



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Departamento de Ciencias Económico Administrativas

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA  
PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN  
GESTION EMPRESARIAL.**

**CESAR HILARIO ALVIZO RODRIGUEZ**

***PROYECTO:  
INCREMENTO DE OEE EN EL AREA DE TPMS MECANICAL LINEA 9***

**SENSATA TECHNOLOGIES DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.**



**ING. EDGAR IVAN SANTAMARIA**

**Nombre del asesor externo**

**ING. GERMAN VERDIN GONZALEZ**

**Nombre del asesor Interno**

Pabellón de Arteaga, Ags. Enero - junio 2021

## **CAPITULO 1: PRELIMINARES**

### **2. AGRADECIMIENTOS**

Le doy gracias a Dios por haberme acompañado y guiado durante de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y bendecirme con su infinita sabiduría para adquirir y desarrollar los conocimientos profesionales, que serán la base fundamental de mi futuro en compañía de mi familia.

Le doy gracias a mis padres Cesáreo y María Belén, por haberme apoyarme en todo momento, por los valores que me inculcaron, además de haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir. A mis hermanos y hermana por ser parte importante de mi vida y representar la unión familiar.

A mi esposa Laura, a mis hijos Brandon, Isaac y Alan, por ser parte significativa de mi vida, por apoyarme y comprenderme en esta etapa de nuestra familia y que sirva de ejemplo a mis hijos que nunca es tarde para cumplir sus metas en la vida y que siempre deben seguir aprendiendo cosas nuevas en la vida, gracias por sus ánimos, comprensión y sobretodo el apoyo en los momentos que necesitaba para seguir en este camino.

A mis compañeros, amigos y profesores, por compartir sus conocimientos, experiencias y sabidurías para que juntos termináramos esta carrera profesional.

Agradezco a las personas que, en algún momento de mi vida profesional, laboral y de amistad que me ofrecían sus palabras de ánimo para seguir adquiriendo la experiencia académica que necesitaba y que me ayudara a fortalecer los conocimientos laborales que durante muchos años me apoyaron aquellas personas, gracias a todas las personas que me impulsaron a finalizar mi carrera.

Gracias a la empresa Sensata Technologies de México y a mis asesores por haberme dado la oportunidad de realizar mis residencias profesionales para realizar este proyecto.

### **3. RESUMEN**

El presente documento se muestra las actividades realizadas en la empresa Sensata Technologies de México S de R.L. de C.V. en el área de Mecanial de la línea 9 del negocio interno TPMS (Tire pressure Monitoring System), empresa dedicada a la producción de controles electrodomésticos y sensores automotrices para el futuro y desarrollo de la humanidad. Es una empresa mundial considerada como uno de los principales proveedores mundiales de soluciones de detección, protección eléctrica, control y gestión de energía, así como proveedor de sensores automotrices en varios centros de negocios y operaciones en varios países, como China, Japón, México, USA.

Los dispositivos Sensata se encuentran en sistemas que protegen a las personas y al medio ambiente, por lo que hacemos una empresa que está comprometida con el progreso de la tecnología para mejorar la vida cotidiana de las personas cuidando al planeta. Estamos orgullosos de saber que nuestras tecnologías mejoran la seguridad, la eficiencia y la comodidad para millones de personas todos los días.

La entrega de materiales de producción en el tiempo determinado entre la empresa y cliente para continuar con la distribución del producto final al cliente es la causa principal para continuar que los usuarios finales sigan satisfaciendo sus necesidades, es por ello que para cumplir con el tiempo determinado y evitar algún retraso en la entrega de la productividad se revisa diariamente el cumplimiento de los factores del OEE y en caso de que alguno de los factores involucrados baje su estándar, se deberá analizar las causas que provocan la disminución de la producción y se deberá estabilizar el tiempo de productividad dando acciones correctivas inmediatas. Los factores a analizar serán la calidad de producto, la disponibilidad de los equipos para su producción y la eficacia de la mano de obra.

De acuerdo a los estándares se puede tener un OEE de satisfacción de un 75% para que la producción de material sea soportable para la entrega a tiempo, en la actualidad se tiene en el área de nuestro proyecto un OEE del 58% por lo que debemos incrementar durante el tiempo del proyecto el nivel estándar de 75%.

## **4. ÍNDICE**

### **4.1 Índice**

CAPITULO 1: PRELIMINARES.....	2
2. AGRADECIMIENTOS.....	2
3. RESUMEN.....	3
4. ÍNDICE.....	4
4.1 Índice.....	4
4.2 Índice de Ilustraciones.....	6
4.3 Índice de tablas.....	7
4.4 Índice de anexos.....	7
CAPITULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	8
5. INTRODUCCION.....	8
6. SENSATA TECHNOLOGIES DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. SU HISTORIA Y LA COLBARACION DEL ESTUDIANTE DENTRO DE LA EMPRESA.....	9
6.1 Revisión y análisis de OEE en el área de Mecanica de línea 9 en el negocio interno llamado TPMS (Tire Pressure Monitoring System).....	13
6.2 Misión.....	14
6.3 Visión.....	14
6.4 Valores.....	14
6.5 Objetivos estratégicos.....	14
6.6 Área de trabajo.....	15
7. PROBLEMAS A RESOLVER.....	15
8. OBJETIVOS.....	15
9. JUSTIFICACION.....	16
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.....	16
10. MARCO TEÓRICO.....	16
10.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness).....	16
10.1.1 Disponibilidad.....	20
10.1.2 Rendimiento.....	21
10.1.3 Calidad.....	22
10.2 TPM (Total Productive Maintenance).....	26

10.3	<i>MTBF (Mean Time Between Failures) y MTTR (Medium Time To Repair)</i>	27
10.3.1	<i>MTBF (Mean Time Between Failures)</i>	28
10.3.2	<i>MTTR (Medium Time To Repair)</i>	28
10.4	<i>Layout del área de Mecanical línea 9</i>	29
10.5	<i>Operación de inserción de antena en enclosure</i>	30
10.6	<i>Operación de carga e inspección de enclosure</i>	31
10.7	<i>Operación de carga de pila</i>	32
10.8	<i>Operación de carga Tarjeta de circuito impreso</i>	33
10.9	<i>Operación de estacado de pin plástico</i>	34
10.10	<i>Operación de inspección de presencia de terminales de batería y tarjeta de circuito impresa en posición correcta.</i>	34
10.11	<i>Operación de soldadoras</i>	35
10.12	<i>Operación de inspección de soldadura aplicada en las terminales de batería y antena.</i>	36
10.13	<i>Operación de prueba de voltaje</i>	37
10.14	<i>Operación de marcado y lectura de código laser</i>	38
10.15	<i>Operación de descarga automática, marcado laser y retoque de soldadura</i>	39
10.16	<i>Operación inspección de soldadura y escaneo de material.</i>	40
CAPÍTULO 4: DESARROLLO		40
11.	<b>PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.</b>	40
11.1	<i>Incrementar el OEE del área de Mecanical de línea 9 del negocio TPMS.</i>	40
11.2	<i>Recopilación de datos</i>	41
11.3	<i>Análisis de los factores de eficiencia, disponibilidad de equipos y calidad del producto.</i>	43
11.4	<i>Medición de OEE al inicio de proyecto</i>	44
11.5	<i>Análisis de medición de eficacia (rendimiento)</i>	46
11.6	<i>Análisis de medición de la disponibilidad de los equipos.</i>	47
11.7	<i>Análisis de medición de la calidad del producto procesado.</i>	47
11.8	<i>Formulación de archivo estadístico para la medición del OEE y analizar los factores de prioridad para incrementar el OEE.</i>	49
11.9	<i>Graficas de la tendencia del incremento del OEE durante la duración del proyecto.</i>	54
11.9	<i>Cronograma de actividades</i>	56
CAPÍTULO 5: RESULTADOS		56
12.	<b>RESULTADOS</b>	56
12.1	<i>Base de datos digital para el monitoreo diario del OEE</i>	57
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES		63

<b>13. CONCLUSIONES DEL PROYECTO</b> .....	63
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS .....	66
<b>14. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS</b> .....	66
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACION .....	66
<b>15. FUENTES DE INFORMACION</b> .....	66
CAPÍTULO 9: ANEXOS .....	67

#### **4.2 Índice de Ilustraciones**

Ilustración 1: Líneas de producción y productos automotrices que se elaboran .....	11
Ilustración 2: Líneas de producción y productos de controles que se elaboran .....	11
Ilustración 3: Sensor TPMS.....	12
Ilustración 4: Layout del área de Mecanical de TPMS .....	30
Ilustración 5: Estación de inserción de antena en enclosure.....	31
Ilustración 6: Estación carga e inspección de enclosure .....	32
Ilustración 7: Estación carga de carga de pila.....	32
Ilustración 8: Estación de carga Tarjeta de circuito impreso .....	33
Ilustración 9: Estación de estacado de pin plástico .....	34
Ilustración 10: Estación de Tag Check.....	35
Ilustración 11: Estación de soldadoras.....	36
Ilustración 12. Estación de inspección de soldadura aplicada en las terminales de batería y antena. ....	37
Ilustración 13: Estación de prueba de voltaje.....	38
Ilustración 14: Estación de marcado y lectura de código laser.....	38
Ilustración 15: Estación de descarga automática, marcado laser y retoque de soldadura .....	39
Ilustración 16: Estación de inspección de soldadura y escaneo de material. ....	40

### **4.3 Índice de tablas**

Tabla 1: Indicador de valoración de OEE .....	18
Tabla 2: Captura diaria de producción por hora, piezas malas por hora y paros por hora .....	42
Tabla 3: Base de datos del sistema ANDON por los paros registrados en el área de Mecanical .....	42
Tabla 4: Base de datos del sistema clarif-i por la captura de material scrap del área de Mecanical .....	43
Tabla 5: Datos de los factores de Disponibilidad, eficacia y calidad del OEE a inicio del proyecto. ....	45
Tabla 6: Base datos del rendimiento diario de producción.....	46
Tabla 7: Base de datos para obtener producción hora por hora en la operación de Mecanical .....	50
Tabla 8: Base de datos del sistema para obtención de material malo .....	51
Tabla 9: Base de datos del sistema ANDON para contabilizar el tiempo de paro de cada operación. ....	52
Tabla 10: Tabla dinámica para obtención de paros diarios de la base de datos ANDON .....	53
Tabla 11: Tabla con base de datos y fórmulas para sacar el OEE. ....	54

### **4.4 Índice de anexos**

Anexo 1: Permisos en las aplicaciones para la obtención de los datos para llevar a cabo el proyecto.....	67
Anexo 2: Grafica de cómo se revisaba a diario el OEE para revisar las causas y problemas de paros o disminución de ritmo de trabajo. ....	67
Anexo 3: Evidencia para pedir soporte de las fallas en la línea de producción de las observaciones que se hacían durante el proyecto. ....	68
Anexo 4: Carta de aceptación para realizar mis residencias profesionales en la empresa Sensata Technologies de México. ....	69

## **CAPITULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **5. INTRODUCCION**

El OEE Overall Equipment Effectiveness que su traducción al español es Eficacia Global de Equipos es una herramienta para mejorar el proceso de producción. Las empresas realizan grandes inversiones en maquinaria y necesitan obtener el máximo retorno de sus inversiones en el menor tiempo posible. Uno de los objetivos del OEE precisamente es obtener la máxima productividad y eficiencia de los procesos de fabricación.

El disminuir las pérdidas productivas y conseguir una mayor productividad es un objetivo fundamental de las empresas; el conjunto de OEE y tecnología consiguen tener sistemas de trazabilidad más eficaces que permiten hallar el origen de los descensos de calidad.

El conseguir minimizar reprocesos y productos defectuosos es importante para genera un enorme ahorro de costos.

Lo que se mide, se puede administrar y mejorar. Es importante conocer si un proceso productivo es eficiente o ineficiente, y cómo lo podemos optimizar. El OEE permite cuantificar la eficiencia y conocer el funcionamiento real de los procesos productivos.

Esta información es determinante, ya que gracias a ella se pueden tomar las decisiones adecuadas para conseguir mejorar. A su vez, el OEE es una herramienta de medición estándar que se utiliza en todo el mundo y cuyo crecimiento en la actualidad es exponencial.

Para nuestra empresa que es Sensata tener los estándares de OEE dentro de los competitivos, son importante porque significa que es competitiva a los requerimientos de los clientes. Se debe considerar que la disponibilidad de los equipos debe estar día con día en condiciones funcionales para el proceso de producción, tomando en cuenta que durante el proceso se construirán piezas buenas dentro de las especificaciones de los

clientes para el correcto funcionamiento para lo que fueron creados los controles o sensores y por último la eficiencia del personal debe ser activa, cumpliendo con los procedimientos establecidos para realizar un trabajo de calidad.

Si se analiza el proceso de producción durante un periodo de tiempo y se obtiene que el OEE está por debajo de los estándares, se deberá realizar un análisis de los factores que conforman el OEE y enfocarse al elemento que tiene la deficiencia en porcentaje y realizar acciones correctivas para incrementar el OEE deseado.

## **6. SENSATA TECHNOLOGIES DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. SU HISTORIA Y LA COLBARACION DEL ESTUDIANTE DENTRO DE LA EMPRESA**

Sensata, nacida en 1916 como proveedora para la industria de la joyería, es actualmente uno de los principales fabricantes de sensores y protección eléctrica del mundo.

Entró a la protección para motores eléctricos en 1931. Más tarde, en 1959 fue comprada por Texas Instruments y amplió sus mercados en cantidad y variedad de los dispositivos que diseñaba y construía.

Atraída por la ubicación geográfica y la oferta de profesionales altamente calificados, la compañía llegó a Aguascalientes en 1984. Convertida en Sensata en 2006, actualmente es una de las fuentes de empleo más relevantes en el estado. Su planta en la ciudad capital, donde manufactura 35 por ciento de la producción mundial, es la más importante de la corporación.

Para fabricar muchos de los componentes que exporta a todo el mundo, implementa algunos procesos de alta automatización; pero también hace honor a su nombre – aquellas cosas dotadas de sentido– y emplea trabajo manual de alta precisión (similar a la filigrana, aseguran algunos).

En los últimos años, la trasnacional ha crecido a ritmo acelerado y adquirido otras compañías y productos. En esa expansión, la planta Aguascalientes se ha propuesto ser la más eficiente con el fin de atraer más producción y fuentes de empleo para la entidad.

Presencia: En México: Aguascalientes, Mexicali y Matamoros. En el mundo: Brasil, Estados Unidos (Arizona, Indiana, Maryland, Massachusetts, Minnesota, Tennessee, Virginia, Washington), China, India, Japón, Corea, Malasia, Bélgica, Bulgaria, Inglaterra, Francia, Alemania, Holanda, Irlanda del Norte, Polonia.

Servicios:

Sensores electrónicos de presión y temperatura, Interruptores, Protectores eléctricos, Controles eléctricos.

La mayoría de sus colaboradores son ingenieros industriales, mecánicos, eléctricos y mecatrónicas. Pero su plantilla de personal también incluye perfiles financieros, de administración y de recursos humanos.

Las estrategias de atracción nos han resultado, ya que tenemos un gran énfasis en el crecimiento interno de los empleados. Pero también hemos apuntalado ese talento con contrataciones de Guadalajara, Monterrey, Querétaro, Tamaulipas.

Uno de los principales retos es la falta de proveeduría local. Un gran porcentaje de nuestra materia prima e insumos se compra en el extranjero. Una de nuestras prioridades es encontrar y desarrollar empresas locales que estén dispuestas a aceptar el reto de ser nuestros socios de negocios.

La firma, que en 2014 obtuvo ventas globales por 2 400 millones de dólares, planea continuar su consolidación como uno de los principales proveedores del planeta en el mercado de sensores y controles.

Productos

Sensores Automotrices:

CSE (Capacitive Sensing Element)

APT (Automotive Pressure Transducers)

APS TCIS (Automotive Pressure Switches Transmission Controls & Inertial Systems)

TSP TS (Thermal Sensing Products Thermal Switches)

IPS (Industrial Pressure Switches)



Ilustración 1: Líneas de producción y productos automotrices que se elaboran

Controles:

HVAC PPP SAIL (Power Protection Products Small Appliances)



Ilustración 2: Líneas de producción y productos de controles que se elaboran

## TPMS (Tire Pressure Monitoring System)



*Ilustración 3: Sensor TPMS*

Aplicaciones en los hogares en promedio en Estados Unidos van de 30 o más sensores, interruptores o dispositivos de seguridad, aplicaciones en baños de rotación de aire e iluminación interna de los ventiladores y aires electrodomésticos en recamaras, sistema de aire acondicionado, sistema de calefacción deshumificador, humidificadores sistemas en piscina, compresores bomba de agua, sensor de apertura de garage lavadora y secadora, cortadora de césped, electrodomésticos en cocina, iluminación externa garage, baterías y herramientas.

Aplicaciones un Jet comercial lleva hasta 1,500 interruptores de circuito de luces externas para el control de presión de la cabina, control de temperatura, comunicación, navegación, microonda, detector de humo, control de identificación de avión calefacción en cabina, antena de comunicación de sistemas integrados (válvulas, cambio de temperatura, separadores de agua, turbinas de emergencia. Luces interiores clima y radar, detección y ubicación. sensores de aire motores hidráulicos, aviso de colisión, alarma de proximidad, aterrizaje control anti hielo, unidad de poder alterno frenos para llantas, daños, aterrizaje, anti derrape control en tierra, tren de aterrizaje de alternadores, generadores, variables de seguridad, frecuencia constante, unidad de transferencia de poder, unidad anti manejo no autorizado, unidad de voz, grabación de vuelo 15 Bombas hidráulicas acumuladores hidráulicos, unidad de transferencia hidráulicas alternadores, generadores, control de ignición, aceite, aire, combustible, calentadores, aviso de reservas.

