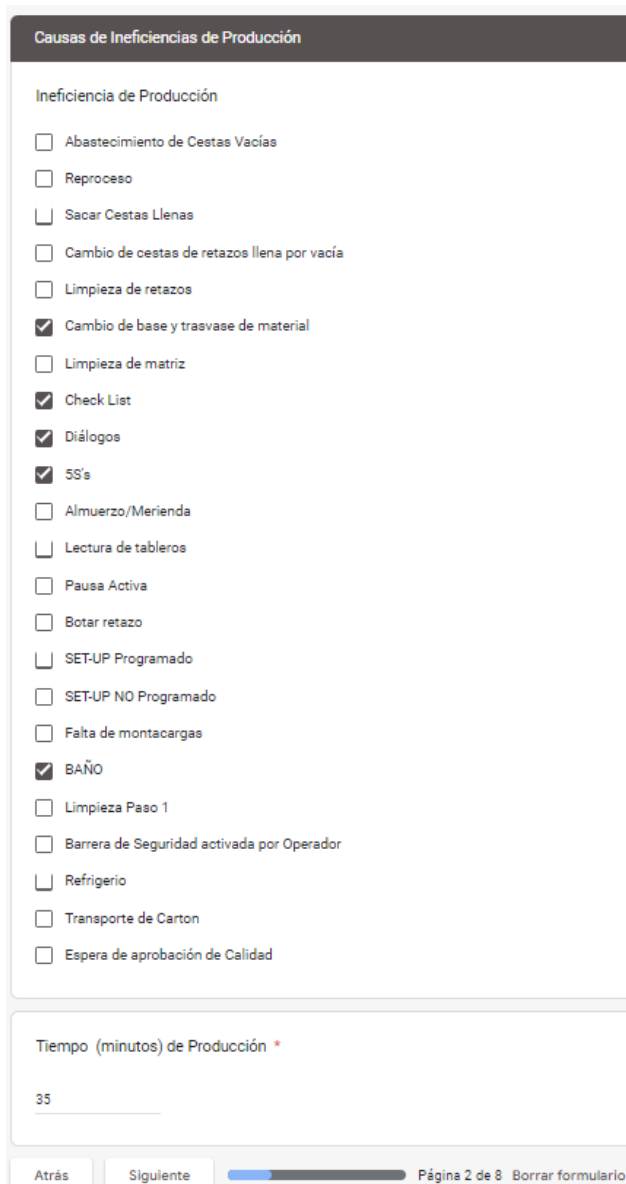
Es la cantidad total de piezas que presentaron defectos o incumplimientos de calidad.

*Sección 2/3/4/5/6/7/8*

La estructura de consulta del formulario desde la sección 2 hasta la 8 es igual. Estas secciones se encuentran estructuradas con:

*Captura de Pantalla 15*

*Sección 2*



**Causas de Ineficiencias de Producción**

Ineficiencia de Producción

- Abastecimiento de Cestas Vacías
- Reproceso
- Sacar Cestas Llenas
- Cambio de cestas de retazos llena por vacía
- Limpieza de retazos
- Cambio de base y trasvase de material
- Limpieza de matriz
- Check List
- Diálogos
- 5S's
- Almuerzo/Merienda
- Lectura de tableros
- Pausa Activa
- Botar retazo
- SET-UP Programado
- SET-UP NO Programado
- Falta de montacargas
- BAÑO
- Limpieza Paso 1
- Barrera de Seguridad activada por Operador
- Refrigerio
- Transporte de Carton
- Espera de aprobación de Calidad

Tiempo (minutos) de Producción \*

35

Atrás Siguiete  Página 2 de 8 Borrarr formulario

NOTA. SECCIÓN 2 DEL FORMULARIO DE REGISTRO HORA A HORA.  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS  
E. ZAMBRANO HERAS

Lista de Ineficiencias.

aquí se enlista las causas estándar ya definidas previamente. Por ende se encuentran enlistadas en un formato en el que quien reporta puede señalar más de una ineficiencia.

En cada sección se encuentra las causas características de cada área responsable.

**Tiempo (minutos).**

Aquí se debe reportar el tiempo en minutos de las causas señaladas en la lista de ineficiencias. Este espacio de llenado cuenta con restricciones en las que no permitirán que se reporte un tiempo mayor a 60 minutos en cada una de las secciones.

Las secciones se encuentran divididas de la siguiente manera:

2. Ineficiencias de Producción

3. Ineficiencias de Automatización
4. Ineficiencias de Mantenimiento
5. Ineficiencias de Matricería
6. Ineficiencias de Programación de la Producción
7. Ineficiencias de Proveedor Interno/Externo
8. Ineficiencias Inusuales.

### **Cálculo del Indicador OEE.**

En la hoja “Base de Cálculo del OEE” se generan fórmulas internas para calcular la disponibilidad, el rendimiento y la calidad para esto es necesario seguir e identificar la siguiente estructura.

Recopilar la siguiente información que debe ir organizada en el siguiente orden:

1. Fecha
2. Código de semielaborado
3. Descripción del semielaborado
4. Hora de reporte
5. Tiempo disponible en minutos
6. UPH
7. Producción Planificada
8. Producción Real
9. Cantidad de piezas defectuosas
10. Ineficiencias de cada responsable seguidos de su tiempo de ineficiencia en minutos. (en este punto se deben colocar todos los responsables y su tiempo en columnas consecutivas)

En las siguientes columnas se iniciara con los cálculos de:

11. Total de ineficiencias, siendo esto la suma de los tiempos en minutos de las ineficiencias registradas por los operadores.
12. Tiempo operativo disponible que no es más que la resta del “tiempo disponible en minutos” menos el “Total de Ineficiencias”.
13. Unidades Teóricas las cuales se calculan dividiendo los UPH para 60 minutos lo que dará como resultado las unidades por minuto y este resultado debe multiplicarse por el “Tiempo Operativo Disponible” lo que dará como resultado las unidades teóricas.

Luego de este punto se inicia con el cálculo de los componentes del OEE y su resultado:

14. Disponibilidad. calculada con la división del “Tiempo Operativo Disponible” para el “Tiempo disponible en Minutos”.
15. Rendimiento. se calcula mediante la división de la “Producción Real” para las “Unidades Teóricas”
16. Calidad. Se calcula con el resultado de la resta de “producción real” menos la cantidad de piezas defectuosas, este resultado será dividido para la “Producción Real”
17. OEE. este último cálculo no es más que la multiplicación entre los resultados de la Disponibilidad, Rendimiento y Calidad lo que dejará como resultado el porcentaje de cumplimiento del indicador.

#### *Estructura del Informe en Looker Studio*

Se utilizó Looker Studio como la herramienta principal para visualizar la información clave del indicador. Looker Studio proporciona una plataforma intuitiva que permite crear informes personalizados con facilidad, brindando conocimientos valiosos para la toma de decisiones informadas. En este contexto, se diseñó un informe que captura los componentes esenciales del OEE, Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. A través de una cuidadosa configuración en Looker Studio, se logró presentar de manera clara y concisa las métricas relevantes, lo que facilita la comprensión profunda de los aspectos críticos del rendimiento operativo. En este párrafo, se explorará la estructura y los elementos clave que conforman este informe, destacando cómo la combinación de la potencia de Looker Studio y los principios fundamentales del OEE resultaron en una herramienta analítica efectiva para impulsar mejoras sustanciales en la eficiencia y la productividad.

El informe del Indicador de OEE está estructurado con las siguientes páginas:

1. Página de Inicio
2. Informe
3. Tablero Hora a Hora del Proceso de “Frentes y Puerta Caliente Platos”
4. Tablero Hora a Hora del Proceso de “Frontales y Posteriores”
5. Histórico de cumplimiento del OEE en los dos Procesos.
6. Histórico de cumplimiento de componentes del OEE del proceso de “Frentes y Puerta Caliente Platos”

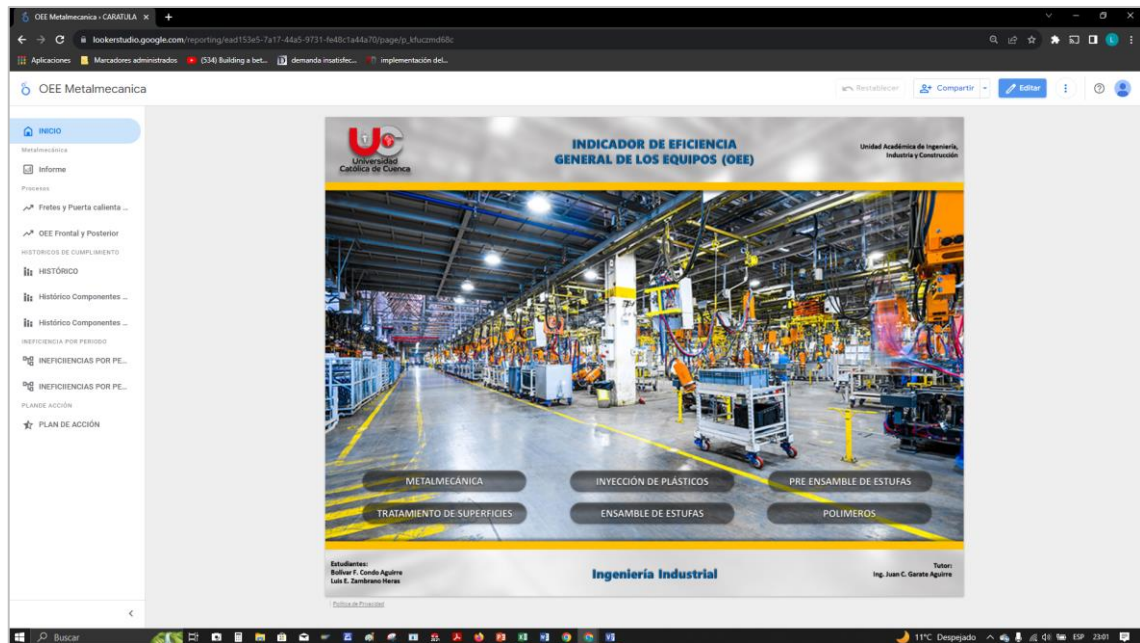
7. Histórico de cumplimiento de componentes del OEE del proceso de “Frontales y Posteriores”
8. Ineficiencias por Periodo de “Frentes y Puerta Caliente Platos”
9. Ineficiencias por Periodo de Frontales y Posteriores”
10. Informe de Plan de Trabajo

### **Página de Inicio**

Es la página inicial de presentación del Indicador de la Empresa, aquí se ubican los enlaces o también llamados hipervínculos hacia las hojas de indicadores de cada una de las áreas de manufactura.