Aplicaciones en automóviles de última generación lleva hasta 50 sensores y controles. Por ejemplo, sensor de presión, cilindros de presión aire, presión de filtros particulares de diferenciación de aire, sensor de presión de aire, rangos de transmisión, presión de aceite de transmisión, clasificación de aire / calidad de encendido, presión de aceite nivel de anticongelante, presión de aire acondicionado, protección de ventanas de salida de gases.

### **6.1 Revisión y análisis de OEE en el área de Mecánica de línea 9 en el negocio interno llamado TPMS (Tire Pressure Monitoring System).**

En el negocio interno de Sensata llamado TPMS (Tire Pressure Monitoring System), se producen sensores para monitorear la presión de la llanta por medio de señal wifi con la computadora del vehículo, lo que implica que la producción de estos sensores tenga una gran demanda ya que el ramo automotriz en la actualidad es uno de los mayores consumos de necesarios de la humanidad a nivel mundial y el consumo de estos sensores se ha vuelto esencial como parte de la seguridad del conductor.

Cada vehículo lleva 5 sensores y el consumo de los vehículos se multiplica por 5 veces estos sensores, lo que implica tener una demanda amplia para completar los requerimientos de solicita el cliente.

Cuando se hace el convenio con el cliente para la producción de las piezas para sus vehículos, el cliente visita la línea de producción para verificar el correcto proceso de producción establecido entre el proveedor y cliente, concretando los tiempos de producción para la entrega a tiempo de la demanda del cliente.

El tiempo que está establecido para su producción, se considera los tiempos de paro por comedor, por los mantenimientos autónomos para evitar el desgaste de las máquinas y el tiempo de cambio de herramientas por algún cambio de modelo.

Durante el proceso de producción, se presentan deficiencias para que la entrega de material sea el adecuado, los factores que pueden llegar a afectar la salida de material

es, los paros en las maquinas por fallas técnicas, faltante de material, eficiencia de los operadores o la calidad del producto, algunos de estos factores lo conforman el OEE (Overall Equipment Effectiveness), el cual se debe calcular para analizar el donde se debe mejorar el proceso para cumplir con los estándares establecidos.

### **6.2 Misión**

Ser el principal proveedor mundial de Sensores y controles.

### **6.3 Visión**

Ser el líder mundial e innovador en sensores y protección eléctrica de misión crítica; satisfaciendo las crecientes necesidades mundiales de seguridad, eficiencia energética y un ambiente limpio; siendo un excelente socio, empleador y vecino.

### **6.4 Valores**

Integridad, Innovación, Compromiso.

### **6.5 Objetivos estratégicos**

Tener una estabilidad de salida de material en tiempo y forma para no causar cuellos de botella, llegar a un mercado más amplio, satisfacer completamente las demandas de nuestros clientes, ser la empresa núm. 1 en el mercado de sensores y controles

Incrementar el porcentaje del factor que tenga un bajo porcentaje, analizando su factor de perdida.

Buscar soluciones efectivas para mejorar los problemas que se encuentren durante el proceso de incremento de OEE en el área.

Sus principales clientes son: General Motors, Caterpillar, Emerson, Nissan, Ford, Chrysler, BMW, Volkswagen, Continental Automotive, Land Rover, Airbus, industria automotriz y enseres domésticos.

## **6.6 Área de trabajo**

El área de Mecanical se encarga de armar el subensamble del sensor TPMS, en esta área se arma la materia prima que es el enclosure (que es una pieza de plástico que encapsula los demás componentes) con la pila que se encarga de darle durabilidad y vida al sensor, después será montada la tarjeta de circuito impresa con todos sus componentes electrónicos y que darán función electrónica al sensor. En esta operación será fijada y colocada la soldadura en la pila y la tarjeta además de colocar su código 2D que es la información personalizada a cada pieza para recabar la información necesaria de cada operación para saber en qué hora, fecha y si fue o no aceptada la pieza en las demás estaciones.

## **7. PROBLEMAS A RESOLVER**

En el área de Mecanical de la línea 9 actualmente se tiene un OEE del 56% el cual es un índice bajo de acuerdo a los estándares de OEE que se deben cumplir a los requerimientos establecidos, por lo que se analizara como incrementar el OEE de esta operación para alcanzar los estándares establecidos.

## **8. OBJETIVOS**

### **8.1 Objetivo General**

Implementar la metodología OEE mediante la estadística de datos obtenidos que se tiene a la fecha del mes de enero hasta junio del 2021, desarrollando las estrategias y factores que nos permitirán el incremento de esta metodología para mejorar el desempeño del área de mecanial y tener una eficiencia de la salida y entrega de material a las siguientes operaciones.

### **8.2 Objetivos específicos**

Incrementar el factor con menor porcentaje de efectividad, enfocando e implementando mejoras en las pérdidas que se han detectado con el análisis de datos estadísticos obtenidos ya sea los paros generados en la línea, ajustes en las maquinas, las paradas

pequeñas por falta de material o reducción de velocidad por rendimiento de personal o rechazos de producción por material no conforme.

## **9. JUSTIFICACION**

Sensata Technologies es uno de los principales proveedores mundiales de soluciones de detección, protección eléctrica, control y gestión de energía, así como proveedor de sensores automotrices en varios centros de negocios y operaciones en varios países, incluidos China, Japón, Corea, Malasia, Estados Unidos, Bulgaria, Brasil, México, etc.

Los dispositivos Sensata se encuentran en sistemas que protegen a las personas y al medio ambiente, por lo que hacemos una empresa que está comprometida con el progreso de la tecnología para mejorar la vida cotidiana de las personas cuidando al planeta. Estamos orgullosos de saber que nuestras tecnologías mejoran la seguridad, la eficiencia y la comodidad para millones de personas todos los días. Nuestra visión es ser un líder mundial en detección de misión crítica y protección eléctrica, al mismo tiempo que satisfacemos la creciente necesidad mundial de seguridad, eficiencia y un medio ambiente limpio, y somos un socio, empleador y vecino de su elección.

Es por ello que este proyecto de incrementar el OEE y ser eficientes en la entrega de material a tiempo a los clientes que necesitan nuestros sensores para poder continuar con la producción de vehículos y realizar las ventas de los usuarios finales para su satisfacción personal para seguir innovando o desarrollando nuevos métodos para el futuro de la humanidad.

## **CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO**

### **10. MARCO TEÓRICO**

#### **10.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness)**

El OEE es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua. Sus siglas

corresponden al término inglés “Overall Equipment Effectiveness” o “Eficacia Global de Equipos Productivos”.

El origen del OEE se tiene la información que fue utilizado por primera vez por Seiichi Nakajima, el fundador del TPM: Total Productive Maintenance, como la herramienta de medición fundamental para conocer el rendimiento productivo de la maquinaria industrial. El OEE también se ha investigado que tiene sus orígenes en el Mantenimiento Productivo Total o TPM japonés. Hoy en día se ha convertido en un estándar internacional reconocido por las principales industrias de todo el mundo. En algunas partes del mundo es llamado también como TVC (Tiempo, Velocidad y Calidad).

Su reto fue aún mayor al crear un sentimiento de responsabilidad conjunta entre los operarios de las máquinas y los responsables de mantenimiento para trabajar en la mejora continua y optimizar la Eficacia Global de los Equipos (OEE).

Es necesario llevarlo a cabo en las empresas ya que existe la necesidad de poder cuantificar la productividad y eficiencia de los procesos productivos. Además, hay que tener en cuenta que sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Ahí es donde entra el OEE. Esta herramienta es capaz de indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de cualquier proceso productivo. Esto es un factor clave, para poder identificar y paliar posibles ineficiencias que se originen durante el proceso de fabricación.

Parte de las ventajas de implementar un sistema OEE es que repercute directamente en el rendimiento que se va a obtener del proceso de manufactura. Esto se debe a que se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas, se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de botella y velocidades reducidas), y aumenta el índice de calidad del producto, minimizando retrabajos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso. No sólo eso, mostrar información fiable en tiempo real del proceso aumenta significativamente la eficiencia de los empleados, y facilita su trabajo.

Es un indicador poderoso que requiere de información diaria del proceso. Es una herramienta integral de evaluación comparativa, esto quiere decir que puede ser utilizado para evaluar los diferentes componentes del proceso de producción, por ejemplo: disponibilidad, rendimiento y calidad. Del mismo modo, es un indicador apropiado al momento de medir los avances reales en 5s, Lean Manufacturing, Kaizen, TPM y Six Sigma.

El indicador OEE se calcula a partir de tres factores, que como él mismo, son porcentajes:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

El valor de la OEE permite clasificar el equipo analizado, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

El OEE debe medirse en la restricción o cuello de botella.

OEE	Valoración	Descripción
0% - 64%	Deficiente (Inaceptable).	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65% - 74%	Regular.	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75% - 84%	Aceptable.	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% - 94%	Buena.	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95% - 100%	Excelente.	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Tabla 1: Indicador de valoración de OEE

OEE < 65% Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.

65% < OEE < 75% Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.

75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.

85% < OEE < 95% Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.

OEE > 95% Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

El OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costos de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual. Finalmente, el OEE es la métrica para complementar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos para certificar IATF 16949:2016.

El OEE considera 6 grandes pérdidas:

Paradas/Averías.

Configuración y Ajustes.

Pequeñas Paradas.

Reducción de velocidad.

Rechazos por Puesta en Marcha.

Rechazos de Producción.

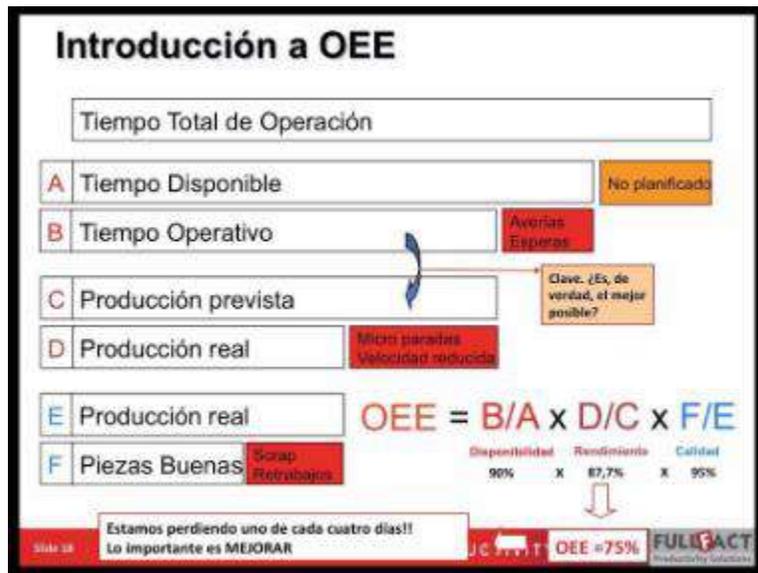


Ilustración 4: Interpretación grafica del calcula de OEE

Las dos primeras, paradas/averías y ajustes, afectan a la disponibilidad. Las dos siguientes pequeñas paradas y reducción de velocidad, afectan al rendimiento y los dos últimos rechazos por puesta en marcha y rechazos de producción afectan a la calidad.

### **10.1.1 Disponibilidad**

La disponibilidad como se menciona incluye a pérdidas de tiempo productivo por paradas por lo que la disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (Tiempo de Operación: TO) por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo (Tiempo Planificado de Producción: TPO) es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denominan paradas planificadas.

Para realizar el cálculo de la disponibilidad se tomará en cuenta lo siguiente:

Disponibilidad =  $(TO / TPO) \times 100$  donde:

TPO= Tiempo Total de trabajo - Tiempo de Paradas Planificadas

TO= TPO - Paradas y/o Averías

La Disponibilidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

### **10.1.2 Rendimiento**

Rendimiento incluye pérdidas de velocidad por pequeñas paradas y Pérdidas de velocidad por reducción de velocidad. El rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina.

Capacidad nominal, "machine capacity", "nameplate capacity", "ideal run rate", "theoretical rate": Es la capacidad de la máquina / línea declarada en la especificación (DIN 8743). Se denomina también velocidad máxima u óptima equivalente a rendimiento ideal (máximo / óptimo) de la línea / máquina. Se mide en número de unidades / hora en vez de utilizar la capacidad nominal se puede utilizar el tiempo de ciclo ideal.

Tiempo de ciclo ideal, "ideal cycle time", "theoretical cycle time": Es el mínimo tiempo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.

La capacidad nominal o tiempo de ciclo ideal, es lo primero que debe ser establecido. En general, esta capacidad es proporcionada por el fabricante, aunque suele ser una aproximación, ya que puede variar considerablemente según las condiciones en que se opera la máquina o línea. Es mejor realizar ensayos para determinar el verdadero valor. La capacidad nominal deberá ser determinada para cada producto (incluyendo formato y presentación). Pueden presentarse dos casos:

a) Existen datos. Será el valor máximo especificado por el OEM9 para la máquina o línea.

b) No existen datos. Se elige entonces como valor el correspondiente a las mejores 4 horas de un total de 400 horas de funcionamiento.

El valor será siempre el referido al producto final que sale de la línea.

Rendimiento

Tiene en cuenta todas las pérdidas de velocidad (breakdowns). Se mide en tanto por 1 o tanto por ciento del ciclo real o capacidad real con respecto a la ideal.

Rendimiento = Tiempo de Ciclo Ideal / (Tiempo de Operación / N.º Total Unidades) ó  
Rendimiento = N.º Total Unidades / (Tiempo de Operación x Velocidad Máxima)

El Rendimiento es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

### **10.1.3 Calidad**

La calidad incluye pérdidas por calidad. Disminuye la pérdida de velocidad. El tiempo empleado para fabricar productos defectuosos deberá ser estimado y sumado al tiempo de paradas, downtime (Paros), ya que durante ese tiempo no se han fabricado productos conformes.

Por tanto, la pérdida de calidad implica dos tipos de pérdidas:

Pérdidas de calidad, igual al número de unidades mal fabricadas.

Pérdidas de tiempo productivo, igual al tiempo empleado en fabricar las unidades defectuosas.

Y adicionalmente, en función de que las unidades sean o no válidas para ser reprocesadas, incluyen:

Tiempo de reprocesado.

Costo de tirar, reciclar, etc. las unidades malas.

Tiene en cuenta todas las pérdidas de calidad del producto. Se mide en tanto por uno o tanto por ciento de unidades no conformes con respecto al número total de unidades fabricadas.

$N^{\circ}$  de unidades conformes calidad=Q = $N^{\circ}$  de unidades conformes/ $N^{\circ}$  unidades totales

Las unidades producidas pueden ser conformes, buenas, o no conformes, malas o rechazos. A veces, las unidades no conformes pueden ser reprocesadas y pasar a ser unidades Conformes. La OEE solo considera Buenas las que se salen conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por tanto, las unidades que posteriormente serán reprocesadas deben considerarse Rechazos, es decir, malas.

Por tanto, la Calidad resulta de dividir las piezas buenas producidas por el total de piezas producidas incluyendo piezas retrabajadas o desechadas.

La Calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.



Ilustración 5: Ejemplificación del cálculo del OEE

El llevar el OEE a un porcentaje competitivo, tiene grandes beneficios en la empresa algunos de ellos los podremos describir y pueden llegar a tener mejoras en nuestro negocio, por ejemplo:

Mejora el retorno de inversión (ROI): Las empresas realizan inversiones considerables en maquinaria y por lo cual necesitan obtener el máximo retorno de sus inversiones en el menor tiempo posible. Uno de los objetivos del OEE precisamente es obtener la máxima productividad y eficiencia de los procesos de fabricación, lo cual impacta directamente en la mejora de ROI de la inversión.

Ayuda a ser más competitivo: Es fundamental reducir las pérdidas productivas y conseguir una mayor competitividad. Por ejemplo, si una línea productiva es capaz de realizar 100 piezas a la hora, pero únicamente está produciendo 70, el OEE indica el por qué está fallando ese proceso.

Maximiza el rendimiento de las máquinas: Uno de los mayores beneficios de utilizar un sistema OEE es que el rendimiento de las máquinas aumenta rápidamente. Su aplicación se adapta perfectamente tanto para mejorar una nueva maquinaria como para implementarlo en otras máquinas con las que ya se esté trabajando.

La calidad de los procesos se ve mejorada: Los costos asociados a producto defectuoso suponen, en empresas de todo el mundo, una de las causas que generan mayor pérdida económica. Uniendo OEE y tecnología se consiguen sistemas de trazabilidad más eficaces que permiten hallar el origen de los descensos de calidad.

Perfecciona la capacidad de medir y decidir: Sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Es muy importante conocer si un proceso productivo es eficiente o ineficiente, y cómo lo podemos optimizar. El OEE permite cuantificar la eficiencia y conocer el funcionamiento real de los procesos productivos.

Facilita el trabajo de todos: Utilizar información fiable en tiempo real repercute en el personal de planta, ya que les ayuda a saber realmente cómo están trabajando, lo que posibilita activar acciones de mejora inmediata a todos los niveles.