*Captura de Pantalla 16*

*Página Inicial-Informe OEE Lookerstudio*



*NOTA. PÁGINA INICIAL-INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*

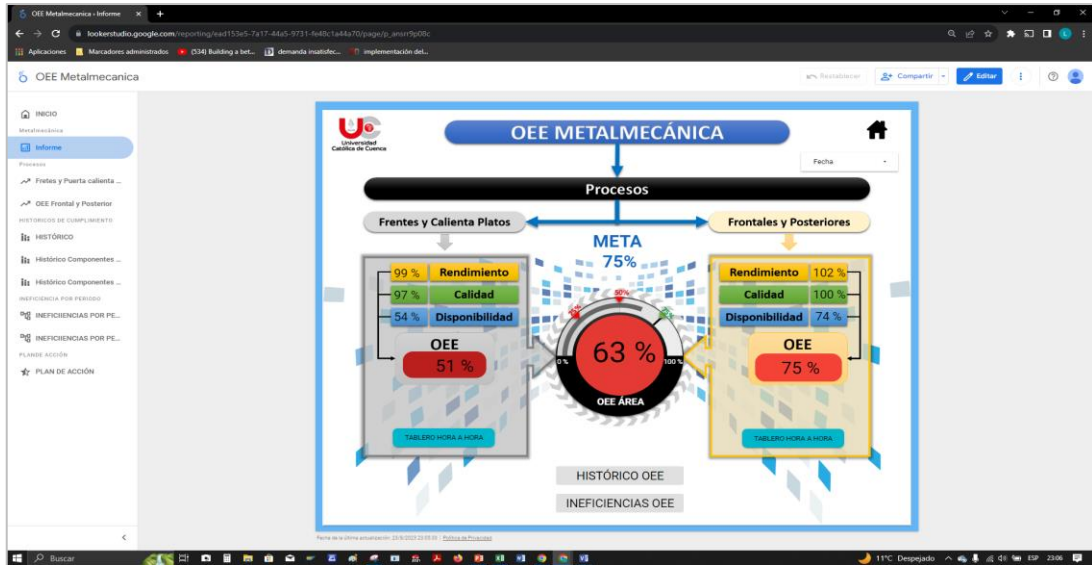
### **Informe**

En esta página se calculan automáticamente los cumplimientos de los procesos según la meta establecida por la empresa. Según se elija en el filtro “FECHA” el día o los días de interés cambiará automáticamente la información presentando en el centro el cumplimiento del área. El color de los resultados del OEE cambiarán según se cumpla o no con la meta, rojo para incumplimiento y verde para cumplimiento.

## No cumple con la meta (Rojo)

Captura de Pantalla 17

Página Informe-No cumple la meta- ROJO- Informe OEE Lookerstudio

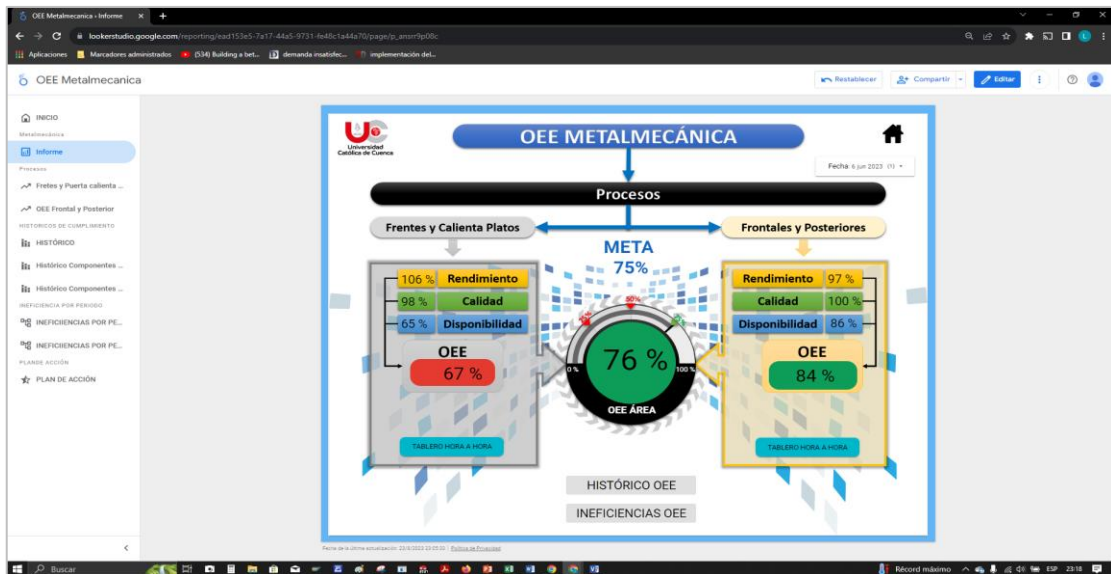


NOTA. PÁGINA INFORME-NO CUMPLE LA META- ROJO- INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Cumple con la meta (Verde)

Captura de Pantalla 18

Página Informe-Cumple la Meta- VERDE- Informe OEE Lookerstudio.



NOTA. PÁGINA INFORME-CUMPLE LA META- VERDE- INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Tablero Hora a Hora

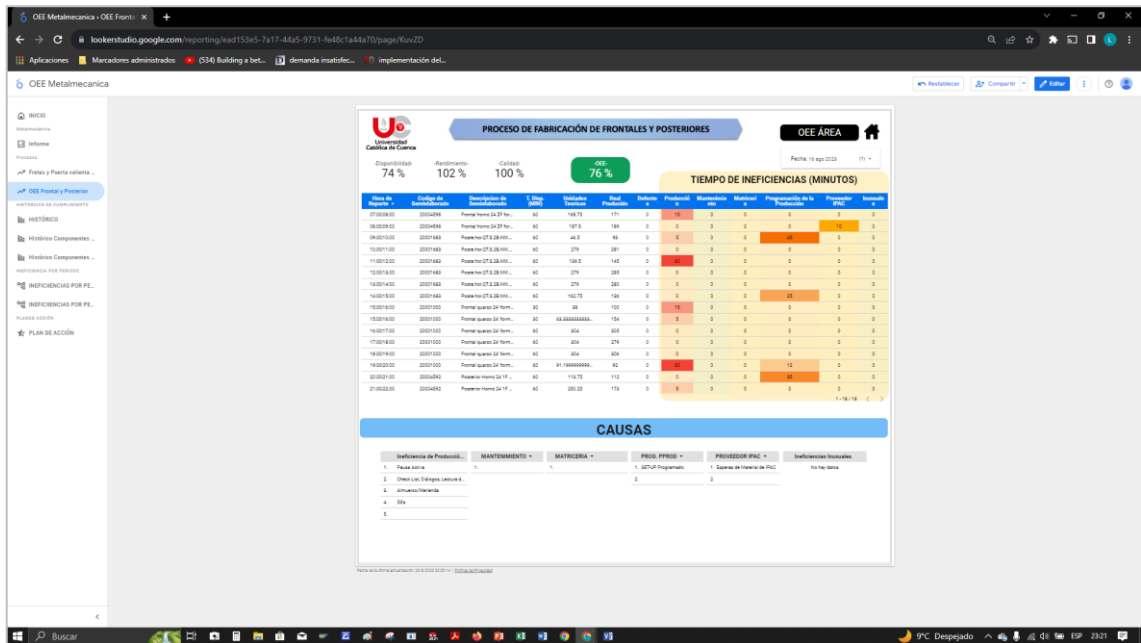
En el caso de estudio se cuenta con dos hojas de este tipo, pero pudieran variar según la cantidad de procesos que se pretenden medir. Aquí se puede evidenciar como avanzó la producción hora a hora, donde se desglosa a detalle qué producto se fabricó y a qué hora fue fabricado, además, identifica en la misma tabla el tiempo de ineficiencia

por hora y los responsables de causarlas. Este formato cuenta con la coloración denominada “Mapa de Calor” en la cual genera una variación de color dependiendo del tiempo de ineficiencia, mientras es más alto el tiempo mayor será el tono del color.

En la parte inferior de la tabla se enlistan según responsable, las causas estándar de ineficiencia reportadas. En la parte superior izquierda por sobre la tabla se encuentran los componentes de OEE y su resultado cambiando su color de rojo a verde dependiendo del cumplimiento según la meta establecida.

*Captura de Pantalla 19*

*Página Tablero Hora a Hora- Informe OEE Lookerstudio.*



*NOTA. PÁGINA TABLERO HORA A HORA- INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*

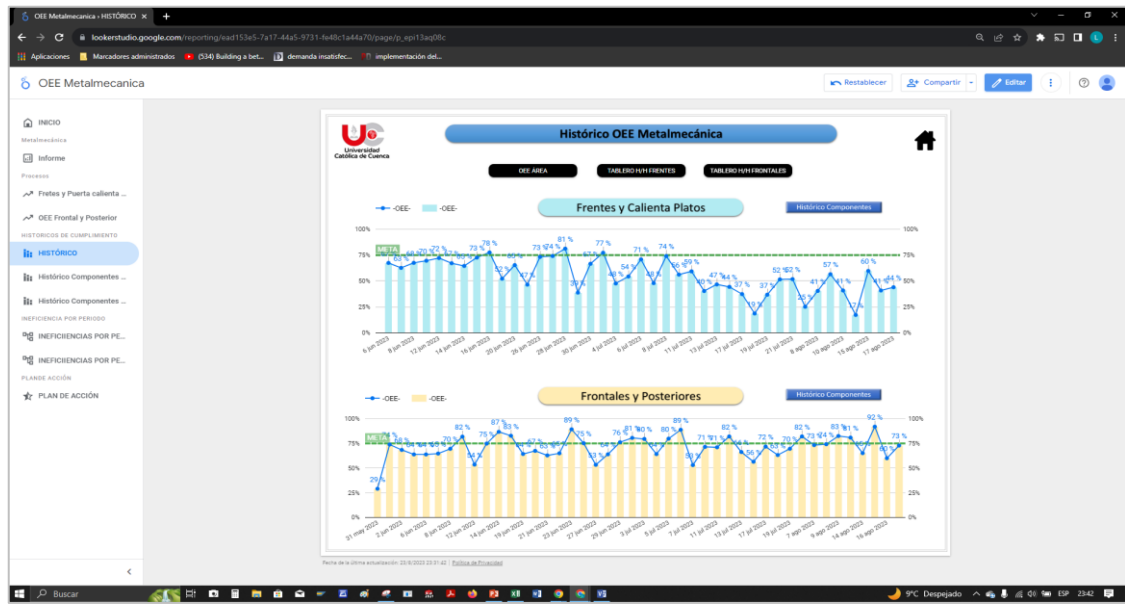
## Históricos de Cumplimiento

En esta familia de hojas se encuentran los históricos de cumplimiento de Rendimiento, Calidad, Disponibilidad y OEE que se han dado en la base de registro.