Reduce costos de reparación de maquinaria: Conocer el rendimiento real de la maquinaria es sinónimo de saber si está funcionando correctamente o si por el contrario existen causas que puedan desembocar en una reparación. El disponer de un sistema OEE capaz de anticipar estos hechos (analizando paradas inesperadas, velocidades reducidas, etc.) supone un gran ahorro tanto en mantenimiento preventivo de maquinaria, cómo en los altos costos asociados al propio fallo de la máquina.

Es puerta de entrada a la industria 4.0: Una de las principales características de las consideradas industrias 4.0 es su habilidad para digitalizarse. Contar con sistemas de medición automatizada de la productividad y la eficiencia será siempre el primer paso de cualquier industria que quiera avanzar hacia el 4.0.

## **10.2 TPM (Total Productive Maintenance)**

El Mantenimiento Productivo Total, también conocido como TPM, por sus siglas en inglés (Total Productive Maintenance), nació en Estados Unidos, y tiene sus principales antecedentes en los conceptos de mantenimiento preventivo desarrollados en los años cincuenta. El mantenimiento preventivo consiste en actividades de revisión parcial de forma planificada, en las cuales se ejecutan cambios, sustituciones, lubricaciones, entre otras actividades; antes de que se materialicen las fallas.

Como una evolución de la planificación periódica de las actividades de mantenimiento, se incorpora el concepto de mejoramiento de los equipos, con el propósito de evitar que se produzcan fallas, aprovechando el conocimiento del operario. Como resultado nace un plan de mantenimiento relacionado con mejoras incrementales.

De este concepto de planificación periódica del mantenimiento relacionado con mejoras incrementales, nace el TPM (Mantenimiento Productivo Total).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología Lean Manufacturing de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente.

El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. Actividades en las que se

involucra al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema. Además, el TPM presenta las siguientes ventajas:

Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.

Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible.

Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo, sino también reduce la incertidumbre de la planeación.

Aprovechamiento del capital humano.

Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.

Reducción de costos operativos.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se fundamenta sobre seis pilares:

1. Mejoras enfocadas.
2. Mantenimiento autónomo.
3. Mantenimiento planificado.
4. Mantenimiento de calidad.
5. Educación y entrenamiento.
6. Seguridad y medio ambiente.

### **10.3 MTBF (Mean Time Between Failures) y MTTR (Medium Time To Repair)**

El MTBF dice qué paradas son las más frecuentes para un proceso, y el MTTR cuáles son las más graves.

### **10.3.1 MTBF (Mean Time Between Failures)**

Es el acrónimo de las palabras inglesas Mean Time Between Failures, o tiempo medio entre fallos. El MTBF es el tiempo medio entre cada ocurrencia de una parada específica por fallo (o avería) de un proceso, o en otras palabras, la inversa de la frecuencia con que ocurre cada parada.

El cálculo del MTBF se hace con base en la diferencia entre el tiempo total disponible y el tiempo perdido, dividiendo por el número de paradas. La fórmula se representa con la siguiente expresión:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total disponible} - \textit{Tiempo de inactividad}}{\textit{Número de paradas}}$$

*Ilustración 6: Imagen de la fórmula de cálculo de MTBF*

En la que el tiempo disponible es el total de horas en las que la máquina podría haber estado operando, el tiempo de inactividad es el número de horas en las que estuvo parada y el número de paradas corresponde al número de averías.

### **10.3.2 MTTR (Medium Time To Repair)**

Es el acrónimo de las palabras inglesas Medium Time To Repair, o tiempo medio hasta haber reparado la avería. Es decir, es el tiempo que se requiere para reparar un fallo en un activo de la empresa.

El objetivo debe ser reducirlo. Reducir el MTTR pasa, por un lado, por el mantenimiento preventivo, para que el número de averías sea menor; por otro lado, hace falta, también, reducir el tiempo de reparación. Aquí, se trata de actuar rápidamente y preparar a su equipo cuanto más rápido respondan a una avería, más rápido todo se solucionará.

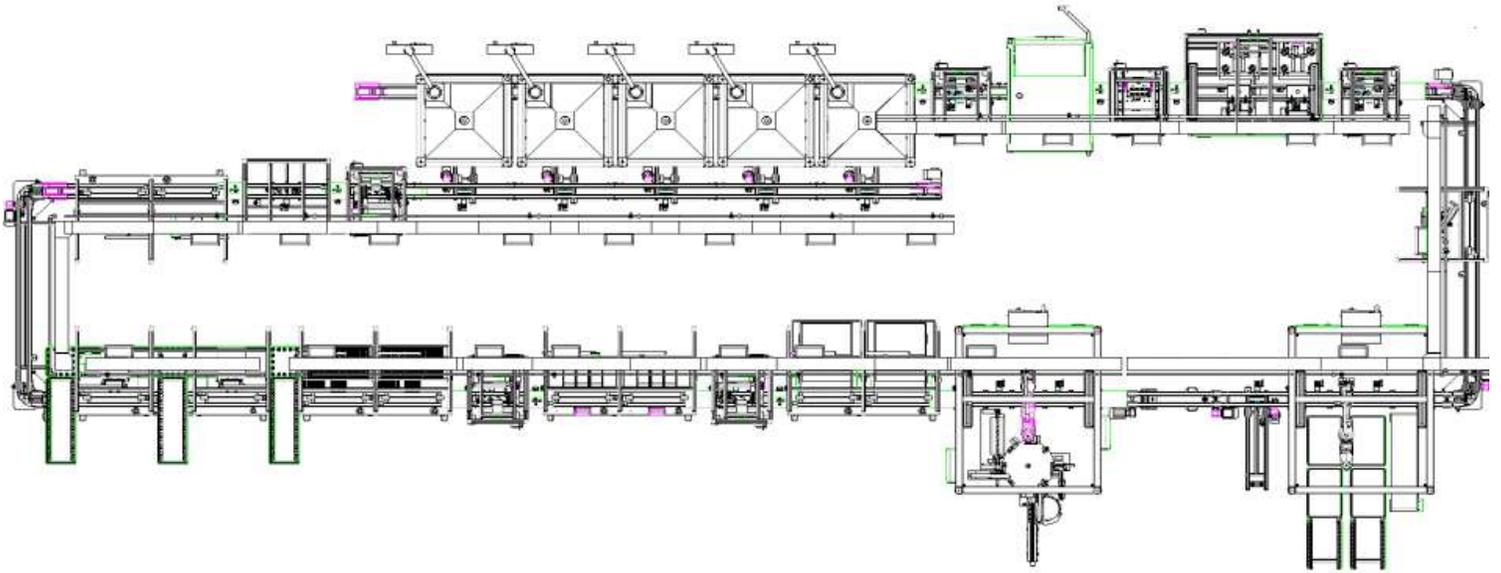
Ambos conceptos son unos indicadores muy utilizados en mantenimiento. La información que nos ofrecen estos parámetros ayudan a mejorar la eficiencia y productividad de la empresa.

Mientras que el MTBF mide la fiabilidad, el MTTR es un fuerte indicador de la eficacia de la reparación. O sea, juntos, nos permiten obtener una previsión de cuánto tiempo está indisponible un determinado sistema. El análisis del MTBF y del MTTR en conjunto permite también hacer previsiones sobre la producción que, obviamente, se reduce o para completamente durante las averías. Podemos también hacer previsiones acerca de los costos de mantenimiento y de las reparaciones a lo largo del año.

Con base en todos estos indicadores, el gestor de operaciones técnicas puede entender cuáles son los equipos menos fiables – es decir, que necesitan más mantenimiento o incluso sustitución. El objetivo debe ser implementar políticas de mantenimiento preventivas y, por consiguiente, reducir el número de averías. Un MTBF más elevado dará más credibilidad y confianza a su empresa, tanto a nivel interno como con sus clientes.

#### **10.4 Layout del área de Mecanical línea 9**

El layout es parte importante del proyecto, para entender por cuales estaciones se procesa el material donde es analizado el OEE que se pretende estudiar e incrementar, con este layout se puede observar el flujo de material y determinar en donde puede tener un problema de flujo continuo del material.



*Ilustración 7: Layout del área de Mecanica de TPMS*

### **10.5 Operación de inserción de antena en enclosure**

La operación de inserción de antena en enclosure (componente metálico en componente plástico), esta operación es monitoreada por un operador de MFG y el proceso lo hace un robot en una máquina de inserción, el operador es encargado de colocar los componentes correctos en la máquina, en donde cae aun bowl con guías de colocación correcta para los componentes, que hacen que los componentes siempre tengan una dirección para su inserción, donde caerá en un contenedor de material procesado donde lo tomara el operador para el siguiente proceso.



*Ilustración 8: Estación de inserción de antena en enclosure*

### **10.6 Operación de carga e inspección de enclosure**

El operador tomará el contenedor de piezas buenas de la inserción de antena al enclosure, este será colocado en la estación de carga manual de enclosure. El operador tomara el material con sus manos tomando de 2 en 2 piezas para ser colocados en los nidos de los pallets que van caminando sobre una banda transportadora que hacer que esta banda lleve los pallets al siguiente proceso, asegurando que todos los nidos estén cargados con piezas buenas. Estas pasaran por una estación de inspección por medio de cámaras y sistema de visión donde tomara foto de cada piezas para verificar que cada piezas colocada es el número de parte correcto por medio de punto de identificación en el producto asi como la presencia en el pallet de las piezas colocada, en caso de encontrar piezas diferentes a lo que se está procesando o que tenga ausencia de piezas, el sistema de visión detendrá el pallet y emitirá una alarma visible en donde le notificara al operador que existe un problema y tiene que verificar cual fue el error que detecto, asegurando la condición presentada y segregando la condición y colocado el material incorrecto en el material no confirme o si es faltante , colocando una pieza donde hacía falta, vuelve a realizar la prueba y si es correcta, el pallet seguirá a su siguiente proceso.



*Ilustración 9: Estación carga e inspección de enclosure*

### **10.7 Operación de carga de pila**

La operación de carga de pila, en esta operación hay un operador encargado de asegurar que la pila (battery) sea la correcta de acuerdo a la producción del día o del turno, verificando el componente físico con el sistema, este debe coincidir para no tener problemas de voltaje, para después colocar con la manos del operador la colocación de la pila dentro de su lugar en el enclosure, después el pallet pasara a la siguiente operación cuando el operador active el botón de pase de pallet para la siguiente operación. En esta operación se debe asegurar de que las terminales de la batería no estén dañadas y deben estar en su lugar.



*Ilustración 10: Estación carga de carga de pila*

### **10.8 Operación de carga Tarjeta de circuito impreso**

Cuando el pallet tiene enclosure con antena y pila, pasara a la operación de carga de PCBA (Print Circuit Board Assembly), el operador de esta operación se deberá asegurar que el material que esta resguardado en magazines y con las PCBA cortadas individualmente, sea el correcto y para ello, debe revisar la informacion que contiene cada magazine ya que contiene la informacion necesaria del proceso anterior y que es el número de parte correcto a procesar, una vez asegurado que el material es correcto se coloca en la estación y deberá tomar un panel con 32 PCBA y cada pcba debe ser colocada en cada nido con enclosure, antena y pila. Las pcba contienen los componentes electrónicos y contiene orificios en donde quedaran las terminales de la pila y el operador se debe asegurar que las terminales estén presentes para poder soldarlas, en caso de que estén dobladas y no estén presentes no podrán ser procesadas y las piezas tendrán que ser producto no conforme y no se puede enviar al cliente, por lo que debe estar colocado de acuerdo a lo que está especificado, cuando se termina un panel de 32 pcba, se debe tomar otro panel hasta termina el magazine completo y después se deberá tomar otro magazine con pcba hasta termina la orden del trabajo requerido por el cliente, las piezas después de ser colocadas pasaran al siguiente proceso.



*Ilustración 11: Estación de carga Tarjeta de circuito impreso*

### **10.9 Operación de estacado de pin plástico**

Ya cuando tenga la pcba sobre enclosure, antena y pila, debe pasar por la operación de heat stake (estacado de pin de plástico), donde esta operación es encargada automáticamente por una máquina de terminales muy calientes para derretir un pin de plástico que tiene el enclosure y sobre pasa la pcba, este asegura que cuando se derrita, no tenga ningún movimiento la pcba sobre el enclosure y asegure que en un proceso de la producción de aplicación de epóxido no tenga fuga del químico colocado y que es parte del proceso y del sensor. La aplicación de calor en esta operación tiene sus límites de calor siendo desde 360 a 400 grados controlados por la máquina y el herramental de esta operación, después de ser derretido el pin de plástico el pallet pasara a la siguiente operación.



*Ilustración 12: Estación de estacado de pin plástico*

### **10.10 Operación de inspección de presencia de terminales de batería y tarjeta de circuito impresa en posición correcta.**

Esta operación de inspección de terminales y pcba, se encarga de inspeccionar que las terminales de la batería y la pcba esté presente y fueron colocadas correctamente, esto lo realiza para asegurar que cuando pase a la siguiente operación que es soldadura de terminales, tenga un correcto soldado en las piezas. Las piezas que cuentan con sus

terminales correctamente colocadas y la pcba en correcta posición la operación liberara el pallet para la siguiente operación, pero si la maquina detecta que no hay una de las terminales o ambas terminales no están presentes o la pcba no está correctamente colocada, la maquina no permitirá que el pallet continúe y le notificara al operador del proceso 4 con una alarma visual y este deberá revisar la condición de las piezas que el sistema de visión le marque en las pantallas, si la pieza no cuenta con la condiciones de presencia de terminales o pcba colocada incorrectamente, esta deberá ser segregada por el operador y cambiar la pieza por una que si cuente con los requerimiento y sea considerada como pieza buena. La pieza que no cumpla será segregada del proceso y se colocara en el lugar de producto no conforme.



*Ilustración 13: Estación de Tag Check*

### **10.11 Operación de soldadoras**

El proceso de soldadoras será encargado de soldar y unir las terminales de la pila con la pcba, esto permitirá que la pieza tenga continuidad de voltaje y que la pieza cumpla con su funcionamiento. Este proceso de soldar, se hace en automático por robots que son calibrados por operadores de manufactura, para que la punta de soldadura llegue a la posición correcta de los puntos a soldar en la pcba y con el calor requerido para tener un correcto reflujo de soldadura, la temperatura requerida es dependiendo del requerimiento ya sea libre de plomo o con plomo, el requerimiento con plomo es de 360 +/- 15 grados

y el requerimiento para libre de plomo es de 380 +/- 15 grados, así como la soldadura de plomo o libre de plomo cuentan con un color de identificación, el de plomo es rojo y libre de plomo es verde, una vez que termine los puntos de cada pieza y termine el pallet lo liberara al siguiente proceso.



*Ilustración 14: Estación de soldadoras*

### **10.12 Operación de inspección de soldadura aplicada en las terminales de batería y antena.**

Después de que fueron soldados todos los puntos de soldadura de cada pieza del pallet, será inspeccionado por una maquina con sistema de visión, que es encargado de inspeccionar cada punto de soldadura colocada en cada pieza, la maquina está programada para inspeccionar diferentes criterios de acuerdo a los requerimientos del proceso o del cliente en específico como lo es faltante de soldadura, exceso de soldadura, soldadura en otros lugares de la pcba que puede provocar cortos de soldadura y faltante de componentes. Si el material presenta o no presenta defectos de soldadura la maquina liberará el pallet y en la operación de descarga automática de piezas será la encargada por medio del sistema de visión vinculado de segregar las piezas con algún defecto de soldadura en el lugar designado de piezas no conformes y las piezas buenas serán colocadas en los contenedores de piezas buenas para continuar

con su proceso normal. Después de la inspección de soldadura pasara a la siguiente operación para hacer una prueba de voltaje de la pila con el ensamble de la pcba.



*Ilustración 15. Estación de inspección de soldadura aplicada en las terminales de batería y antena.*

### **10.13 Operación de prueba de voltaje**

En este proceso de prueba de voltaje el pallet llega de la estación de inspección de soldadura donde cada pieza fue unida por medio de soldadura y si alguna de las piezas no fue correctamente soldada y no hace contacto entre la terminal de la pila y la pcba, la pieza no tendrá contacto para tener contacto para ser funcional y no tendrá valor de voltaje de la pila. Esta prueba de voltaje se hace por medio de un herramental con pines metálicos que al realizar la prueba toca unos puntos llamados PAD en la pcba, esto se hace para asegurar que la pcba funciona como circuito electrónico y el voltaje de la pila está distribuido en la pcba y es funcional, en caso de no funcionar la pantalla de la computadora del sistema de prueba le señalará que pieza no cumplió con la prueba y esta pieza será segregada por la máquina de descarga automática, el pallet de después de hacer su prueba debe liberar el pallet para la siguiente operación.



*Ilustración 16: Estación de prueba de voltaje*

#### **10.14 Operación de marcado y lectura de código laser**

Cuando el pallet paso por las pruebas de inspección de soldadura y voltaje, el pallet con las piezas pasan al codificado laser, esta operación le colocara un grabado de acuerdo a las especificaciones del cliente mediante marcado laser a las piezas buenas, las piezas malas que fueron identificadas por las pruebas anteriores no serán codificadas, ya que no cumplen con los requerimientos y estas piezas deberán ser revisadas y analizar su condición, para validar si pueden ser reprocesadas o las piezas deben ser consideradas como no conformes; una vez que se haya colocado su código, deberán pasar por escáner donde validaran el correcto codificado y que le dará la informacion al robot de descarga automática que las piezas deben ir en el contenedor de piezas buenas o deben ser segregadas de acuerdo a su modo de falla.