En la hoja de “Histórico OEE Metalmecánica” se encuentran los gráficos de cumplimiento del OEE en el tiempo por proceso. Esta información es clave para conocer el comportamiento e identificar si se cuenta con procesos estables que se mantengan, que puedan mostrar tendencias de incremento o lo contrario como afecciones que estén llevando a peor al proceso.

Captura de Pantalla 20

Histórico de Cumplimiento - Informe OEE Lookerstudio

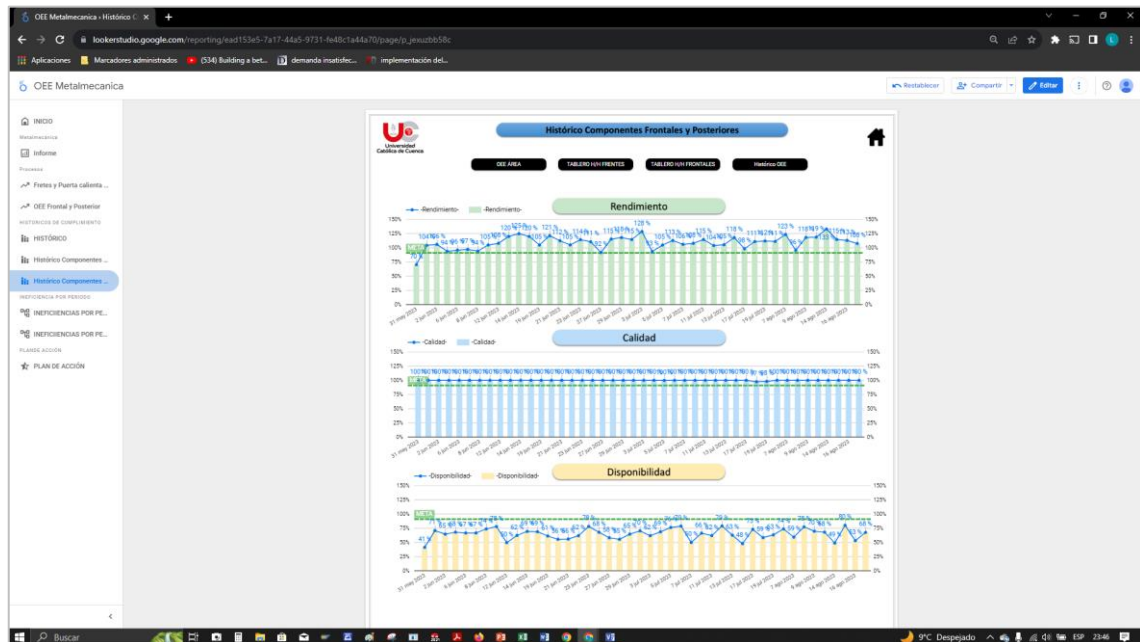


NOTA. HISTÓRICO DE CUMPLIMIENTO - INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

En esta misma página se encuentran enlaces hacia los históricos de los componentes del OEE, siendo similares a la página anterior ya que se grafican como se han comportado los cumplimientos de Rendimiento, Calidad y Disponibilidad.

Captura de Pantalla 21

Histórico de Cumplimiento - Informe OEE Lookerstudio



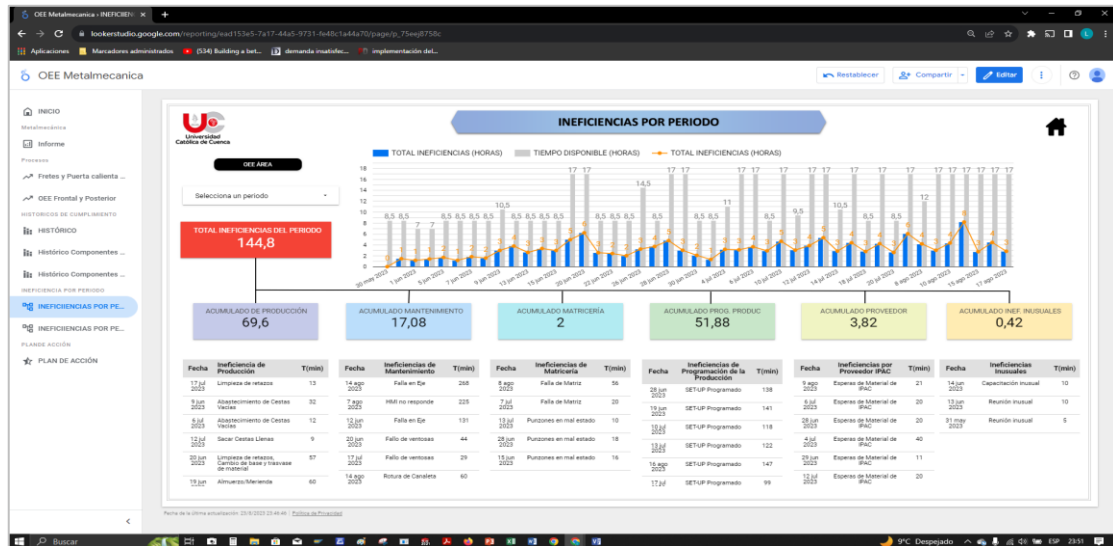
NOTA. HISTÓRICO DE CUMPLIMIENTO - INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Ineficiencias por Periodo

Aquí encontramos con más detalle los tiempos totales de ineficiencia, su desglose por responsables y sus acumulados individuales. Sumado a lo anterior, se cuenta con un gráfico comparativo del tiempo disponible contra las ineficiencias.

Captura de Pantalla 22

Ineficiencias por Periodo- Informe OEE Lookerstudio

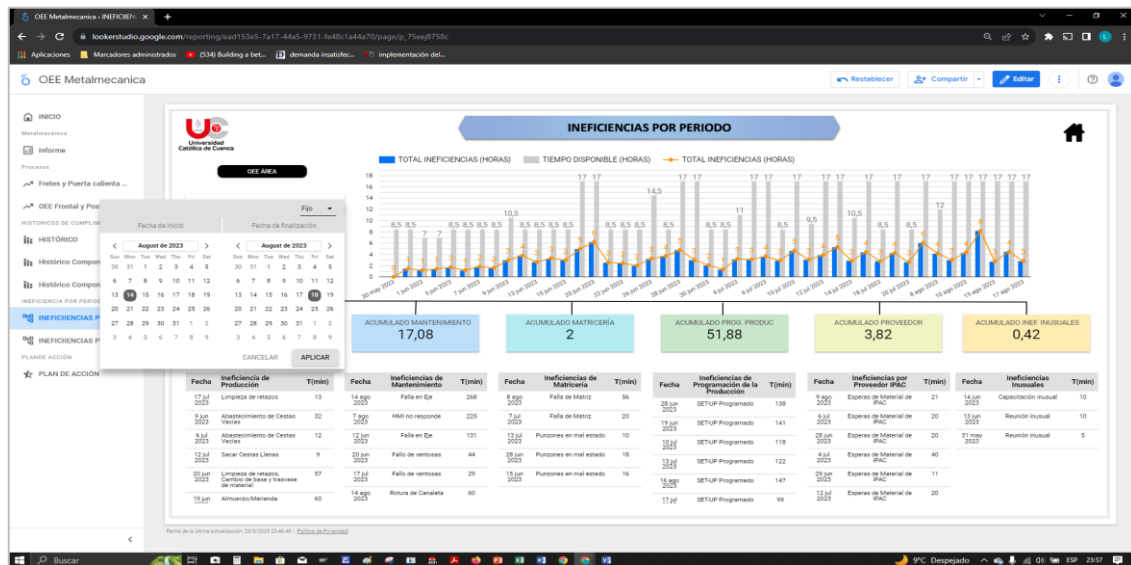


NOTA. INEFICIENCIAS POR PERIODO- INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

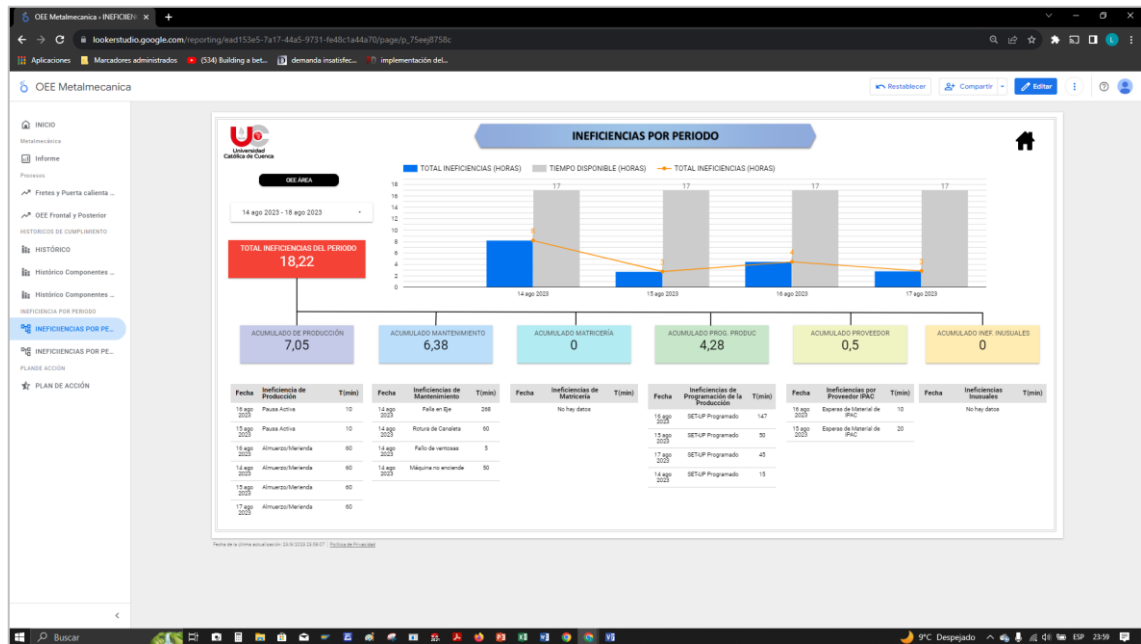
El valor agregado de esta página es que nos permite filtrar por periodos y conocer en el rango de tiempo de interés el total de ineficiencias generadas con los responsables de cada área y su acumulado de tiempo individual, a la vez se grafica las comparaciones.

Captura de Pantalla 23

Visualización del Filtro de Periodo - Informe OEE Lookerstudio.



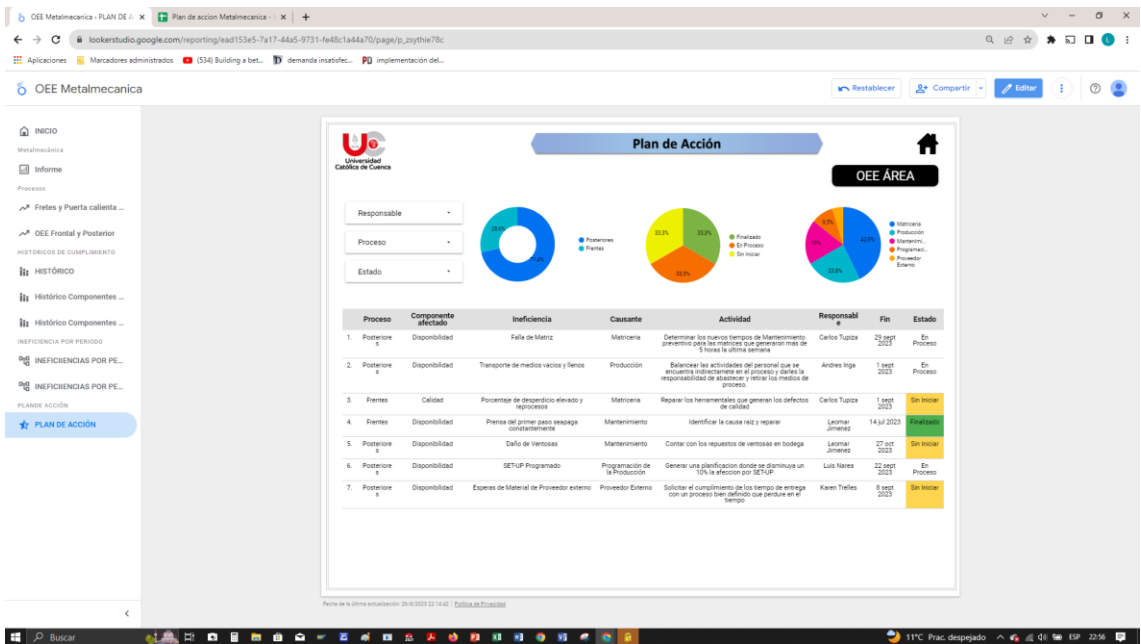
NOTA. VISUALIZACIÓN DEL FILTRO DE PERIODO - INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS



NOTA. EJEMPLO-PERIODO FILTRADO-SEMANAL- INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Informe de Plan de Trabajo

Página en la que se evidencian las actividades para mejorar el proceso que se han determinado realizar conforme acuerdos en reuniones con los involucrados en el proceso, con su respectivo responsable, Fecha de cumplimiento de la mejora y estado de la actividad.



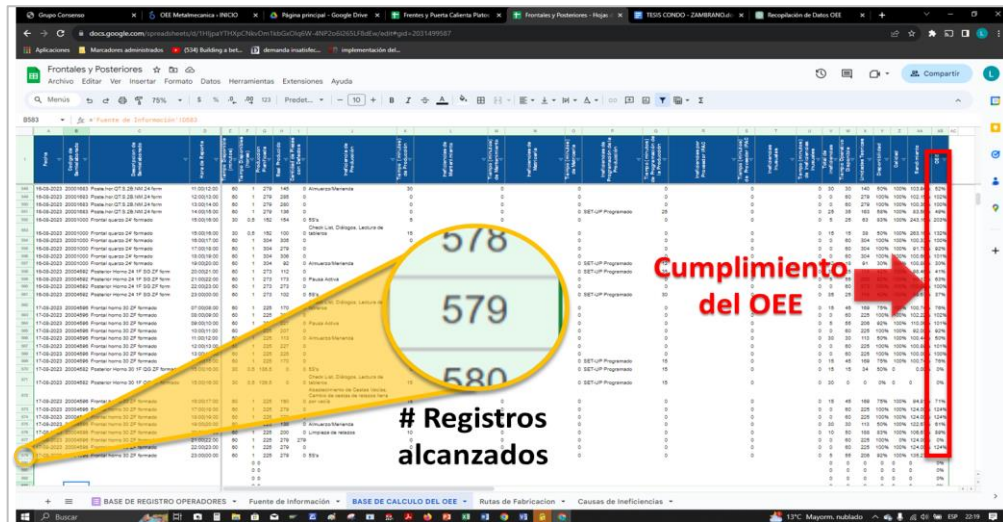
NOTA. PLAN DE ACCIÓN PARA LAS CAUSAS DE INEFICIENCIAS DE LOS PROCESOS. - INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Generar base de cálculo automático de indicadores.

Para generar la base se alcanzaron 1019 registros diarios, los cuales se unificaron en la hoja llamada “Base de Cálculo OEE” en cada uno de los archivos de los procesos en análisis. En esta hoja de cálculo se genera el enlace entre formulación y datos registrados para crear en la información de Rendimiento, Calidad y Disponibilidad componentes que en la secuencia de datos interna de la hoja al final dan como resultado el dato calculado del cumplimiento del OEE de cada proceso.

*Captura de Pantalla 26*

*Base de Cálculo OEE-579 Registros-Frontales y Posteriores- Informe OEE Lookerstudio*

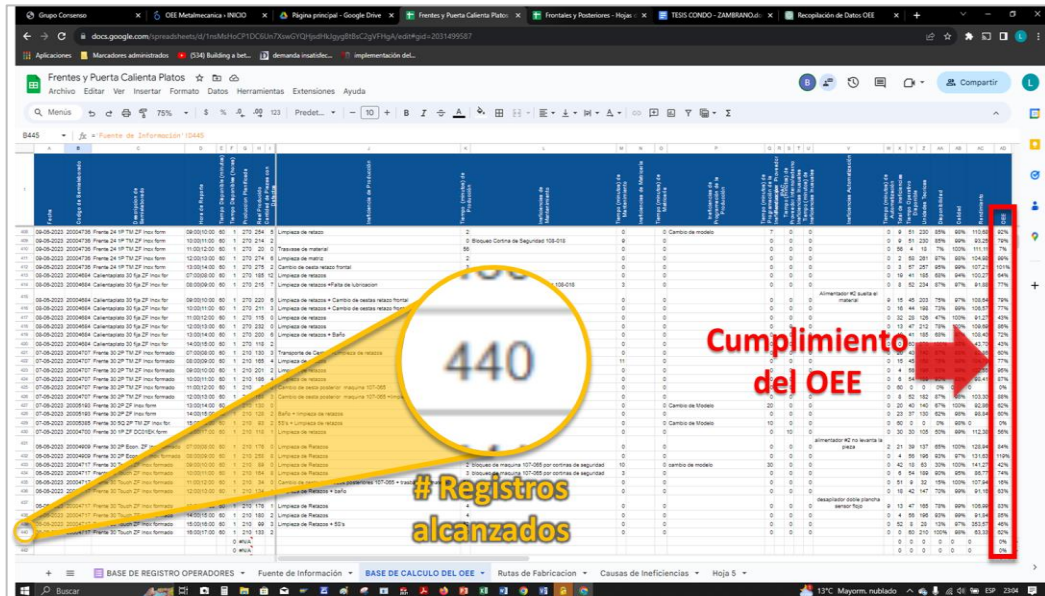


The screenshot shows a Google Sheets spreadsheet with a table of OEE data. A yellow circle highlights the number 579, which is labeled as "# Registros alcanzados". A red arrow points to the "Cumplimiento del OEE" column, which shows a value of 81%.

**NOTA. BASE DE CÁLCULO OEE-579 REGISTROS-FRONTALES Y POSTERIORES- INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS**

*Captura de Pantalla 27*

*Base de Cálculo OEE-440 Registros-Frentes y Puerta Caliente Platos- Informe OEE Lookerstudio.*



The screenshot shows a Google Sheets spreadsheet with a table of OEE data. A yellow circle highlights the number 440, which is labeled as "# Registros alcanzados". A red arrow points to the "Cumplimiento del OEE" column, which shows a value of 81%.

**NOTA. BASE DE CÁLCULO OEE-440 REGISTROS-FRONTALES Y PUERTA CALIENTE PLATOS- INFORME OEE LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS.**

### **Verificación de la información.**

La etapa de verificación de la información despliega una importancia crítica en el proceso de análisis del Indicador de Eficiencia Global del Equipo (OEE) en la empresa. Esta fase de control de calidad implica la comparación exhaustiva de los resultados obtenidos de diversas fuentes con el objetivo de asegurar la precisión y la integridad de los cálculos realizados. Para ello, se ejecutan tres comparaciones paralelas.

En primer lugar, los resultados obtenidos a partir de cálculos manuales del indicador son contrastados con los datos contenidos en la "Base de Cálculo OEE", un archivo específico de registro y cálculo. Esta verificación es crucial para validar la consistencia entre los cálculos manuales y los datos originales registrados. Sin embargo, el proceso va más allá al incluir una segunda comparación.

La segunda comparación se lleva a cabo entre los resultados obtenidos tanto de los cálculos manuales como de la "Base de Cálculo OEE" y los resultados generados a través de cálculos automáticos visualizados en Looker Studio. Esta comparación proporciona un análisis más amplio y detallado de la precisión de los cálculos manuales. Además, destaca la diferencia en la metodología de cálculo entre los enfoques manual y automático.

### **Formatos para la toma de decisiones.**

#### ***Tableros de Control Ejecutivo.***

Crea tableros de control ejecutivo que presentan visualmente los resultados del OEE y otros indicadores clave en tiempo real. Herramientas como Tableau, Power BI o Looker pueden ser utilizadas para diseñar tableros interactivos que muestran los datos relevantes de manera intuitiva y accesible para la alta dirección y otros responsables de la toma de decisiones.

#### ***Gráficos de Tendencias.***

Utiliza gráficos de líneas o de barras para representar las tendencias históricas del OEE y otros indicadores a lo largo del tiempo. Estos gráficos permiten identificar patrones y variaciones en el rendimiento, lo que puede ser útil para evaluar la efectividad de las mejoras implementadas y tomar decisiones informadas sobre futuras estrategias.

### ***Matrices de Causa y Efecto.***

Crea matrices de causa y efecto (también conocidas como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado) para analizar las posibles causas raíz de las variaciones en el OEE. Esto ayuda a identificar áreas específicas que requieren atención y permite enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas más críticas.