*Ilustración 17: Estación de marcado y lectura de código laser*

### **10.15 Operación de descarga automática, marcado laser y retoque de soldadura**

Descarga automática y reparación de piezas es la última operación de este proceso y en esta operación existe un robot encargado de segregar las piezas buenas y malas que fueron procesados por las operaciones anteriores mencionadas. De acuerdo a la información de cada operación el robot ya tendrá la información necesaria para identificar la posición de las piezas en cada nido de los pallet que llegaran a esta operación, ya que todas las piezas cuentan con información personalizada y los pallet cuentan con el código de barras con la información de cada pieza, es por ello que el sistema que se tiene para saber si las piezas son las correctas es completamente seguro, el operador se encarga de colocar los contenedores para piezas buenas y retira las piezas con condiciones de retoque o re trabajo de acuerdo al lugar donde el robot las coloca, las piezas deben ser retocadas de acuerdo a lo que el operador inspecciona y determina de acuerdo lo descrito en su procedimiento, esta actividad se realiza para poder recuperar piezas que no fueron correctamente soldadas y que pueden ser re trabajadas para no tirarlas y enviarlas al siguiente proceso.



*Ilustración 18: Estación de descarga automática, marcado laser y retoque de soldadura*

### **10.16 Operación inspección de soldadura y escaneo de material.**

Para realizar la confirmación de las piezas buenas para el siguiente proceso, deberá pasar por la estación de inspección y escaneo para confirmar en el sistema que las piezas son buenas y pueden continuar su proceso normal.



*Ilustración 19: Estación de inspección de soldadura y escaneo de material.*

## **CAPÍTULO 4: DESARROLLO**

### **11. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.**

Se describe los puntos relevantes de las metodologías y desarrollo del proyecto, se muestran las técnicas usadas para realizar las actividades que apoyaron a incrementar el OEE que es el objetivo principal.

#### **11.1 Incrementar el OEE del área de Mecánica de línea 9 del negocio TPMS**

El tener un porcentaje competitivo de OEE es muy importante para la empresa de Sensata Technologies para poder llegar a ser una empresa incluyente y eficaz para la producción comprometida con los clientes, además de tener un rendimiento de la maquinaria de producción, así como la tener la estabilidad laboral del personal para generar o producir un producto de buena calidad.

El OEE que se midió a inicio de proyecto desde enero del 2021 era bajo por las diferentes variables como lo era los paros continuos de las maquinas por falta de ajustes en las estaciones de carga de enclosure, inspección de presencia de terminales, inspección de puntos de soldadura, prueba de voltaje, además del ingreso personal de nuevo en proceso de certificación en las diferentes operaciones haciendo lento el proceso de producción del subensamble. De acuerdo a los datos extraídos por el sistema de la producción diaria y de los paros generados en las operaciones se tenía un OEE en promedio de 56% en la primera semana del mes de enero.

### **11.2 Recopilación de datos**

El Ing. De procesos a cargo del área de Mecanical Edgar Iván Santamaría, proporciono las aplicaciones, direcciones y software donde por sistema se podría consultar la producción diaria de cada hora, los paros registrados en sistema y el tiempo que duraban para realizar el ajuste en la operación afectada y las piezas malas producidas durante el turno o durante el día.

Se solicitó por parte del Ing. Iván Santamaría estudiar la metodología de MTBF y MTTR para saber la disponibilidad de los equipos durante los días laborales,

Durante el inicio del proyecto y estudiando la manera de interpretar gráficamente los datos, realice un archivo en donde se pudiera capturar la informacion de forma manual y automática para la interpretación grafica del OEE obtenido día con día y poder atacar los factores que impedían tener una mejora eficiencia de productividad.

En las siguientes imágenes se muestra la base de datos de diferentes factores que integran el OEE

Hora	Fecha	Meta UPH	Produccion FEAL	Pieza buenas	Scrap	Downtime Minute <small>Tiempo de paro, de una disponibilidad</small>	Eficiencia	Calidad Yield	Disponibilidad	% OEE	Goal	Conceptos de paros	Month	Day	Week
22:30 - 23:00	02-mai	480	0	0					100.0%		85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10
23:00 - 00:00	02-mai	1440	0	0					100.0%		85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10
00:00 - 01:00	02-mai	1440	0	0					100.0%		85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10
01:00 - 02:00	02-mai	480	0	0					100.0%		85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10
02:00 - 03:00	02-mai	1440	0	0					100.0%		85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10
03:00 - 04:00	02-mai	1440	0	0					100.0%		85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10
04:00 - 5:00	02-mai	1440	450	450		47.52	31.3%	100.0%	20.8%	6.50%	85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10
5:00 - 6:00	02-mai	1440	337	333	4	50	23.4%	98.8%	16.7%	3.85%	85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10
6:00 - 7:00	02-mai	1200	780	780		40	65.0%	100.0%	33.3%	21.67%	85.00%	1)Falta de tag check 2) Falta de PCB	3	2	10
7:00 - 8:00	02-mai	1440	1055	1055		33.31	74.0%	100.0%	34.5%	25.50%	85.00%	1) Cambio de punta col#5 2) Falta de tag check	3	2	10
8:00 - 9:00	02-mai	480	500	500			104.2%	100.0%	100.0%	104.17%	85.00%		3	2	10
9:00 - 10:00	02-mai	1440	1440	1440			100.0%	100.0%	100.0%	100.00%	85.00%		3	2	10
10:00 - 11:00	02-mai	1440	1050	1050		11.18	73.6%	100.0%	81.4%	53.85%	85.00%	1)Falta sold#5	3	2	10
11:00 - 12:00	02-mai	1440	1440	1440			100.0%	100.0%	100.0%	100.00%	85.00%		3	2	10
12:00 - 13:00	02-mai	1440	1000	1000		23.76	69.4%	100.0%	60.4%	41.94%	85.00%	1)Falta sold#5	3	2	10
13:00 - 14:00	02-mai	1440	1440	1440			100.0%	100.0%	100.0%	100.00%	85.00%		3	2	10
14:00 - 14:30	02-mai	720	516	502	14		71.7%	97.3%	100.0%	69.72%	85.00%		3	2	10
14:30 - 15:00	02-mai	480	490	490			102.1%	100.0%	100.0%	102.08%	85.00%	1)Falta de personal	3	2	10
15:00 - 16:00	02-mai	1440	1440	1440			100.0%	100.0%	100.0%	100.00%	85.00%	1)Cierre de Job	3	2	10
16:00 - 17:00	02-mai	1440	1440	1435	5		100.0%	99.7%	100.0%	99.65%	85.00%	1)Inicio de Job 2) Pasa de motor 3) Validacion de todos los soldadores	3	2	10
17:00 - 18:00	02-mai	480	480	480			100.0%	100.0%	100.0%	100.00%	85.00%	1)Comedor	3	2	10
18:00 - 19:00	02-mai	1440	1440	1436	4		100.0%	99.7%	100.0%	99.72%	85.00%		3	2	10
19:00 - 20:00	02-mai	1440	1240	1240			86.1%	100.0%	100.0%	86.11%	85.00%	1)Cheque de robot	3	2	10
20:00 - 21:00	02-mai	1440	1340	1338	4		93.1%	99.7%	100.0%	92.78%	85.00%	1)Cheque de robot	3	2	10
21:00 - 22:00	02-mai	1440	1300	1294	6		90.3%	99.5%	100.0%	89.86%	85.00%	1)Falta de PCB	3	2	10

Tabla 2: Captura diaria de producción por hora, piezas malas por hora y paros por hora

FECHA	H_Atencion_Sup	H_Ini_Accion	H_Fin_Accion	ESTACION	FALLA	Down_Tir
1/1/2021 11:02:17 PM	1/1/2021 11:02:25 PM	1/1/2021 11:02:27 PM	1/2/2021 5:52:23 AM	Descarga automatica 9	Falla de Comunicación de Equipos	6.8354
1/10/2021 12:44:40 AM	1/10/2021 12:48:58 AM	1/10/2021 12:50:51 AM	1/10/2021 2:09:04 AM	Marcadora laser 9	Mal codificado	1.4072
1/10/2021 2:08:20 AM	1/10/2021 2:08:33 AM	1/10/2021 2:09:09 AM	1/10/2021 2:09:57 AM	Soldadora 4 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	0.0271
1/10/2021 3:01:24 AM	1/10/2021 3:14:26 AM	1/10/2021 3:16:50 AM	1/10/2021 3:45:57 AM	Soldadora 3 9	Cambio de punta de cautin	0.7429
1/10/2021 3:45:25 AM	1/10/2021 3:53:19 AM	1/10/2021 3:53:22 AM	1/10/2021 4:16:50 AM	Soldadora 1 9	Cambio de punta de cautin	0.5239
1/10/2021 3:48:44 AM	1/10/2021 3:53:04 AM	1/10/2021 3:53:06 AM	1/10/2021 3:53:15 AM	Soldadora 1 9	Falla en Extraccion/Boquilla-Manguera tapada	0.0756
1/10/2021 4:05:28 AM	1/10/2021 4:07:03 AM	1/10/2021 4:10:14 AM	1/10/2021 4:16:42 AM	Soldadora 3 9	Falla de alimentador de soldadura de alambre	0.1875
1/10/2021 4:48:42 PM	1/10/2021 4:54:45 PM	1/10/2021 4:54:47 PM	1/10/2021 8:46:33 PM	Soldadora 2 9	No inicia secuencia	3.9647
1/10/2021 5:44:36 AM	1/10/2021 5:45:13 AM	1/10/2021 5:46:00 AM	1/10/2021 5:50:17 AM	Descarga automatica 9	No carga/descarga charolas	0.0951
1/10/2021 6:27:18 AM	1/10/2021 6:27:47 AM	1/10/2021 6:29:12 AM	1/10/2021 6:33:33 AM	Insercion automatica de antena 9	Falla en estacion 2	0.1045
1/10/2021 7:25:56 PM	1/10/2021 7:39:05 PM	1/10/2021 7:41:47 PM	1/10/2021 8:14:42 PM	Insercion automatica de antena 9	Falla en estacion 7	0.8132
1/11/2021 1:05:54 AM	1/11/2021 1:06:44 AM	1/11/2021 1:07:56 AM	1/11/2021 2:01:26 AM	Soldadora 3 9	Falla electrica/Neumatica	0.9259
1/11/2021 11:33:43 PM	1/11/2021 11:36:40 PM	1/11/2021 11:36:47 PM	1/11/2021 11:41:21 PM	Soldadora 2 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	0.1274
1/11/2021 11:34:11 PM	1/11/2021 11:36:42 PM	1/11/2021 11:36:45 PM	1/11/2021 11:41:28 PM	Soldadora 2 9	Insuficiencia de soldadura terminal positiva	0.1222
1/11/2021 12:06:21 PM	1/11/2021 12:07:25 PM	1/11/2021 12:26:35 PM	1/11/2021 12:36:21 PM	Insercion automatica de antena 9	Falla en estacion 3	0.5003
1/11/2021 2:01:43 AM	1/11/2021 2:02:33 AM	1/11/2021 2:08:44 AM	1/11/2021 2:08:52 AM	Soldadora 4 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	0.1195
1/11/2021 2:01:54 AM	1/11/2021 2:02:36 AM	1/11/2021 2:08:41 AM	1/11/2021 3:48:08 AM	Soldadora 4 9	Insuficiencia de soldadura terminal positiva	1.7709
1/11/2021 2:50:16 AM	1/11/2021 2:52:58 AM	1/11/2021 2:53:00 AM	1/11/2021 2:53:20 AM	Descarga automatica 9	No inicia secuencia	0.0516
1/11/2021 3:01:45 PM	1/11/2021 3:10:16 PM	1/11/2021 3:10:22 PM	1/11/2021 3:12:35 PM	Descarga automatica 9	No inicia secuencia	0.1809
1/11/2021 3:45:13 PM	1/11/2021 3:45:50 PM	1/11/2021 3:45:58 PM	1/11/2021 4:33:31 PM	Soldadora 1 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	0.8053

Tabla 3: Base de datos del sistema ANDON por los paros registrados en el área de Mecanica

Job	Codigo	estatus	Empleado	Fecha de evento	Auditado	Fecha de disposicion	Estatus2	Falla	Cantidad
48977268	7006	Scrap	A1068053	23/02/2102:56:00	a1042097	23/02/2104:13:00	Closed	Bent Tag/Leg	13
48977268	6	Scrap	A1068053	23/02/2102:58:00	a1042097	23/02/2104:12:00	Closed	Pos Solder	5
48977268	6569	Scrap	A1068053	23/02/2102:59:00	a1042097	23/02/2104:13:00	Closed	No Read	2
48977268				23/02/2105:41:00	a1053278	23/02/2107:52:00	Closed	Pos Solder	3
48977268				23/02/2105:42:00	a1053278	23/02/2107:53:00	Closed	Bent Tag/Leg	4
48977268	49	Scrap	A1068053	23/02/2105:43:00	a1053278	23/02/2107:53:00	Closed	PCB Damaged	4
48977268	7016	Scrap	A1068053	23/02/2105:44:00	a1053278	23/02/2107:53:00	Closed	Damaged	5
48977268	7004	Scrap	A1068053	23/02/2105:45:00	a1053278	23/02/2107:52:00	Closed	Damaged Enclosure	4
48977268	10	Scrap	A1068053	23/02/2105:46:00	a1053278	23/02/2107:52:00	Closed	ICT	4
48977268	7011	Scrap	A1068053	23/02/2105:47:00	a1053278	23/02/2107:53:00	Closed	No data	1
48977268	7038	Scrap	A1068053	23/02/2105:51:00	a1053278	23/02/2107:52:00	Closed	Laser Weld Fail	1
48977268	8	Scrap	a1031908	23/02/2111:34:00	a1053278	23/02/2112:19:00	Closed	False Vision Fail	1
48977268	127	Scrap	a1031908	23/02/2111:35:00	a1053278	23/02/2112:18:00	Closed	Battery	2
48977268	7002	Scrap	a1031908	23/02/2111:35:00	a1053278	23/02/2112:18:00	Closed	Battery	1
48977268	7018	Scrap	a3057138	23/02/2111:51:00	a1053278	23/02/2112:18:00	Closed	Foreign Object	6
48977269	10	Scrap	A1066553	23/02/2118:46:00	a1033553	23/02/2120:49:00	Closed	ICT	8
48977269	49	Scrap	A1066553	23/02/2118:46:00	a1033553	23/02/2120:49:00	Closed	PCB Damaged	1
48977269	7016	Scrap	A1066553	23/02/2118:47:00	a1033553	23/02/2120:48:00	Closed	Damaged	1
48977269	7038	Scrap	A1066553	23/02/2119:21:00	a1033553	23/02/2120:49:00	Closed	Laser Weld Fail	2
48977269	6623	Scrap	A1066553	23/02/2119:32:00	a1033553	23/02/2120:49:00	Closed	Data	1
48977269	7004	Scrap	A1066553	23/02/2120:25:00	a1042097	24/02/2100:40:00	Closed	Damaged Enclosure	1
48977269	7010	Scrap	A1066553	23/02/2120:55:00	a1042097	24/02/2100:40:00	Closed	Board Not Level	1
48977269	127	Scrap	A1066553	23/02/2121:07:00	a1042097	24/02/2100:40:00	Closed	Battery	3

Tabla 4: Base de datos del sistema clarif-i por la captura de material scrap del área de Mecanical

### **11.3 Análisis de los factores de eficiencia, disponibilidad de equipos y calidad del producto.**

De acuerdo a los datos obtenidos desde el inicio del proyecto e interpretando los factores con bajo porcentaje se estuvo revisando la calidad del producto procesado en esta área de Mecanical, así como la disponibilidad de los equipos y por último la eficiencia de la mano de obra.

Una vez que se capturaba o se obtenía la información de la producción obtenido por turno o por día y restando el material malo que se obtenía durante el proyecto se estimaba que el porcentaje de calidad era en promedio de 99.6% lo que este factor no tenía un problema que afectara el OEE, por lo que la información se tendría que revisar en otro factor.

El factor de disponibilidad de equipos era el segundo en analizar ya que durante el proyecto existían días donde este factor tenía un bajo porcentaje en el OEE que afectaba tener el objetivo de incrementar el OEE, ya que los equipos que se tienen en el área de Mecanical tenían algunas fallas en el funcionamiento y esto afectaba la salida de la

producción programada, los paros prolongados en tiempo afectaban la entrega de la salida del material comprometido con el cliente, Cuando esto ocurría después de un determinado tiempo si el técnico no era capaz de resolver el problema, en 1 hora, se notificaba al ingeniero de procesos para que interviniera y revisara los equipos, después de 2 horas si el Ingeniero de procesos no resolvía el problema, se notifica al supervisor de ingeniería para pedir el soporte o el mismo intervenir los equipos para la solución del problema, cuando el paro se prolongaba con más de 4 horas se notificaba al gerente del negocio para tomar decisiones del soporte técnico especializado en los equipos y por comenzar con la producción retrasada.

La obtención de los datos era diaria, los cuales se capturaban para obtener un análisis del factor que se tenía que bajo porcentaje para de inmediato atacar de manera efectiva la causa de tener un OEE con bajo porcentaje y que podría ser causa de la salida de material fuera lenta o que podría causar la entrega de material a cliente con retraso, lo cual durante el proyecto no se tuvo la experiencia ya que se revisaba diario y se atacaba el factor con bajo porcentaje.