### ***Reportes de Desempeño.***

Elabora reportes periódicos que resuman el desempeño del OEE y proporcionen un análisis detallado de los resultados. Estos reportes pueden incluir comparaciones entre diferentes períodos, identificación de áreas de mejora y recomendaciones para abordar problemas específicos.

### ***Alertas y Notificaciones Automatizadas.***

Configura sistemas de alerta que notifique automáticamente a los responsables cuando el OEE o los indicadores clave se desvíen significativamente de los objetivos establecidos. Esto permite tomar medidas rápidas en caso de problemas y mantener un control proactivo sobre el rendimiento.

### ***Análisis de Pareto.***

Utiliza el principio de Pareto para identificar y priorizar las áreas que tienen el mayor impacto en el OEE. Enfocarse en las causas principales puede ser más efectivo para lograr mejoras significativas en el rendimiento general.

### ***Sesiones de Revisión y Discusión.***

Organiza sesiones regulares de revisión y discusión en las que los equipos involucrados puedan analizar los datos del OEE, compartir ideas y proponer soluciones. Estas reuniones fomentan la colaboración y pueden generar ideas valiosas para la toma de decisiones.

## Capítulo V

### Resultados

Los resultados alcanzados en la implementación del formato para el cálculo automático del indicador OEE se muestran a continuación:

#### 1. *Automatización del Cálculo de OEE.*

Se ha logrado implementar una solución automatizada para el cálculo del OEE. Los datos necesarios se recopilan de manera automática desde los sistemas de producción y se procesan utilizando fórmulas y lógica predefinidas en las Hojas de Cálculo de Google. Esto ha eliminado la necesidad de cálculos manuales y reducido la posibilidad de errores humanos.

#### 2. *Integración de Datos en Looker.*

Se ha establecido una integración exitosa entre las Hojas de Cálculo de Google y Looker. Los datos calculados automáticamente se transfieren de manera regular a Looker, donde se crean paneles y visualizaciones para mostrar el OEE y otros indicadores relevantes. Esto permite un acceso rápido y sencillo a la información actualizada.

#### 3. *Generación de Informes Personalizados.*

A través de Looker, se han creado informes personalizados que permiten visualizar los registros y métricas del OEE directamente desde el proceso. Estos informes son altamente interactivos y brindan a los usuarios la capacidad de profundizar en los datos según sus necesidades.

#### 4. *Mejora de la Toma de Decisiones.*

La disponibilidad de información en tiempo real sobre el OEE ha mejorado significativamente la capacidad de la gerencia y los equipos de producción para tomar decisiones informadas. La visualización clara y concisa de los indicadores clave en los informes de Looker ha agilizado el proceso de identificación de áreas de mejora y la implementación de acciones correctivas.

#### 5. *Reducción del Tiempo de Análisis.*

Antes de la implementación, el proceso de recopilación y cálculo manual del OEE consumía una cantidad considerable de tiempo. Con la automatización y la visualización en Looker, el tiempo necesario para realizar análisis y seguimiento se ha reducido drásticamente, permitiendo a los equipos dedicar más tiempo a la mejora continua.

## 6. *Feedback Positivo de los Usuarios.*

Los usuarios involucrados en el proyecto han expresado una satisfacción general con la nueva solución implementada. Han destacado la facilidad de acceso a la información, la claridad de las visualizaciones y la utilidad de los informes generados.

Los resultados obtenidos del proyecto reflejaron un avance tecnológico significativo en la eficiencia y gestión de procesos en la empresa. El enfoque en la automatización ha permitido una optimización del tiempo de manera notable. En comparación con los métodos tradicionales de cálculo manual que requerían la toma manual de fotografías de resultados y la recopilación exhaustiva de datos directamente de los tableros de la empresa, el sistema automatizado ha revolucionado este proceso en términos de eficiencia y aprovechamiento del tiempo.

La implementación del formato de cálculo automático ha tenido un impacto profundo al eliminar la necesidad de llevar a cabo tareas repetitivas y que consumían una cantidad considerable de tiempo. La recopilación manual de datos y la captura de imágenes se han vuelto obsoletas, liberando a los profesionales responsables del análisis del OEE de estas actividades administrativas tediosas. Esta transformación ha permitido redirigir sus esfuerzos hacia tareas más analíticas y estratégicas, como el análisis en profundidad de los resultados y la toma de decisiones informadas.

Uno de los puntos más destacados es la agilización del proceso de obtención de datos precisos. La automatización ha reducido drásticamente el intervalo de tiempo requerido para obtener información actualizada. Los cálculos automáticos, realizados en intervalos horarios, han mejorado significativamente la velocidad de respuesta ante desviaciones y oportunidades de mejora en el rendimiento. Esta capacidad de respuesta más rápida es esencial en un entorno empresarial dinámico, donde la capacidad de tomar decisiones basadas en datos en tiempo real es esencial para mantener la competitividad.

En conjunto, los resultados reflejan de manera palpable cómo la automatización ha contribuido a mejorar la eficiencia y respaldar la toma de decisiones en el proceso de cálculo del OEE. Este proyecto ha allanado el camino para adoptar un enfoque más estratégico en la gestión de procesos, haciendo uso de la tecnología para liberar tiempo

valioso y potenciar la capacidad de adaptación de la empresa en un entorno empresarial en continua evolución.

## **Conclusiones**

La revisión bibliográfica permitió una comprensión sólida de los conceptos y fundamentos teóricos relacionados con el OEE en la industria de manufactura.

Existe una base sólida de estudios previos que demuestran la importancia del OEE como indicador clave de rendimiento en la gestión de la eficiencia operacional.

El levantamiento de las especificaciones técnicas de los procesos de manufactura proporcionó una visión detallada de las operaciones, identificando áreas de posibles deficiencias operacionales.

Esta caracterización permitió una comprensión exhaustiva de los procesos y sus componentes clave.

La creación de una herramienta tecnológica basada en hojas de cálculo simplificó la captura y procesamiento de datos del proceso, haciendo que el seguimiento sea más eficiente.

El uso de hojas de cálculo proporciona flexibilidad y facilidad de acceso para los usuarios involucrados en la recopilación de datos.

La obtención de información en tiempo real y su ingreso en las hojas de cálculo formuladas mejoró la disponibilidad de datos actualizados, esto contribuyó a una toma de decisiones más informada y oportuna.

La generación de indicadores de los procesos críticos proporciono una visión más detallada del rendimiento del área analizada, estos indicadores son valiosos para evaluar el cumplimiento general del área y para identificar áreas de mejora específicas.

## **Recomendaciones**

Asegurar que todos los involucrados comprendan plenamente el nuevo sistema de cálculo automático y su importancia. Proporcionar capacitación adecuada para que los usuarios puedan aprovechar al máximo la herramienta y entender cómo interpretar los resultados.

A pesar de la automatización, es esencial realizar una validación periódica de los datos obtenidos a través del cálculo automático. Esto garantizará que la precisión se mantenga y que no haya problemas técnicos que afecten la integridad de los resultados.

Mantenerse al tanto de las actualizaciones y mejoras en las herramientas de automatización utilizadas. Aprovechar nuevas características y funcionalidades para garantizar la efectividad continua de la metodología.

Considerar la viabilidad de la integración del sistema de cálculo automático con otros sistemas en uso en la organización, como sistemas de gestión de la producción o sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), con el fin de alcanzar una perspectiva global y consistente del desempeño.

Establecer un sistema de alertas automatizadas que notifiquen a los responsables en caso de desviaciones significativas en el OEE u otros indicadores clave. Esto permitirá una respuesta inmediata y una gestión proactiva de los problemas.

Aprovechar los datos generados por el cálculo automático para identificar constantemente áreas de mejora. Establecer un ciclo de mejora continua basado en la información obtenida y los análisis realizados.

Mantener una comunicación clara y constante con todos los equipos involucrados. Asegurarse de que todos comprendan la importancia de los resultados y cómo estos afectan las decisiones y los objetivos organizativos.

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias.

- Acosta, J. (2020). *Esquema de control de gestión empresarial para emprendedores de micro y pequeña empresa en Colombia bajo el cuadro de mando integral*. Obtenido de <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/43363>
- Angulo, A. (2023). *Propuesta de un modelo de indicadores para medir desempeño en empresas sector metalmeccanicodel Area metropolitana del Valle de Aburrá*.
- Arias, M. (2022). *Análisis y definición de indicadores para la evaluación del desempeño de cargos directivos dentro de áreas dedicadas a la gestión de la cadena de suministro para las principales industrias en Chile*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/193068>
- Arteaga, W., Sarmiento, J., Villamil, D., & González, J. (2010). *Characterization of the production processes of textile SMEs in Cundinamarca.*, 11(2), 60-77.
- B. L., & B. W. (2023). *ptimización del Proceso de la Gestión del Mantenimiento Industrial con la Metodología Word Class Manufacturing*. Obtenido de <http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/7036>
- Betancurt, C. (2023). *Aplicación del indicador de eficiencia de equipos OEE, para el área de inyección como unaforma de optimizar los procesos y recursos en la empresa Inversiones Pérez Vélez SAS*.
- Caicedo, L., & Hinostroza, R. (2021). *Propuesta de implementacion de la gestion de mantenimiento basada en el TPM y su impacto en la productividad de empresa Metalmeccanica*.
- Calderon, I., & Gonzales, J. (2019). *Implementación de las herramientas del TPM para mejorar la OEE en la producción de tapas en una Empresa Manufacturera*. Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49144>
- Camacho, J., Hernández, J., Molina, J., Barrera, M., & Zúñiga, D. (s.f.). *Mejora de productividad de una línea de producción a través de la implementación de un programa especializado a la captura del métrico de eficiencia general de los equipos "OEE"*.

- Camarena, J. (2020). *Interfaz portable para la integración de controles digitales de proceso industrial para el cálculo electrónico inmediato de OEE*. Campus Tijuana. Obtenido de <https://repositorio.cetys.mx/handle/60000/1187>
- Canahua, N. (2021). *Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Cano, C. (2023). *Aplicación del indicador de eficiencia de equipos OEE, para el área de inyección como una forma de optimizar los procesos y recursos en la empresa Inversiones Pérez Vélez SAS*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/56622>
- Cari, B., & Fernandez, A. (2021). *Aplicación del TPM para incrementar la eficiencia global de los tornos de una empresa metamecánica*.
- Carvajal, Y., & Marin, F. (2022). *Implementación de un sistema SCADA para la optimización de la gestión de mantenimiento y producción, aplicado a la planta de productos autoadhesivos C.I. ARclad S.A de Rionegro (Antioquia)*.
- Castañeda, J. (2022). *Aplicación de la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén 2022*.
- Castillo, J., & Murcia, L. (2021). *Condiciones de seguridad y accidentalidad por riesgo mecánico en una empresa del sector metalmecánico en la ciudad de Cali para el año 2020*.
- Contreras, F. (2018). *Implementacion del sistema de indicadores de productividad OEE en planta metalico RHEEM CHILE*.
- Corrales, L. (2023). *ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE INDICADORES COMO MEDIDA DE RENDIMIENTO EN PROCESOS LOGISTICOS*.
- Cuadros, L. (2021). *Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Record S.A*. Universidad Ricardo Palma .Lima. Obtenido de [file:///C:/Users/boli0/Downloads/MIND-T030\\_08736508\\_M%20%20%20CUADROS%20NEGRI%20LUIS%20ERNES TO.pdf](file:///C:/Users/boli0/Downloads/MIND-T030_08736508_M%20%20%20CUADROS%20NEGRI%20LUIS%20ERNES TO.pdf)
- Calderón, E. T. C. (2019). Efecto de la rentabilidad financiera y operativa en el precio de las acciones de las empresas industriales. *Quipukamayoc*, 27(54), 65-72.

- Díaz, C., Catari, D., Murga, C., Díaz, g., & Quezada, V. (2020). EFECTIVIDAD GENERAL DE EQUIPOS (OEE) AJUSTADO POR COSTOS. *EFECTIVIDAD GENERAL DE EQUIPOS (OEE) AJUSTADO POR COSTOS*, 45(3), 158-163.
- Díaz, L., Ramos, J., & Vásquez. (2023). Diagnóstico y propuesta de alternativas estratégicas, sostenibles, Mypes metalmeccánica en el distrito de Puente Piedra.
- Díaz, M., & Levano, L. (2022). *Implementación de mejora para optimizar los indicadores de efectividad global de equipos (OEE) de una cabina de pintado de envases de vidrio, Lima 2021*.
- Duran, J., Moreno, V., & Medina, E. (s.f.). Medición OEE en manufactura de línea blanca, máquina inyectora de plásticos con tecnología 4.0. *Cienciamatria*, 8(2022). Obtenido de <https://doi.org/10.35381/cm.v8i3.801>
- Flores, C. (2020). *Uso del OEE y Lean para el incremento de la eficiencia en operaciones productivas*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/341540658\\_Uso\\_del\\_OEE\\_y\\_Lean\\_para\\_el\\_incremento\\_de\\_la\\_eficiencia\\_en\\_operaciones\\_productivas/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/341540658_Uso_del_OEE_y_Lean_para_el_incremento_de_la_eficiencia_en_operaciones_productivas/citation/download)
- G. H. (s.f.). *Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo)*. Recuperado el 2009
- Gamarra, A., & Avila, R. (2023). *Modelo de producción Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia de una línea de producción continua en una empresa del sector metalmeccánico*. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657931>
- Giraldo, N. (2021). *Diseño de un sistema de monitoreo de un prototipo de máquina industrial, para la presentación de datos en tiempo real con recursos de la nube de IBM en Colombia*.
- Grentz, R. (2021). *Propuesta de un plan de mantenimiento productivo total en Leoncitos S.A. para mejora de indicadores de gestión*.
- Hallado, P. (2019). *Internet de la cosas. Aplicaciones, tecnologías y seguridad*.
- Hernández, M., & Ortiz, S. (2021). *Mejora de la Eficacia Global del Equipo (OEE) del proceso de rectificado de una línea de producción de lima triangular en una fábrica de herramientas manuales*. Obtenido de <http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/handle/123456789/658>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana
- Herrera, J. (2023). *Tecnología para monitoreo de maquinaria industrial en Apex Leasing*.
- Issamar, M., Favela, M., Escobedo, M., & Romero, R. (6 de 2019). *Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización*, 16(1), 115-133.
- Jaskó, S., Skrop, A., Holczinger, T., Chován, T., & Abonyi, J. (2020). *Desarrollo de sistemas de ejecución de fabricación de acuerdo con los requisitos de la Industria 4.0*.
- Juárez, J. (2022). *Plan de mejora del OEE a través del mantenimiento predictivo*.
- Kaplan R.S. y Norton D. P. (2006) *Alignment: como alinear la organización a la estrategia a través del Balanced Scorecard*. Ed. Gestión
- Macías, A. (2020). *Modelo de indicadores de productividad para la rectificadora de Motores Cedeño ubicada en la ciudad de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51420>
- Mahalakshmi, D., & Chakraborty, S. (2016). *Manufacturing Performance Management using SAP OEE: Implementing and Configuring Overall Equipment Effectiveness*.
- Medina, Y., Rico, D., & Arevalo, J. (2019). *Impacto de la implementación de ISO 9001 en la Universidad percepción auditor y lider*.
- Medranda, D. (2020). *Análisis del uso de la ofimática en el área administrativa de la empresa Macusa industrial*.
- Monrroy, F., & Posada, C. (2021). *Sistema de adquisición de datos (SCADA) para monitoreo de proceso industrial*.
- Morris, L., Toro, A., Becerra, L., Granda, M., & Cardona, M. (2022). *Mapeo para el fortalecimiento de las capacidades productivas en términos indicadores de productividad del sector metalmecánico en Risaralda, Colombia*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL. Obtenido de <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3279>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance*. Productivity Press, Cambridge.

- Nápoles, L., Campos, M., & Peralta, N. (2023). *Revista de Desarrollo sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación.*
- Nápoles, L., Campos, N., & Peralta, N. (Marzo de 2023). *LA MEJORA DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD ISO 9001: UN ESTUDIO EXPLORATORIO.* Recuperado el 2023
- Olivera, J. (2022). *Implementación de un SGC basado en la metodología Lean para la optimización de proceso metalmecánicos en Biddle.*
- Ortíz, V., & Pardo, H. (2021). *Importancia y ventajas de los KPI (Key Performance Indicators) en los proyectos: enfoque de procesos en el sector petrolero.*
- Ochoa, J., & Yunkor, Y. (2019). El estudio descriptivo en la investigación científica. *Acta jurídica peruana*, 2(2).
- Plaza Martillo, M., & Quezada Pavón, L. (2022). Análisis de factibilidad para la importación y conformación de acero estructural dentro de la cadena de valor de una empresa constructora.
- Plúa, C. (2023). *Análisis y propuesta de mejora del proceso de producción del área de rolado de la Empresa Geoforce S.A.*
- Quesquen, Y., & Regalado, F. (2021). *Implementación del mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia general de la máquina de corte automática en SIMA metal mecánica, Chimbote-2021.*
- Quimi, D. (2019). *Sistemas de calidad enfocado a las normas ISO 9001 y 21001.*
- R. E., M. T., & U. J. (2022). *Indicadores clave de desempeño: Shoplogix en el proceso de corte de película flexible como herramienta para la mejora de la eficiencia. Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún.*
- Ramirez, L. (2021). *Automatización del proceso de estampado en frío en una prensa tipo transfer.* Universitat Politècnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/173920>
- Riquelme, K., & Rodriguez, D. (2019). *Mejora del proceso de fabricación de los componetes generales, para reducir tiempos de entrega en empresa fabricante de maquinaria pesada.*
- Rodriguez, D. (2023). *Propuesta de mejora de indicadores de productividad en una empresa metal mecánica, mediante herramientas de Lean Manufacturing.*
- Rodríguez, J. (2019). *Nuevo sistema de Gestión de Eficiencia Global (OEE) en tiempo real para industria.* Obtenido de

- [iunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127853/Rodríguez%20-%20Sistema%20de%20Gestión%20de%20Eficiencia%20Global%20\(Overall%20Equipment%20Effectiveness,%20OEE\)%20en%20tie....pdf?sequence=1](http://iunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127853/Rodríguez%20-%20Sistema%20de%20Gestión%20de%20Eficiencia%20Global%20(Overall%20Equipment%20Effectiveness,%20OEE)%20en%20tie....pdf?sequence=1)
- Rodríguez, J. (2019). *Nuevo sistema de Gestión de Eficiencia Global (OEE) en tiempo real para industria.*
- Rodríguez, J. (2021). *IMPLEMENTACIÓN Y VENTAJAS DE UN SISTEMA DE OEE PARA LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA.* Obtenido de <http://prcrepository.org:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12475/1271/IMPLEMENTACI%C3%93N%20Y%20VENTAJAS%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20OEE%20PARA%20LA%20INDUSTRIA%20DE%20MANUFACTURA.pdf?sequence=1>
- Rodríguez, J. (2021). *IMPLEMENTACION Y VENTAJAS DE UN SISTEMA DE OEE PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURA.*
- Rolón, J. R. (2021). *Evaluación experimental de los límites de formabilidad en láminas de acero AISI 304 a través de sus propiedades intrínsecas.* Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/44898>
- S. I., S. V., & K. J. (2020). Potencialidades y límites de la OEE en la gestión de la productividad total. *Avances en Ciencia y Tecnología. Revista de investigación, 14.*
- Salazar, F., & Peñafiel, C. (2021). *APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN EMPRESAS INDUSTRIALES DEL ECUADOR.* Universidad Estatal de Milagro. Obtenido de <http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/5970>
- Scott, H., & Rodríguez, J. (2021). *Cómo los convertidores de tisé usan la OEE para mejorar la producción y la rentabilidad.* Universidad de Puerto Rico. Obtenido de [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Hansen%2C+Scott.+%2813+de+agosto+de+2019.+C%C3%B3mo+los+convertidores+de+tis%C3%BA+usan+la+OEE+para+mejorar++la+producci%C3%B3n+y+la+rentabilidad&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Hansen%2C+Scott.+%2813+de+agosto+de+2019.+C%C3%B3mo+los+convertidores+de+tis%C3%BA+usan+la+OEE+para+mejorar++la+producci%C3%B3n+y+la+rentabilidad&btnG=)
- Silveira, D., & Oliveira, J. (2019). *Aplicación de OEE para análisis de productividad: un estudio de caso de una línea de producción de la industria de pulpa y papel.*
- Socconini, L. (2019). *ean manufacturing. Paso a paso. Marge books.*