#### **11.4 Medición de OEE al inicio de proyecto**

En el mes de enero del 2021 se inició con la medición de este proyecto, para esta medición se comenzó con obtención de datos de los tiempos de paros en las maquinas, la obtención de la producción de hora por hora y el material malo por día, esto era necesario para el cálculo del OEE para iniciar este proyecto y que tiene como objetivo incrementar este OEE.

Para realizar el cálculo y la medición diaria desde el mes de enero hasta el mes de junio creo un archivo de Excel para la captura de informacion o hacer tablas de resumen y poder colocar la informacion de manera general y poder interpretar cada uno de los factores del OEE como lo es la disponibilidad de los equipos, la eficacia de la mano de obra y la calidad del producto procesado.

La información recopilada y capturada al inicio del proyecto en el archivo que se formuló, se tenía un OEE 56% en promedio que por lo estándares definidos se sabía que es un porcentaje bajo y el objetivo es incrementar este porcentaje.

Day	02-Jan-21	03-Jan-21	04-Jan-21	05-Jan-21	06-Jan-21	07-Jan-21	08-Jan-21	09-Jan-21	10-Jan-21
Availability	61.24%	62.95%	72.95%	91.94%	72.71%	72.87%	74.42%	84.50%	88.37%
Performance	95.90%	82.22%	70.83%	63.84%	79.34%	91.72%	72.63%	91.24%	45.27%
Quality	99.90%	99.84%	99.88%	99.96%	100.00%	99.94%	99.94%	99.93%	99.90%
Goal	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%
OEE	58.67%	51.67%	51.61%	58.66%	57.69%	66.79%	54.02%	77.04%	39.97%

Availability	Availability Time (Min)	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290
	Down Time ( Min )	500	478	349	104	352	350	330	200
Performance	Processed Units	18183	16023	15996	18170	17861	20692	16734	23868
	Goal	18960.0	19488.0	22584.0	28464.0	22512.0	22560.0	23040.0	26160.0
Quality	Good units	18165	15997	15977	18162	17861	20679	16724	23852
	Failed Units	18	26	19	8	0	13	10	16

Tabla 5: Datos de los factores de Disponibilidad, eficacia y calidad del OEE a inicio del proyecto.

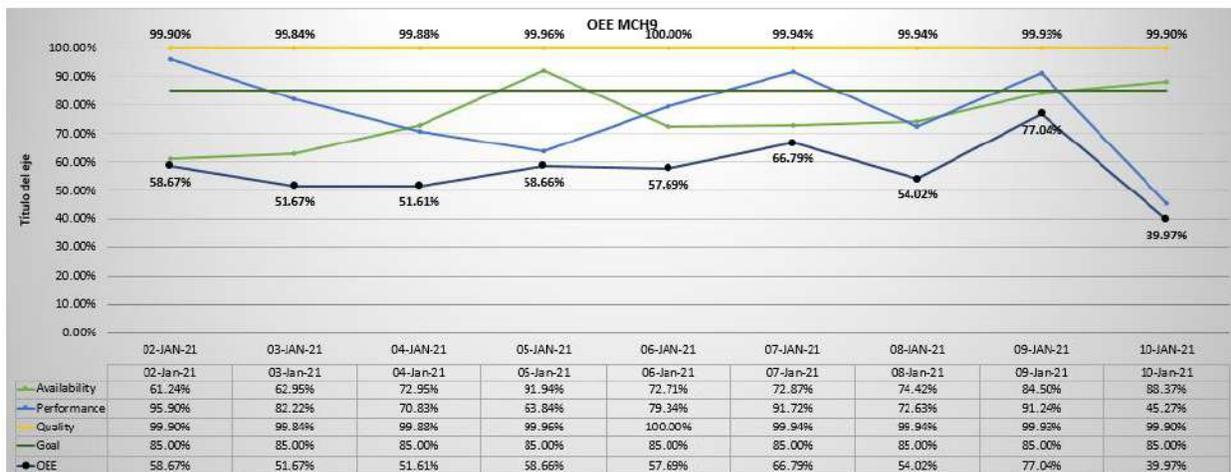


Ilustración 20: Grafica con tabla de datos del OEE a inicio del proyecto

### **11.5 Análisis de medición de eficacia (rendimiento)**

El análisis de la medición de eficacia se llevó a cabo observando el proceso de producción y tomando en cuenta que los operadores minimizaban el ritmo de la producción en algunas de las ocasiones que se revisó el periodo del proyecto, existió rotación de personal que también ocasionaba lentitud del ritmo por la capacitación de cada empleado como nuevo ingreso, la salidas al baño, al comer, los cambios de turno, el colocar incorrectamente algunas de las piezas en los pallets donde circulan las piezas y dichos pallets pasan por las operaciones de inspección automática e impedía que el flujo de los demás pallets pasara por el tiempo que ya estaba estipulado, esto hace que el tiempo estimado para la salida de material pronosticado, no llegue a la meta deseada, en la base de datos y en las gráficas observaran esta informa con el nombre de performance, en donde casi todo el tiempo del proyecto era el principal factores que presentaba el bajo porcentaje por los diferentes elementos mencionados.

El no tener la materia prima en las operaciones para continuar con el proceso de producción debido a la llegada tardía de los materiales por parte del área de kiteo o del almacén o del mismo proveedor, también era un indicador de algunas ocasiones que provocaba el bajo porcentaje de eficiencia ya que al no tener material no se puede sacar la producción en tiempo, ya que la disponibilidad de los equipos y la producción de las piezas buenas y malas no eran factores de bajo porcentaje del OEE.

Otro de los factores que afecto el desempeño durante el periodo del proyecto fue la falta de charola para colocar el material procesado como subensamble, ya que solo se tiene un stock de 200 charolas, las cuales en determinado momento se quedaban con material en las operaciones finales y eso hacía que en la operación de Mecanical se quedaran sin estas charolas y no se podía procesar material.

Performance	Processed Units	24148	19174	26038	20339	25347	23256	24483	19198
	Goal	27720.0	26640.0	26640.0	28320.0	28317.4	28192.8	28339.7	25743.1

Tabla 6: Base datos del rendimiento diario de producción.

### **11.6 Análisis de medición de la disponibilidad de los equipos.**

El análisis de la medición de la disponibilidad de los equipos se llevó a cabo utilizando el metodología de MTBF Y MTTR, ya que como se describió con anterioridad esta metodología nos sirvió para medir los tiempos de los paros en las operaciones y que provocaban que la meta diaria pronosticada no se cumpliera, también esta metodología nos indicaba la frecuencia de los paros generados y que impactan la salida de material, en los datos obtenidos en las gráficas se llevó a cabo los paros de las maquinas diarios, los cuales indicaban la disminución del OEE en algunos días ya que algunas operaciones tenía paros muy prolongados, observaron en las base de datos la columna nombrada como downtime y en las gráficas de OEE observaron la disponibilidad de los equipos nombrada como Availability.



Ilustración 21: Sistema power BI del ANDON para indicar los paros en las operaciones

### **11.7 Análisis de medición de la calidad del producto procesado.**

El análisis de la medición de la calidad del producto, se midió de las piezas procesadas durante el turno o el día, se restaban las piezas malas que no cumplen con las especificaciones del cliente, estas piezas se mandan al scrap, al material que no puede

ser procesado a las siguientes operaciones y son piezas de perdida para la operación, lo cual el porcentaje no era bajo ya que de acuerdo a la información que se obtenía, el promedio de esta medición era del 96%.



Ilustración 22: Graficas del material con falla de laser Weld y minimizar tirar material.

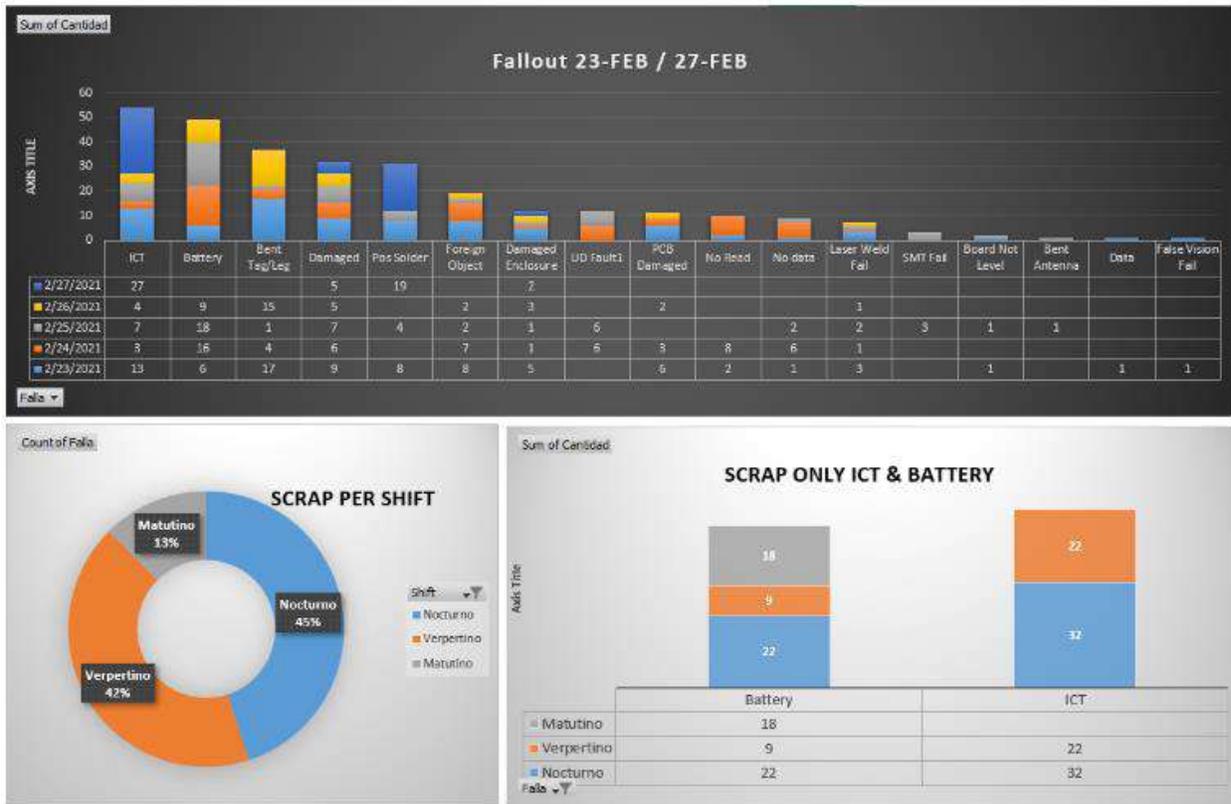


Ilustración 23: Grafica después de minimizar las fallas de laser Weld.

**11.8 Formulación de archivo estadístico para la medición del OEE y analizar los factores de prioridad para incrementar el OEE.**

Para la creación del archivo y la fórmula para obtener el OEE que se tenía en la línea, con el soporte de mi asesores externos, él me estuvo indicando como debe ser el cálculo de cada factor, además de consultar en internet la fórmula del OEE que después de obtener los datos principales, fuimos construyendo el archivo con la información necesaria; la información obtenida para la formulación se obtenía de las bases de datos de nuestro sistema llamado Clarifi, el cual demuestra la información de cada pieza que paso por cada una de las operaciones, si estas fueron correctamente ensambladas y probadas de acuerdo a las funciones de cada operación, la base de datos nos mostraba la fecha y hora en que se procesó cada pieza, con ello se hacían tablas dinámicas y hacer el resumen final de cuanto material fue procesado por hora, tomando en cuenta el material malo y los paros en las operaciones.

Hora	Fecha	Meta UPH	Producción REAL	Pieza buenas
21:00 - 22:00	09-mar	1440	1300	1268
22:00 - 22:30	09-mar	720	300	300
22:30 - 23:00	10-mar	480	480	480
23:00 - 00:00	10-mar	1440	620	620
00:00 - 01:00	10-mar	1440	430	430
01:00 - 02:00	10-mar	480	130	130
02:00 - 03:00	10-mar	1440	1010	1006
03:00 - 04:00	10-mar	1440	1150	1150
04:00 - 5:00	10-mar	1440	1265	1265
5:00 - 6:00	10-mar	1440	1010	992
6:00 - 7:00	10-mar	1200	1040	1040
7:00 - 8:00	10-mar	1440	1210	1210
8:00 - 9:00	10-mar	480	480	480
9:00 - 10:00	10-mar	1440	1240	1240
10:00 - 11:00	10-mar	1440	1080	1080
11:00 - 12:00	10-mar	1440	1054	1054
12:00 - 13:00	10-mar	1440	906	906
13:00 - 14:00	10-mar	1440	1350	1338
14:00 - 14:30	10-mar	720	300	299
14:30 - 15:00	10-mar	480	480	480
15:00 - 16:00	10-mar	1440	1140	1140
16:00 - 17:00	10-mar	1440	1440	1440
17:00 - 18:00	10-mar	480	480	480
18:00 - 19:00	10-mar	1440	1440	1437
19:00 - 20:00	10-mar	1440	1440	1440
20:00 - 21:00	10-mar	1440	1220	1220
21:00 - 22:00	10-mar	1440	1200	1200
22:00 - 22:30	10-mar	720	220	215

Tabla 7: Base de datos para obtener producción hora por hora en la operación de Mecanica

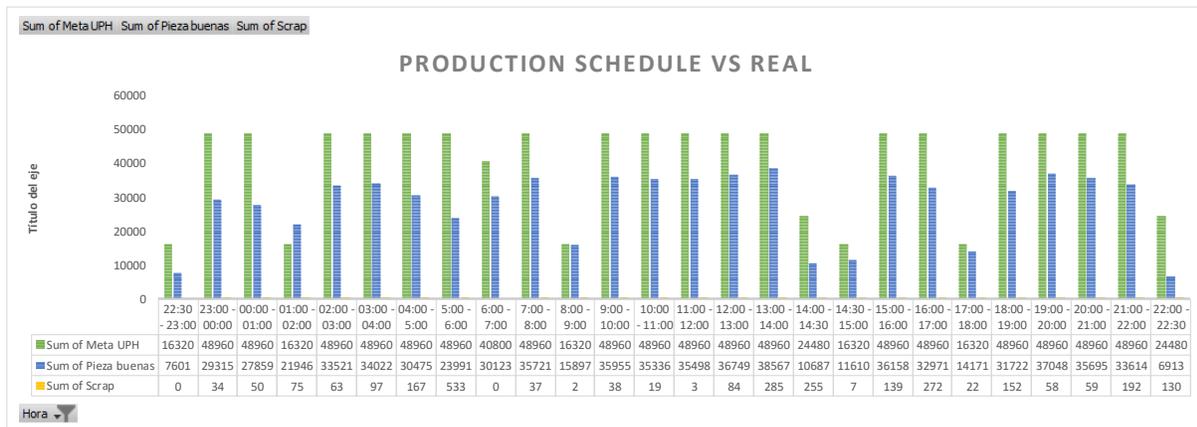


Ilustración 24: Grafica de la base de datos de producción real contra la producción de meta

Job	Codigo	estatus	Empleado	Fecha de evento	Auditado	Estatus2	Falla	Cantidad	Shift
49078445	7038	Scrap	A1070264	27/03/21 18:53:00	a1032882	Closed	Laser Weld Fail	2	Verpertino
49078446	6	Scrap	A1068636	28/03/21 04:45:00	a1053278	Closed	Pos Solder	2	Nocturno
49078446			A1068636	28/03/21 04:46:00	a1053278	Closed	ICT	1	Nocturno
49078446	6569	Scrap	A1068636	28/03/21 04:47:00	a1053278	Closed	No Read	1	Nocturno
49078446	7010	Scrap	A1068636	28/03/21 04:47:00	a1053278	Closed	Board Not Level	2	Nocturno
49078446			A1068636	28/03/21 04:48:00	a1053278	Closed	UD Fault1	4	Nocturno
49078446	8	Scrap	A1068636	28/03/21 05:32:00	a1055872	Closed	False Vision Fail	1	Nocturno
49078446				28/03/21 05:32:00	a1055872	Closed	UD Fault1	3	Nocturno
49078446				28/03/21 05:34:00	a1055872	Closed	Board Not Level	1	Nocturno
49078446	10	Scrap	a1040492	28/03/21 07:56:00	a1055872	Closed	ICT	4	Matutino
49078446	7018	Scrap	a1040492	28/03/21 07:58:00	a1055872	Closed	Foreign Object	1	Matutino
49078446	6501	Scrap	a1040492	28/03/21 08:00:00	a1055872	Closed	UD Fault1	2	Matutino
49113462	6501	Scrap	a1040492	28/03/21 14:15:00	a1032882	Closed	UD Fault1	2	Matutino
49113462	7016	Scrap	a1040492	28/03/21 14:16:00	a1032882	Closed	Damaged	1	Matutino
49113462	7053	Scrap	a1040492	28/03/21 14:17:00	a1032882	Closed	Damaged	1	Matutino
49113462			A1070264	28/03/21 18:03:00	a1032882	Closed	Damaged	1	Verpertino
49113462	7048	Scrap	A1070264	28/03/21 18:03:00	a1032882	Closed	Bent Tag/Leg	1	Verpertino
49113462	10	Scrap	A1070264	28/03/21 21:37:00	a1053278	Closed	ICT	4	Verpertino
49113462	7038	Scrap	A1070264	28/03/21 21:37:00	a1053278	Closed	Laser Weld Fail	2	Verpertino
49113462	7011	Scrap	A1070264	28/03/21 21:38:00	a1053278	Closed	No data	2	Verpertino
49113462	7019	Scrap	A1070264	28/03/21 21:39:00	a1053278	Closed	Tag Fail	1	Verpertino
49113463	7004	Scrap	A1065879	29/03/21 05:38:00	a1055872	Closed	Damaged Enclosure	5	Nocturno
49113463	7016	Scrap	A1065879	29/03/21 05:39:00	a1055872	Closed	Damaged	1	Nocturno
49113463	127	Scrap	A1065879	29/03/21 05:40:00	a1055872	Closed	Battery	2	Nocturno
49113463	7018	Scrap	A1065879	29/03/21 05:42:00	a1055872	Closed	Foreign Object	1	Nocturno

Tabla 8: Base de datos del sistema para obtención de material malo



Ilustración 25: Grafica 1 de la base de datos de material malo



Ilustración 26: Grafica 2 de la base de datos de material malo

FECHA	H_Ini_Accion	H_Fin_Accion	ESTACION	FALLA	Down_Ti	Shift
3/28/2021 1:48:16 PM	3/28/2021 1:48:45 PM	3/28/2021 1:49:41 PM	Insercion automatica de antena 9	Falla en estacion 7	0.024	Matutino
3/28/2021 10:34:53 AM	3/28/2021 10:47:49 AM	3/29/2021 2:41:24 AM	Falta de material 9	Falta de Charolas(totes)	16.1031	Matutino
3/28/2021 10:42:40 PM	3/28/2021 10:49:39 PM	3/28/2021 10:49:52 PM	Insercion automatica de antena 9	No Libera Pallet	0.1202	Verpertina
3/28/2021 10:42:48 AM	3/28/2021 10:47:52 AM	3/28/2021 11:14:41 AM	Reparacion 9	Cambio de punta de cautin	0.5317	Matutino
3/28/2021 10:53:31 PM	3/28/2021 10:54:33 PM	3/28/2021 11:02:49 PM	Descarga automatica 9	Choque de robot	0.1553	Verpertina
3/28/2021 11:38:57 AM	3/28/2021 11:52:37 AM	3/28/2021 12:13:42 PM	Soldadora 2 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	0.5796	Matutino
3/28/2021 11:39:08 AM	3/28/2021 11:52:16 AM	3/28/2021 12:12:51 PM	Soldadora 2 9	Insuficiencia de soldadura en antena	0.5622	Matutino
3/28/2021 11:50:07 PM	3/28/2021 11:52:29 PM	3/29/2021 12:24:18 AM	Soldadora 4 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	0.57	Nocturno
3/28/2021 11:50:27 PM	3/28/2021 11:52:24 PM	3/29/2021 1:02:34 AM	Soldadora 1 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	1.2021	Nocturno
3/28/2021 12:29:41 AM	3/28/2021 12:30:11 AM	3/28/2021 12:30:18 AM	Soldadora 3 9	Insuficiencia de soldadura en antena	0.0106	Nocturno
3/28/2021 2:42:09 AM	3/28/2021 2:42:15 AM	3/28/2021 2:57:55 AM	Soldadora 5 9	Cambio de punta de cautin	0.2631	Nocturno
3/28/2021 3:49:35 PM	3/28/2021 3:58:06 PM	3/28/2021 3:58:17 PM	Soldadora 1 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	0.1452	Verpertina
3/28/2021 4:00:01 PM	3/28/2021 4:35:36 PM	3/29/2021 2:41:38 AM	Falta de material 9	Falta de Charolas(totes)	10.6939	Verpertina
3/28/2021 4:10:03 PM	3/28/2021 4:13:55 PM	3/28/2021 4:30:17 PM	Reparacion 9	Cambio de cepillo	0.3375	Verpertina
3/28/2021 4:33:04 AM	3/28/2021 4:33:27 AM	3/28/2021 4:33:34 AM	Soldadora 3 9	Insuficiencia de soldadura terminal negativa	0.0085	Nocturno
3/28/2021 5:25:06 AM	3/28/2021 5:26:18 AM	3/28/2021 6:54:35 AM	Escaneo 100% 9	No inicia Clarifi	1.4916	Nocturno
3/28/2021 5:27:48 AM	3/28/2021 5:29:33 AM	3/28/2021 6:03:07 AM	Soldadora 4 9	Cambio de punta de cautin	0.589	Nocturno
3/28/2021 6:51:01 AM	3/28/2021 6:54:14 AM	3/28/2021 6:54:22 AM	Inspeccion de enclosure 9	Falsos rechazos	0.0565	Matutino
3/28/2021 7:11:37 AM	3/28/2021 7:24:33 AM	3/28/2021 7:24:42 AM	Soldadora 4 9	Falla de alimentador de soldadura de alambre	0.2185	Matutino

Tabla 9: Base de datos del sistema ANDON para contabilizar el tiempo de paro de cada operación.

Sum of Down_Ti			Month: 3					Month: FALLA (All)				
Day	Hour	Total	Hora	Total de minutos menos los minutos de paro acumulados	Minutos de paro acumulado entre los minutos programados en una hora de todas las estaciones	Minutos de paro reales por paro en algunas estaciones	Hora	Minutos de paro	ESTACION	Total	Hour	Minutos de paro reales otras operaciones MD
7	0	0.61	0	36.678	263.322	0.12226	0	7.3036	Inspeccion de enroluse 3	0.05	0	3.458
	2	0.17	2	10.452	289.548	0.03484	2	2.0904	Inspeccion de enroluse 3	0.07	2	4.002
	8	0.13	8	7.83	292.17	0.0257	8	1.584	Inspeccion de PCB y cambio de ECT 3	1.02	5	610.32
	10	0.08	10	5.202	294.788	0.01734	10	1.0404	Descharge automatica 3	0.07	11	4.448
	13	1.88	13	113.148	186.852	0.37716	13	22.6236		1.18	22	88.724
	22	1.72	22	103.178	196.824	0.34292	22	20.6752		2.4	0	111.672
	23	0.91	23	54.402	245.588	0.11154	23	10.8004			0	0
Grand		5.5	0	330.888	-30.888	1.10236	0	66.1776			0	0
			0	0	300	0	0	0			0	0
			0	0	300	0	0	0			0	0

Tabla 10: Tabla dinámica para obtención de paros diarios de la base de datos ANDON

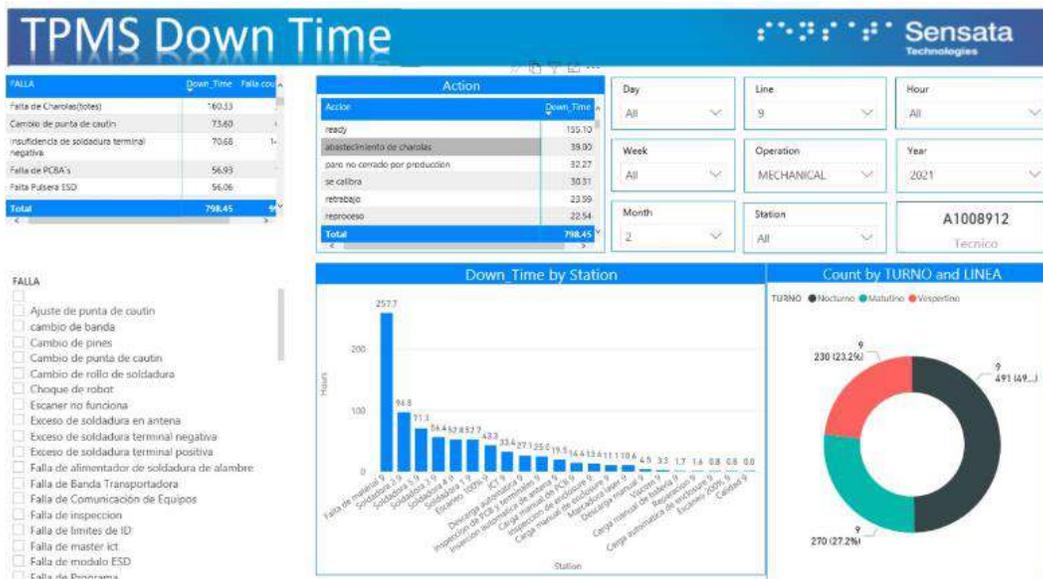


Ilustración 27: Interpretación grafica de sistema Power BI de los paros generados en sistema ANDON

Day	02-Jan-21	03-Jan-21	04-Jan-21	05-Jan-21	06-Jan-21	07-Jan-21	08-Jan-21	09-Jan-21	10-Jan-21
Availability	61.24%	62.95%	72.95%	91.94%	72.71%	72.87%	74.42%	84.50%	88.37%
Performance	95.90%	82.22%	70.83%	63.84%	79.34%	91.72%	72.63%	91.24%	45.27%
Quality	99.90%	99.84%	99.88%	99.96%	100.00%	99.94%	99.94%	99.93%	99.90%
Goal	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%
OEE	58.67%	51.67%	51.61%	58.66%	57.69%	66.79%	54.02%	77.04%	39.97%

Availability	Availability Time (Min)	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290
	Down Time ( Min )	500	478	349	104	352	350	330	200
Performance	Processed Units	18183	16023	15996	18170	17861	20692	16734	23868
	Planned Units-Down Time	18960.0	19488.0	22584.0	28464.0	22512.0	22560.0	23040.0	26160.0
Quality	Good units	18165	15997	15977	18162	17861	20679	16724	23852
	Failed Units	18	26	19	8	0	13	10	16

Tabla 11: Tabla con base de datos y fórmulas para sacar el OEE.

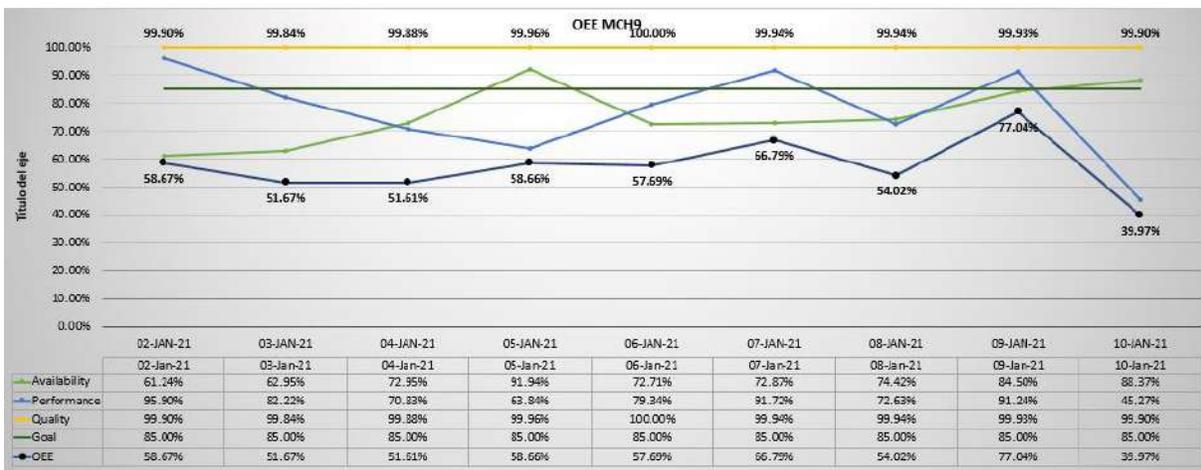
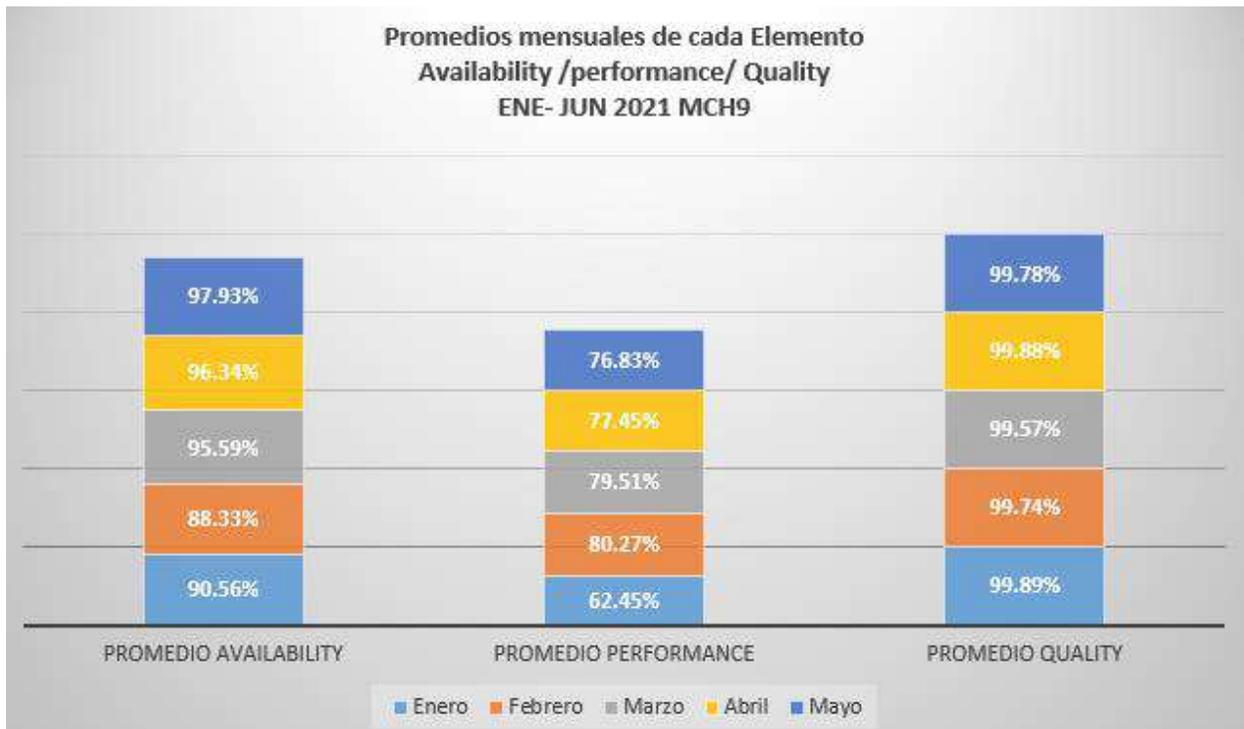


Ilustración 28: Grafica de la base de datos de las fórmulas de OEE.

### **11.9 Graficas de la tendencia del incremento del OEE durante la duración del proyecto.**

Se muestra las graficas con la tendencia del incremento del OEE como se puso como objetivo a inicio del proyecto, esta informacion nos permitio tomar decisiones inmediatas e irnos directamente al problema que en su momento estaba afectando la salida de material, se tenía un ritmo de trabajo no era el adecuado y que hacia que la productividad

se atrasara, además existía personal de nuevo ingreso en operaciones críticas, también se revisó que no se existían suficientes charolas para colocar el material procesado en la operación de MCH por los paros en otras operaciones alternas. El grupo de MRB solicito en 2 ocasiones los documentos temporales para solicitar el dejar el material procesado en estas operaciones alternas en contenedores a granel y no en charolas como es su flujo de material normal, con esto impulso a no tener faltante de charola en el área de MCH9 para seguir procesando material.



*Ilustración 29: Graficas individuales de los elementos del OEE*

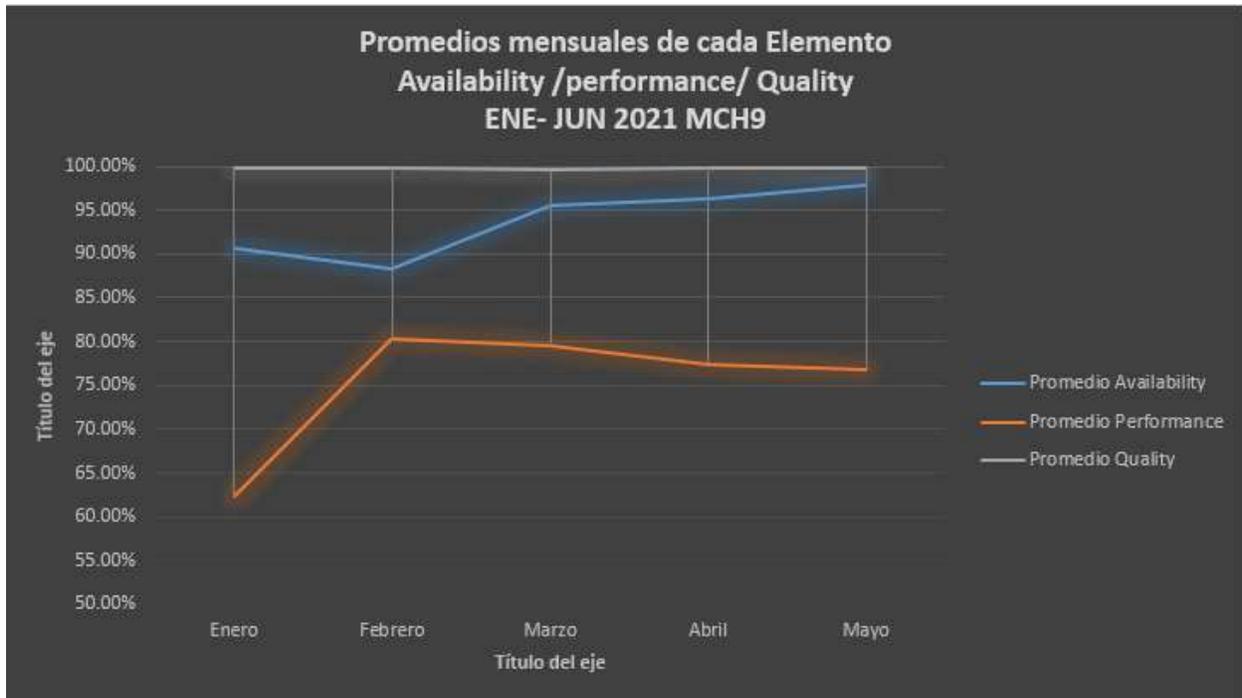


Ilustración 30: Grafica línea de tendencia de incremento de los elementos individuales del OEE

### **11.9 Cronograma de actividades**

Actividades	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES EMPRESA – ALUMNO						
ANALIZAR DATOS PARA BUSCAR EL FACTOR PARA INCREMENTO DE OEE						
MONITOREO Y EJECUCION PARA INCREMENTO DE OEE						
MONITOREO Y DISCIPLINA PARA MANTENER EL INCREMENTO DE OEE						
TERMINO DE PROYECTO Y ENTREGA DE DOCUMENTACION						

Ilustración 31: Cronograma

## **CAPÍTULO 5: RESULTADOS**

### **12. RESULTADOS**

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos del proyecto, los cuales especifican el incremento del OEE como era el objetivo de este proyecto y que muestran que usando y llevando a cabo las metodologías existentes, se puede llegar al objetivo

deseado, considerando que se debe tener el tiempo y la información necesaria para llevar a cabo los resultados que uno se pone como objetivo.