- Solís, S., Solís, T., Lasluisa, H., & Albán, E. (2023). EVOLUCIÓN Y UTILIDAD DEL MECANIZADO CNC EN EL DISEÑO INDUSTRIAL. *EVOLUCIÓN Y UTILIDAD DEL MECANIZADO CNC EN EL DISEÑO INDUSTRIAL*, 6(11).  
Obtenido de <https://doi.org/10.46296/ig.v6i11.0083>
- Stamatis, D. (2010). *Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*". Obtenido de <http://www.taylorandfrancis.com>
- Tamay Moposita. (2022). *Los KPI y el manejo de redes sociales en los emprendimientos de estética de la ciudad de Latacunga*. Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.).  
Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8403>
- Tavara, I. (2021). *Diseño de un sistema de gestión de la calidad en la empresa metal-mecánica AGROMAR S.A.C, Chimbote-2017*. Universidad San Pedro. Obtenido de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20363>
- Toledo, J. A. (2023). *Caracterización de las distribuidoras del sector metalmecánico en Azogues – Ecuador. un estudio aplicado*". Universidad Católica de Cuenca.  
Obtenido de <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/14864>
- Torres, C., & Carriel, J. (2023). *Propuesta de mejora continua para la calidad del servicio en una empresa metalmecánica de la ciudad de Guayaquil basada en la norma ISO 9001:2015*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24848>
- Vergara, F., Mancheno, X., Escobar, K., & Villacreses, K. (2019). *Mejora del cálculo del Indicador de Eficiencia General (OEE) utilizando metodología Seis Sigma, en una planta productora de alimentos balanceados en Duran-Ecuador*.
- Viki, T., Toma, D., & Gons, E. (2022). *Cómo las empresas establecidas pueden desarrollar ecosistemas de innovación exitosos*. Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=N6FcEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=A+lo+largo+de+los+a%C3%B1os,+los+KPIs+\(Indicadores+Clave+de+Desempe%C3%B1o\)+han+experimentado+una+evoluci%C3%B3n+significativa+en+la+industria.+Inicialmente,+los+KPI+se+centraban+prin](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=N6FcEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=A+lo+largo+de+los+a%C3%B1os,+los+KPIs+(Indicadores+Clave+de+Desempe%C3%B1o)+han+experimentado+una+evoluci%C3%B3n+significativa+en+la+industria.+Inicialmente,+los+KPI+se+centraban+prin)

## Linografía

- **Node-RED.**

Página Oficial: <https://nodered.org/>

Video de referencia: <https://www.youtube.com/watch?v=sQx7dC1xtsk>

- **Blynk.**

Página Oficial: <https://blynk.io/>

Video de referencia: <https://www.youtube.com/watch?v=tVG0bizxjmo>

- **Grafana.**

Página Oficial: <https://grafana.com/>

Video de referencia:

[https://www.youtube.com/watch?v=m3C8\\_YBhJ38](https://www.youtube.com/watch?v=m3C8_YBhJ38)

- **InfluxDB.**

Página Oficial: <https://www.influxdata.com/>

Video de referencia: <https://www.youtube.com/shorts/12F2ZAMoVro>

- **OpenPLC.**

Página Oficial: <https://openplcproject.com/>

Video de referencia: <https://www.youtube.com/watch?v=ZosvU7LhZdc>

## ANEXOS

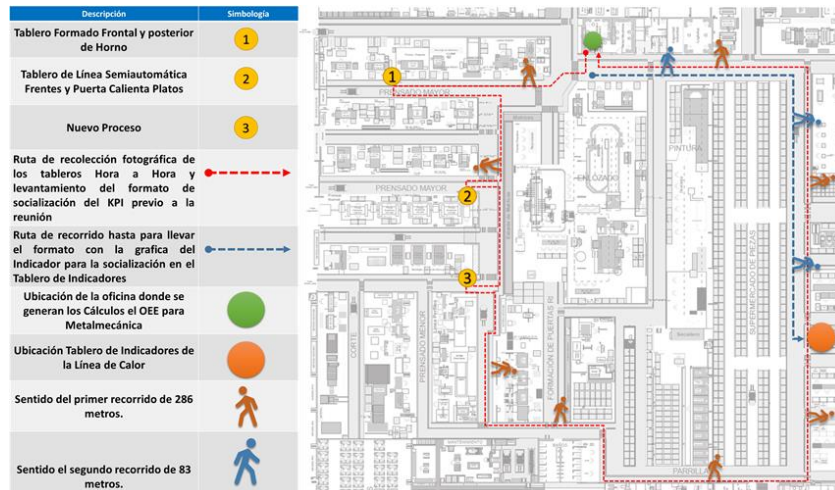
### Anexo1. Comparación de recorridos.

Mejora obtenida con respecto a los recorridos para el levantamiento de información fotográfica de los tableros.

## Antes

Ilustración 2

Recorrido para el levantamiento de información

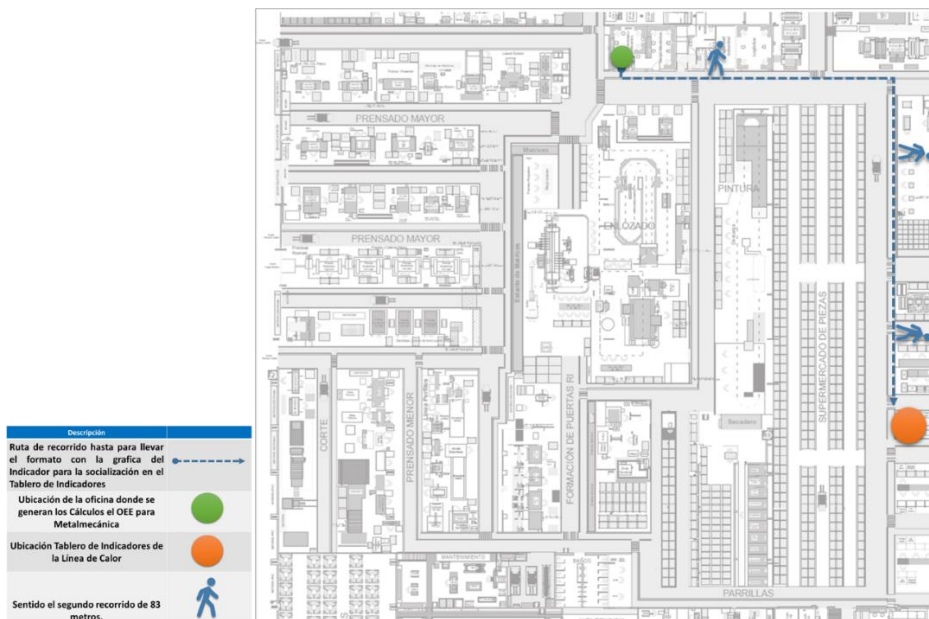


NOTA. RECORRIDO PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Ahora

Ilustración 3

Optimización de recorrido

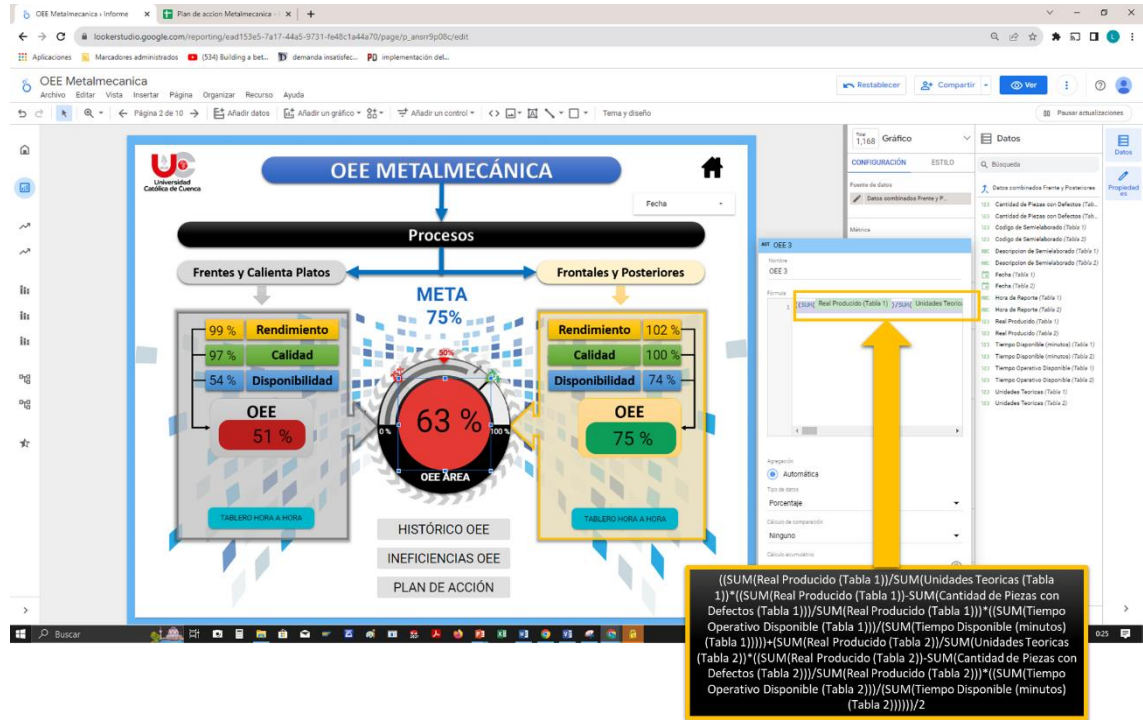


NOTA. OPTIMIZACIÓN DE RECORRIDO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Anexo 2. Fórmula para el cálculo del cumplimiento promedio del área de metalmecánica desarrollada en Looker Studio.