Ilustración 32: Grafica de resultados de OEE mensual durante el proyecto

### **12.1 Base de datos digital para el monitoreo diario del OEE**

La base de datos que se creó para obtener el OEE diario y así poder tomar las decisiones a tiempo para poder ser eficientes y resolver los problemas de inmediato, fue el factor importante para saber si estaba incrementando o no el OEE como se han pronosticado como objetivo principal.

El interpretar los datos y las gráficas, nos ayudaron a resolver los problemas que se tenían en el área oportunamente, para tomar decisiones inmediatas y seguir impactando la salida de material y entrega impuntual al cliente.

La base de datos del sistema Clarifi, con el sistema ANDON y también el software llamado POWER BI fueron los indicadores principales para alimentar día con día este

archivo creado para el monitoreo del OEE diario, este archivo diseñado por el Ing. Edgar Iván Santamaría y el alumno Cesar Hilario Alvizo Rodriguez, nos permitía saber cuál factor era el problema que pudo haber causado que no se cumpliera el objetivo del día anterior y se investigaba la causa principal para que no volviera a ocurrir.

Las siguientes graficas muestran los resultados mensuales obtenidos de cada elemento que conforma el OEE, esta informacion nos muestra el resultado individual donde nos indicó una tendencia de mejor en 1 de los factores. En la gráfica lineal el promedio mensual sobresaliente es el performance, ya que de tener en enero un 65.45% de promedio se mantuvo arriba de 75% en los siguientes meses.

Los factores que se analizaron y que nos ayudaron a que el este elemento tuviera un incremento y se mantuviera en el promedio fue el estar con cada persona de las operaciones, revisando los tiempos de productividad establecidos, ya que al inicio del proyecto, se observó que el ritmo de trabajo no era el óptimo deseado, existía personal en proceso de certificación en operaciones críticas, no se tenían las suficientes charolas para colocar el material procesado en la operación de MCH por lo paros en otras operaciones alternas. Se emitieron en 2 ocasiones documentos temporales para solicitar el dejar el material procesado en estas operaciones alternas en contenedores a granel y no en charolas como es su flujo de material normal, con esto impulso a no tener faltante de charola en el área de MCH9 para seguir procesando material.

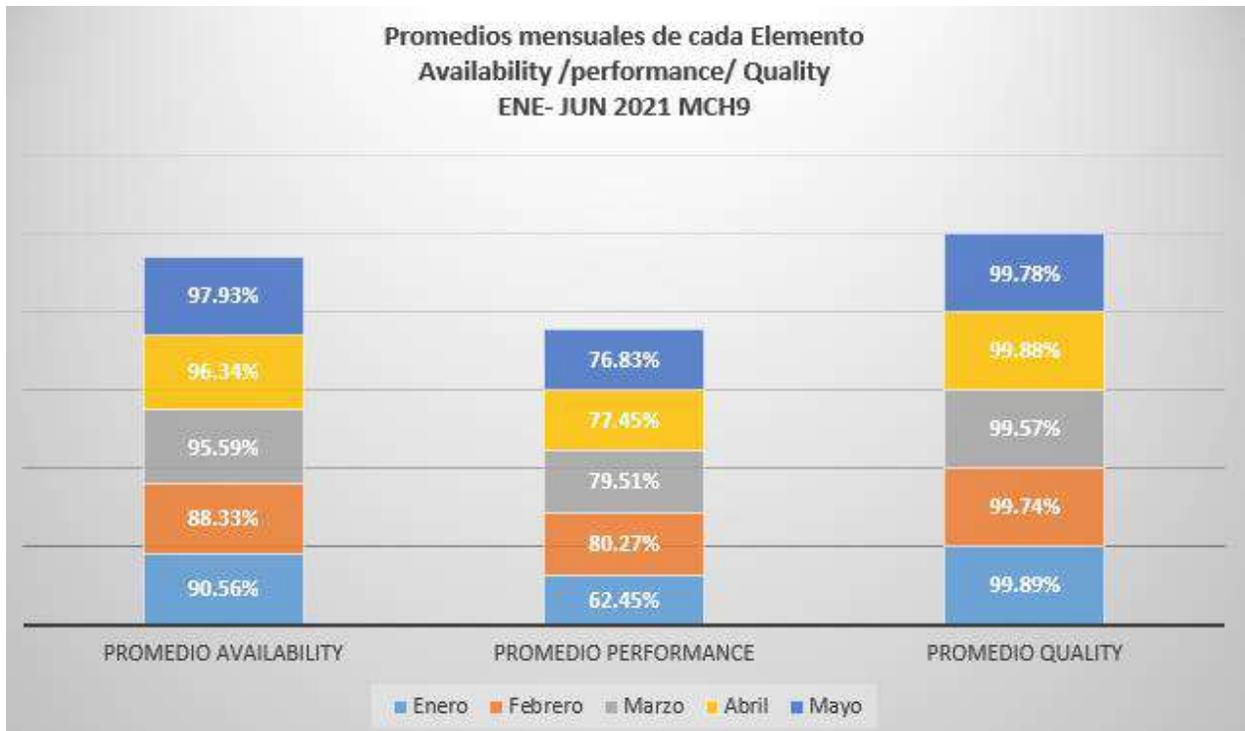


Ilustración 33: Graficas individuales de los elementos del OEE

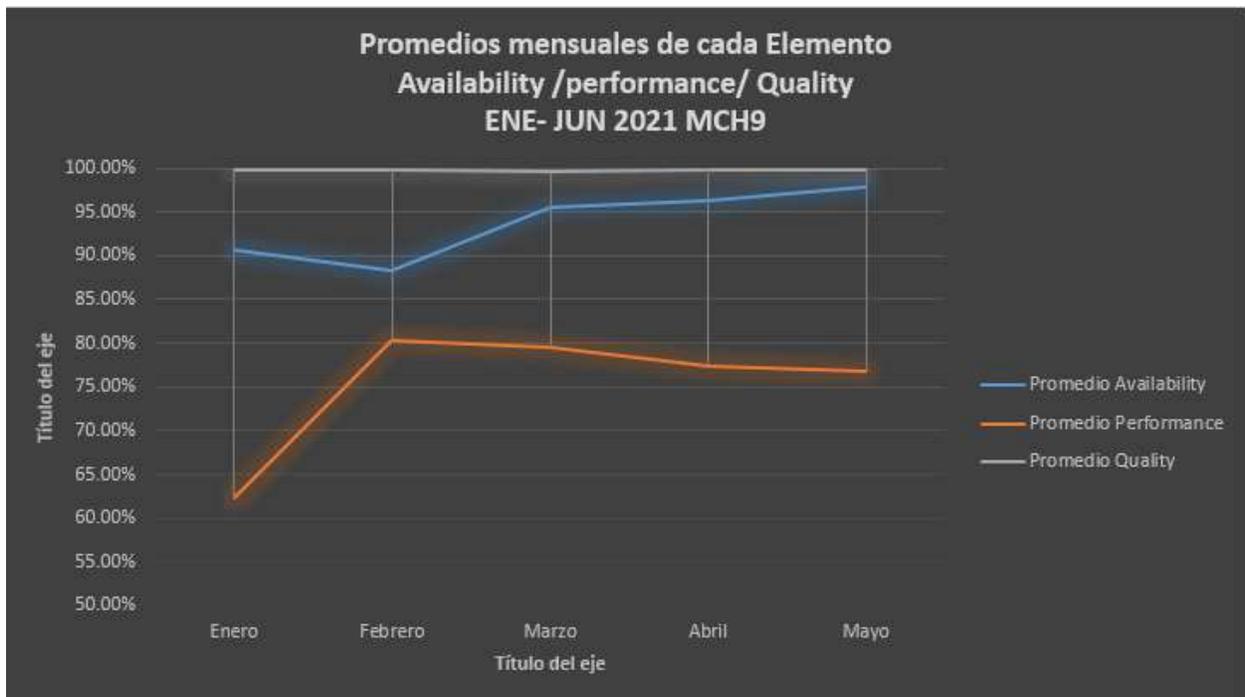


Ilustración 34: Grafica línea de tendencia de incremento de los elementos individuales del OEE

A continuación, se muestra la base de datos principal de OEE y de donde se obtuvo la información:

Day	23-Feb-21	24-Feb-21	25-Feb-21	26-Feb-21	27-Feb-21	28-Feb-21	01-Mar-21	02-Mar-21	03-Mar-21	04-Mar-21	05-Mar-21	06-Mar-21	07-Mar-21	08-Mar-21	
Goal	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	
OEE	77.74%	61.73%	83.92%	65.56%	81.62%	75.01%	78.87%	61.89%	60.36%	73.08%	79.81%	76.92%	80.35%	79.15%	
Availability	Availability Time (Min)	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	
	Down Time (Min)	135	180	180	110	110.11	115.3	109.18	217.37	59.64	222.37	226.73	222.88	132.04	104.03
Performance	Processed Units	24148	19174	26038	20339	25347	23256	24483	19198	18730	22794	24746	23888	24378	24693
	Planned Units-Down Time	27120.0	26640.0	26640.0	28320.0	28317.4	28192.8	28339.7	25743.1	29528.6	25623.1	25518.5	25610.9	27791.0	28463.3
Quality	Good units	24069	19113	25383	20298	25271	23223	24419	19161	18686	22626	24710	23815	24876	24505
	Failed Units	79	61	55	41	76	33	64	37	44	168	36	73	102	188

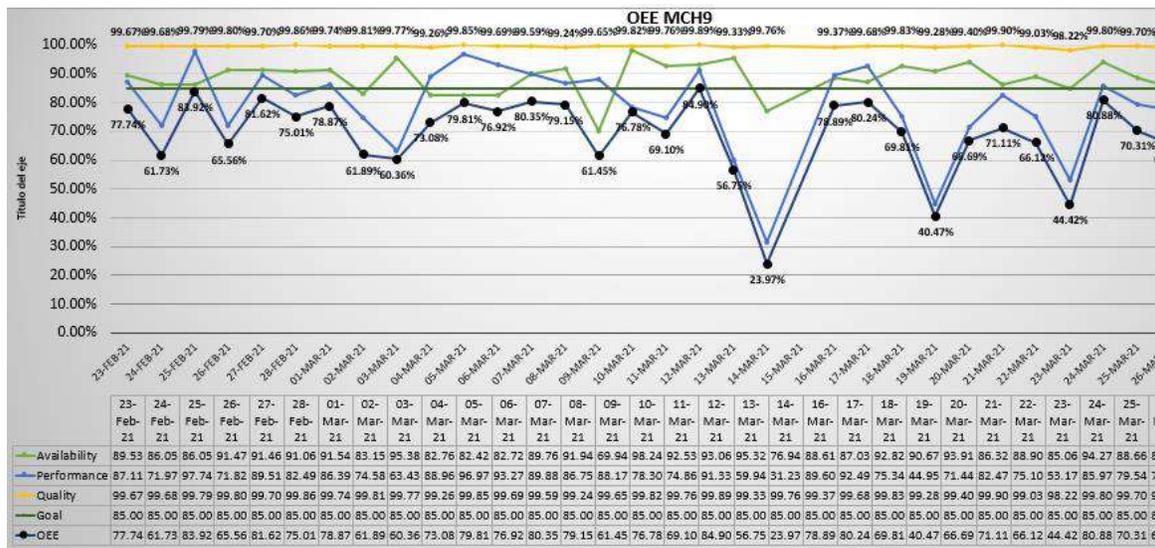


Ilustración 35: Medición de material con fallas para mejorar el yield de producción