Captura de Pantalla 28

Formula implementada en lookerstudio

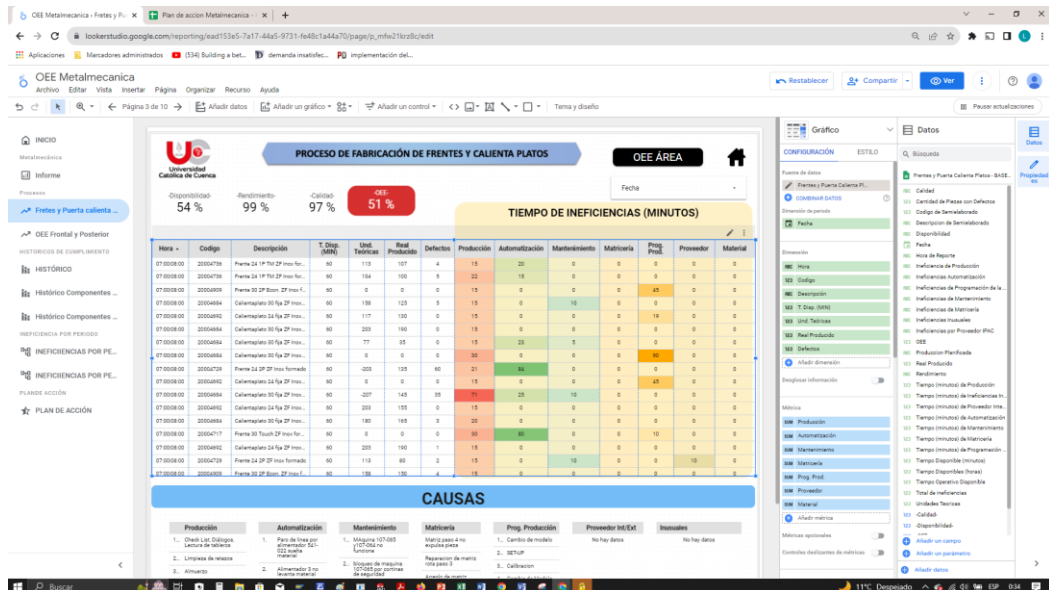


NOTA. FORMULA IMPLEMENTADA EN LOOKERSTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Anexo 3. Pantalla de edición del Tablero Hora a Hora

Captura de Pantalla 29

Pantalla de edición del tablero Hora a Hora en Lookerstudio

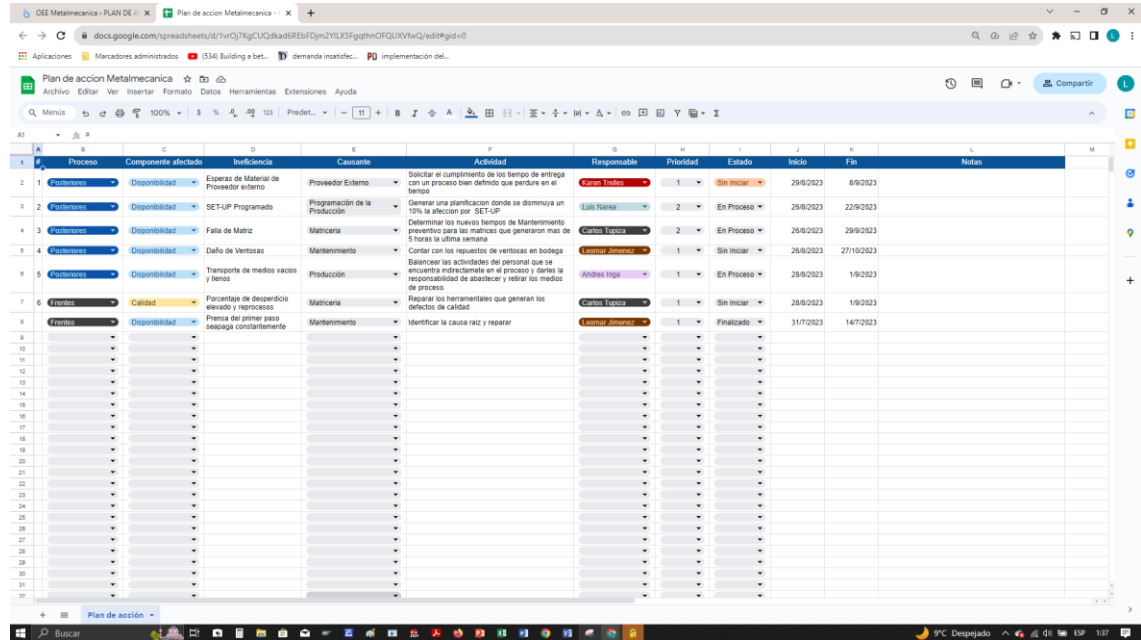


NOTA. PANTALLA DE EDICIÓN DEL TABLERO HORA A HORA EN LOOKERSTUDIO. RECORRIDO PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Anexo 4. Hoja de cálculo con Base de registro de Actividades Para el Plan de Acción.

Captura de Pantalla 30

Hoja de cálculo con base de registro de Actividades-Plan de Recorrido para el levantamiento de información.



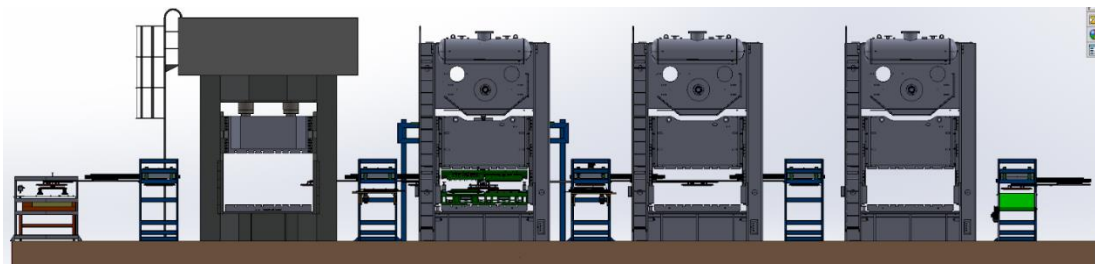
#	Proceso	Componente afectado	Ineficiencia	Casuística	Actividad	Responsable	Prioridad	Estado	Inicio	Fin	Notas
1	Postornos	Disponibilidad	Esperas de Material de Proveedor externo	Proveedor Externo	Solicitar el cumplimiento de los tiempos de entrega con un proceso bien definido que perdure en el tiempo	Caren Trebas	1	Sin Iniciar	29/8/2023	8/9/2023	
2	Postornos	Disponibilidad	SET-UP Programado	Programación de la Producción	Generar una planificación donde se disminuya un 10% la afcción por SET-UP	Luis Naranjo	2	En Proceso	25/8/2023	22/9/2023	
3	Postornos	Disponibilidad	Falla de Matriz	Matrícula	Determinar los nuevos tiempos de Mantenimiento preventivo para las matrices que generaron más de 5 horas la última semana	Carlos Topora	2	En Proceso	25/8/2023	29/9/2023	
4	Postornos	Disponibilidad	Daño de Ventosas	Mantenimiento	Contar con los repuestos de ventosas en bodega	Carlos Amador	1	Sin Iniciar	25/8/2023	27/10/2023	
5	Postornos	Disponibilidad	Transporte de medios vacíos y llenos	Producción	Balacear las actividades de personal que se encuentra indirectamente en el proceso y darles la responsabilidad de abastecer y retirar los medios de proceso	Andrés Irujo	1	En Proceso	25/8/2023	1/9/2023	
6	Frentes	Calidad	Porcentaje de desperdicio elevado y reprocesos	Matrícula	Reparar los herramientas que generan los defectos de calidad	Carlos Topora	1	Sin Iniciar	25/8/2023	1/9/2023	
7	Frentes	Disponibilidad	Presión del primer paso después constantemente	Mantenimiento	Identificar la causa raíz y reparar	Carlos Amador	1	Finalizado	31/7/2023	14/7/2023	

NOTA. HOJA DE CÁLCULO CON BASE DE REGISTRO DE ACTIVIDADES-PLAN DE RECORRIDO PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

## Anexo 5. Disposición real de la maquinaria de Frentes y Puerta Caliente Platos

Captura de Pantalla 31

Disposición real de máquinas en frentes y Posteriores



Nota. Disposición real de máquinas en frentes y Posteriores. Recorrido para el levantamiento de información. Fuente: Elaboración Propia de Bolívar F. Condo Aguirre/Luis E. Zambrano Heras

*Anexo 6. Fotografía de una prensa Excéntrica de Metalmecánica*

Conjunto de prensa y matriz del proceso de Formado de Frentes y Puerta caliente Platos.

Prensa de 2500 kN (kilonewtons) Tipo: Excéntrica

*Fotografía 4*

*Prensa Excéntrica de la línea de frentes Recorrido para el levantamiento de información*



*NOTA. PRENSA EXCÉNTRICA DE LA LÍNEA DE FRENTES RECORRIDO PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS*

*Anexo 7. Avería en matriz de troquelado*

Rotura de acero en una matriz de troquelado.

Fotografía 5

Avería en matriz de troquelado

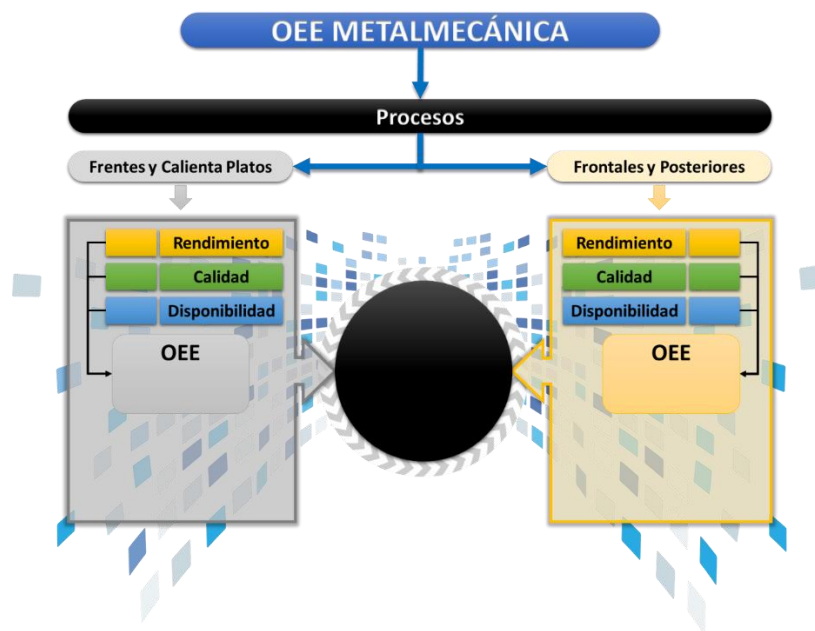


NOTA. AVERÍA EN MATRIZ DE TROQUELADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

*Anexo 8. Fondo de pantalla para el cálculo general del área de metalmecánica.*

Imagen 4

Fondo de Informe OEE Área. Fuente: Elaboración Propia de Bolívar F



NOTA. FONDO DE INFORME OEE ÁREA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DE BOLÍVAR F. CONDO AGUIRRE/LUIS E. ZAMBRANO HERAS

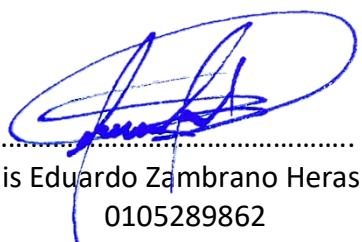
## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, Bolívar Francisco Condo Aguirre y Luis Eduardo Zambrano Heras portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0102798790 y 0105289862. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Desarrollo de una Herramienta para la Automatización del Cálculo de Eficiencia General De Los Equipos (OEE) en Empresas Industriales del Sector Metalmecánico” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de octubre de 2023



F: .....  
Bolívar Francisco Condo Aguirre  
0102798790



F: .....  
Luis Eduardo Zambrano Heras  
0105289862