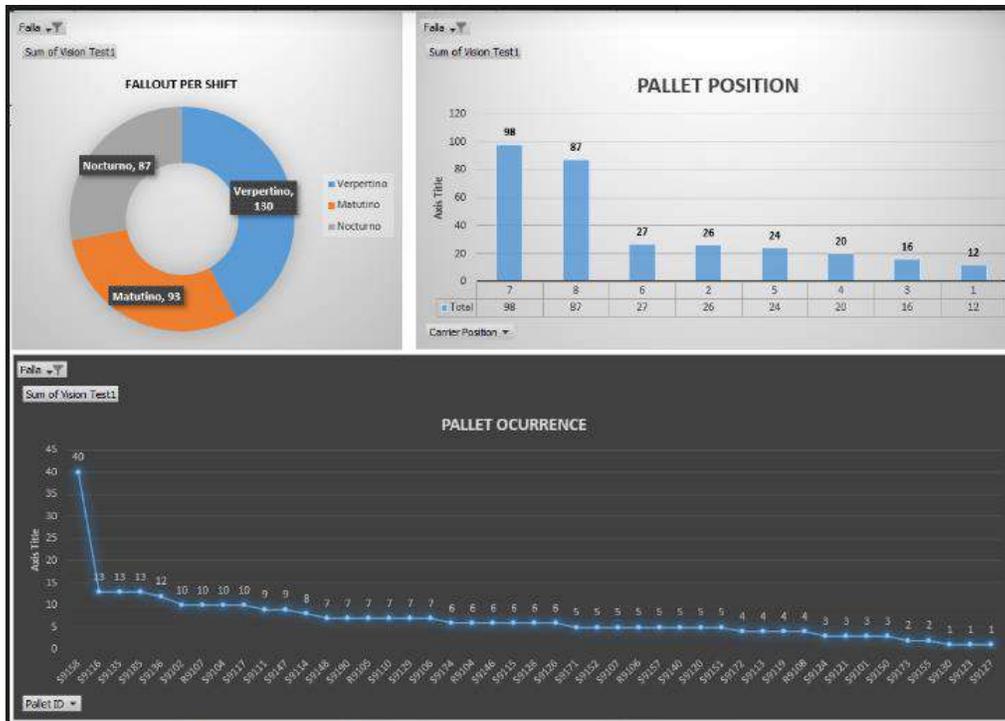


Ilustración 36: Grafica para determinar las fallas y ocurrencia en los pallets

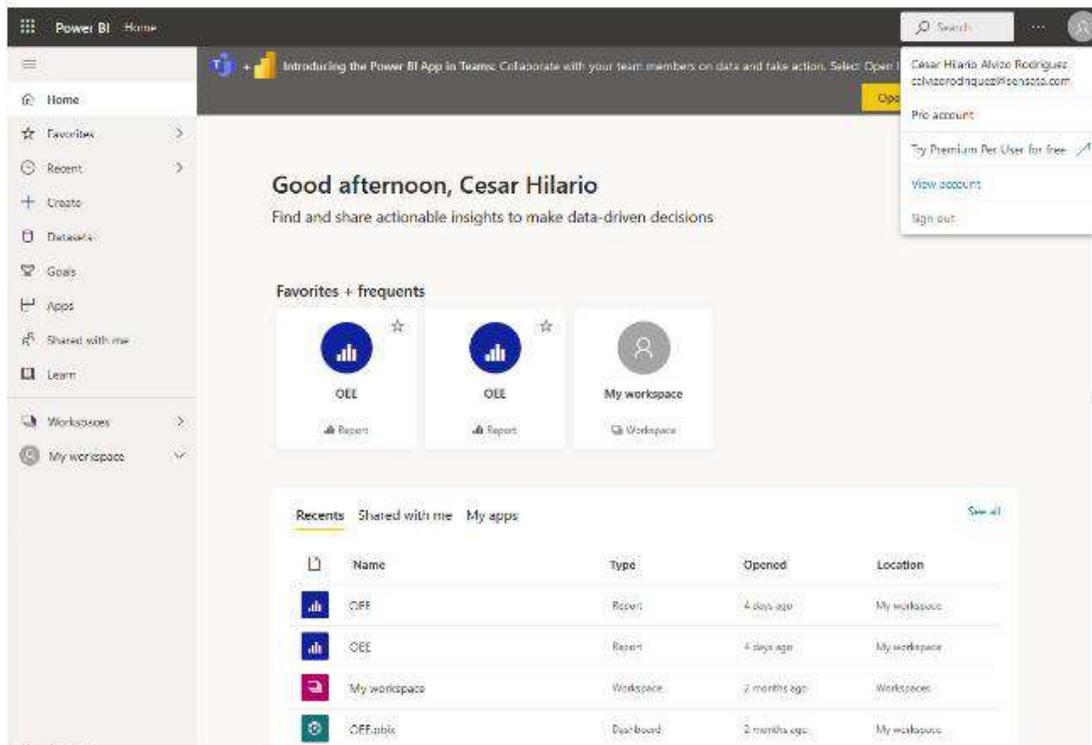


Ilustración 37: Sistema power BI

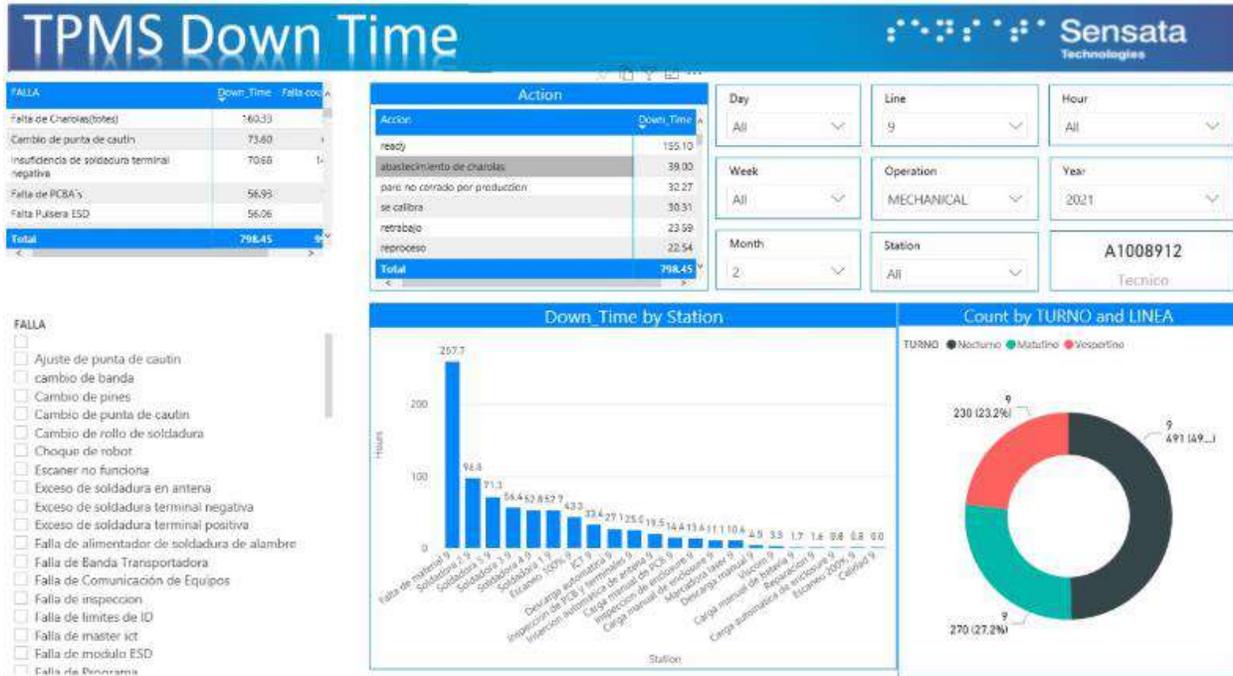


Ilustración 38: Grafica con base de datos ANDON para revisar los paros registrados de las operaciones

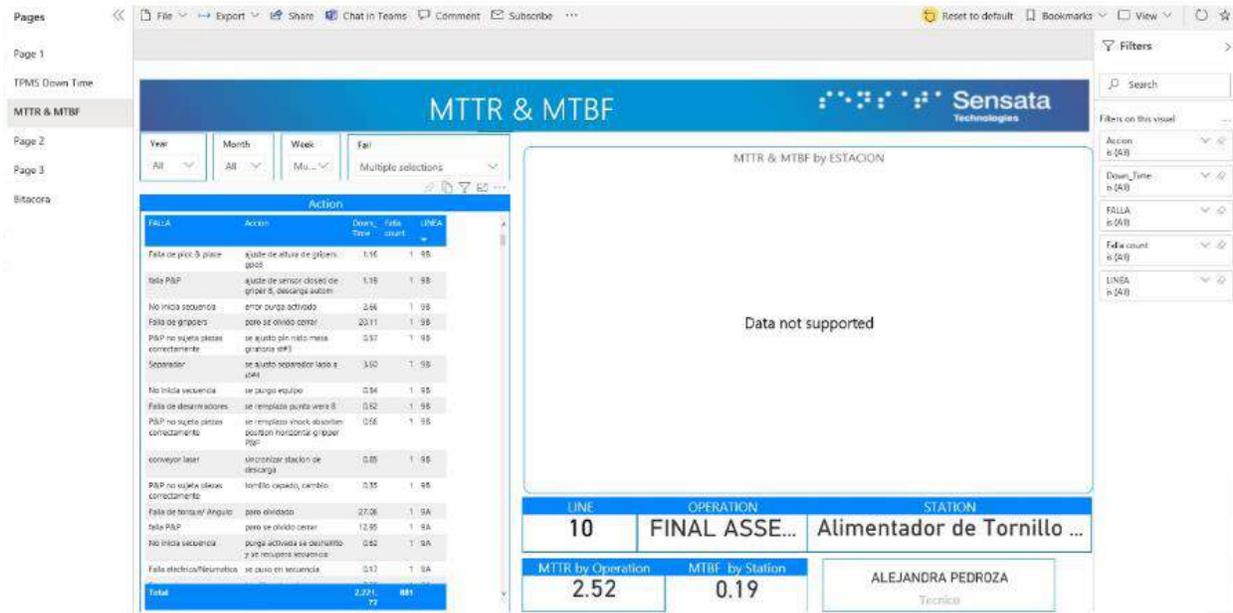


Ilustración 39: Grafica con base de datos ANDON para revisar los MTRR y MTBF

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES**

### **13. CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

En toda empresa existe un proceso de producción de algún producto a beneficio de la sociedad y las exigencias cada vez son mayores, ya que todos nos hemos vuelto consumidores de cada producto novedoso o clásico para satisfacer nuestras necesidades, es por ello que las metodologías en las industrias con más comunes para el cumplimiento de las metas u objetivos propuestos hacia el cliente final.

Cuando una empresa inicia con la elaboración de su producto, existe un tiempo determinado para cada proceso de producción para el subensamble de los componentes o ensamble completo del producto y para sacar el tiempo estimado de cada proceso el Ingeniero encargado de la línea de producción tiene el conocimiento profesional para investigar el tiempo de movimiento y colocación de cada pieza del proceso o tiempo de traslado del material de una operación a otra, esta actividad debe estar descrita en la documentación de cada operación, para que se demuestre el tiempo que el operador debe llevarse en realizar sus actividades.

Cuando existe un contrato con algún cliente, se muestra el tiempo de producción y salida de material por hora, por turno y por día, para que se calcule la entrega de material en la demanda que solicitaría el cliente, ya que el cliente tiene su programación de las unidades vendidas a futuro y se debe cumplir con las metas solicitadas.

Es por ello que cuando el tiempo determinado del proceso de producción no se cumple y de acuerdo a las metas de entrega de producción van en disminución, se debe tomar en cuenta la metodología OEE (Overall Equipment Effectiveness), que de acuerdo a su estudio es la metodología que se encarga de revisar el porcentaje de efectividad de un proceso de producción, considerando 3 factores elementales que son: la calidad del producto (Yield), la disponibilidad (funcionamiento de los equipos), y el rendimiento (el desempeño del personal). La calidad se mide de las piezas buenas en un día entre las piezas procesadas en el día, la disponibilidad se mide del tiempo productivo entre el

tiempo disponible real de los equipos y el rendimiento se mide de la producción real entre la capacidad productiva; estos 3 valores se multiplican y el resultado obtenido es el OEE obtenido del proceso y de acuerdo al porcentaje de cada uno de estos factores, se llevará la revisión y análisis que está afectando para tener un OEE bajo en el proceso; el porcentaje de aceptación de un OEE en un proceso de producción debe ser de 75% a 85%, si existe un porcentaje de OEE en 75% a 65% es pasable pero si la tendencia trimestral va mejorando y si el OEE es menor a 65% es inaceptable y se necesita un enfoque y el análisis de que factor está fallando, para poner atención y solucionar el problema de raíz.

Cuando se inició el proyecto en la empresa Sensata Technologies de México en el negocio de TPMS en el área de Mecanical de línea 9 con apoyo del Ing. Edgar Iván Santamaría, me explico los datos en los que estaríamos trabajando, así como los diferentes conceptos que estaría trabajando y analizando para descubrir cuál era el problema que se tenía en la actualidad al inicio del proyecto y que hacía que el OEE fuera de 56% y que el flujo de material para la entrega diaria de embarque de material no se estuviera cumpliendo. Indicando de donde se podría obtener la información y observando la línea de producción en cada uno de los procesos de producción para medir el tiempo de cada operación, el tiempo de traslado de material de una área a otra, el tiempo de entrega de material prima, los tiempos de paros en las estaciones, la frecuencia de paros en las estaciones que estaban parando el flujo del material, fueron estudiados para dar soluciones a estos problemas; de acuerdo a los datos obtenidos existía un problema principal en esta área que el paro de producción era constante y el solucionar este problema solo era de tiempo en compra de consumibles, el problema que se tiene en esta operación es la base donde se coloca el material procesado al cual se le llama charola, la cual tiene cavidades para colocar 90 piezas, pero que solo se tienen en existencia 300 piezas desde el área de Mecanical y las siguientes 3 operaciones, que al tener algún problema en la siguiente operación y el paro se prolonga y las 300 charolas se quedan con material en la siguiente operación, se debe detener la operación de Mecanical por que no se tiene esta charola de material ya que no se tiene un lugar en donde colocar el material a procesar. Si este problema no existirá el segundo factor que

estaba afectando la salida de material de acuerdo al tiempo establecido era los paros generados en las estaciones de soldadoras de material, por la frecuencia y el tiempo de paro que se llevaba en cada soldadora no permitía que las piezas programadas salieran como se tenía planeado.

La experiencia del personal en las operaciones, la rotación del personal en las estaciones, también hacían en un determinado periodo que el factor de rendimiento afectara para la salida de la producción programada, ya que cuando el personal con experiencia se salía de la empresa y se contrataba a un nuevo personal, se observaba que no tenía la misma habilidad para desempeñar sus funciones, además de la rotación de las operación con mayor dificultad y habilidad para estas operaciones se perdía el tiempo de enseñanza, en un lapso de tiempo no hubo movimiento de personal y el rendimiento del personal era bueno y salía la producción planeada, por lo que se platicó con el supervisor de producción en dejar en estas operaciones con bajo rendimiento a personal que no faltara y que fue hábil para aprender las operaciones para poder mejorar la entrega del material que se planea entregar a cliente.

Durante el periodo proyecto se analizaron estos elementos que provocaban problemas en la entrega de material al cliente y junto con el Ingeniero se revisaron los elementos para solucionar los paros en las operaciones de las soldadoras, dando soporte oportuno en cada paro generado, además de comprar refacciones que se necesitaban para evitar paros prolongados, además de considerar el soporte operativo en conservar a los operadores de experiencia y evitar el ritmo de trabajo de los operadores en cada estación.

Este proyecto puede ser una gran oportunidad para llevar a cabo el OEE de otras áreas donde se tenga un bajo desempeño en el tiempo de entrega de piezas de producción planeadas de acuerdo lo que se había estipula desde un inicio de la operación, el diseño del archivo en Excel para el monitoreo diario del OEE será base para análisis día con día el factor a analizar y no esperar a que siga afectando la salida de material.

## **CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS**

### **14. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS**

Las competencias durante el proyecto fueron las siguientes:

- Capacidad de aprendizaje
- Trabajo en equipo
- Capacidad de análisis de información
- Desarrollo del análisis estadístico
- Solución de problemas
- Trabajo en equipo
- Actitud de servicio
- Compromiso
- Capacidad de desarrollo de fórmulas en Excel
- Respeto por las personas
- Análisis de investigación

## **CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACION**

### **15. FUENTES DE INFORMACION**

<https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia\\_general\\_de\\_los\\_equipos#:~:text=EI%20OEE%20o%20ETE%20tiene,Tiempo%2C%20Velocidad%20y%20Calidad.\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_general_de_los_equipos#:~:text=EI%20OEE%20o%20ETE%20tiene,Tiempo%2C%20Velocidad%20y%20Calidad.)

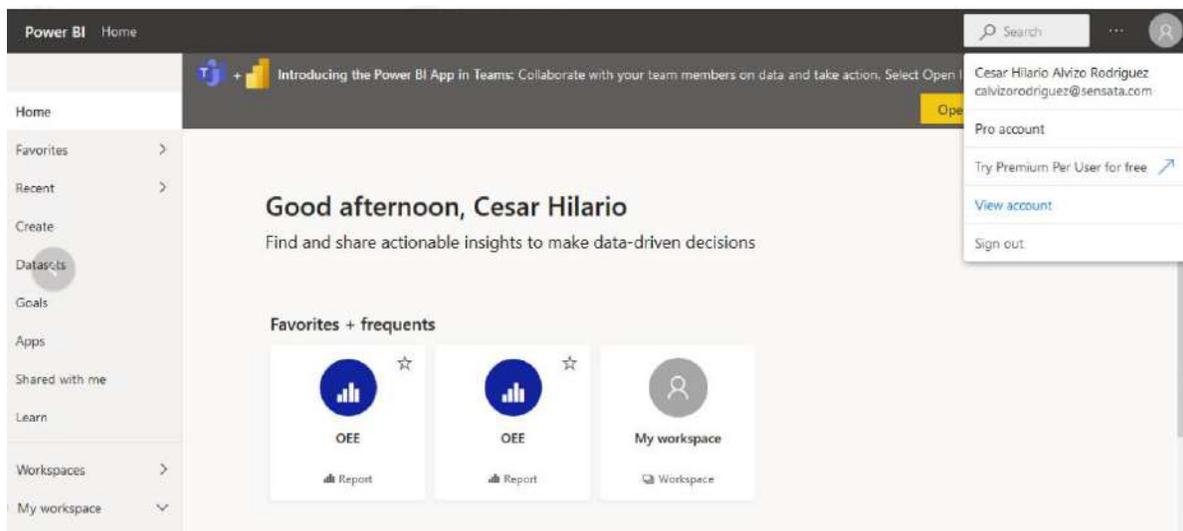
<https://prezi.com/p/j07vq9wguhqb/el-oee-overall-equipment-effectiveness-o-eficiencia-general-de-los-equipos/>

<https://spcgroup.com.mx/oee-el-indicador-clave-del-rendimiento-de-un-proceso/>

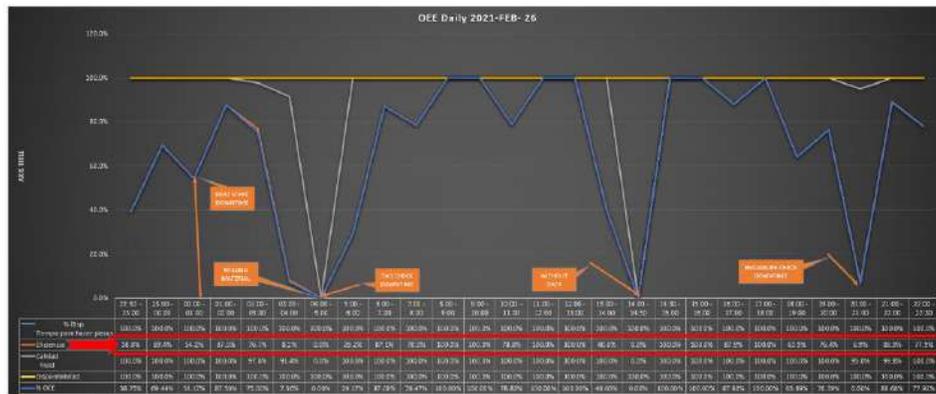
<https://edinn.com/mtbf-mtrr/#:~:text=MTBF%20es%20el%20acr%C3%B3nimo%20de,o%20tiempo%20medio%20entre%20fallos.&text=MTTR%20es%20el%20acr%C3%B3nimo%20de,hasta%20haber%20reparado%20la%20aver%C3%ADa.>

<https://blog.infraspeak.com/es/que-es-mtbf/>

## CAPÍTULO 9: ANEXOS



Anexo 1: Permisos en las aplicaciones para la obtención de los datos para llevar a cabo el proyecto.



Anexo 2: Grafica de cómo se revisaba a diario el OEE para analizar las causas y problemas de paros o disminución de ritmo de trabajo.

From: Alvaro, Cesar Hilario  
 Sent: Friday, February 19, 2021 2:59:26 PM  
 To: Gonzalez, Fabian <fabian.gonzalez@senzata.com>; Pérez, José Luis <jlperez@senzata.com>; Marin, Gilberto <g.marin@senzata.com>;  
 Cc: Santamaría, Edgar Iván <esantamar@senzata.com>  
 SUBJECT: Soporte para minimizar SCRAP DE MCHB , LASER PAUL

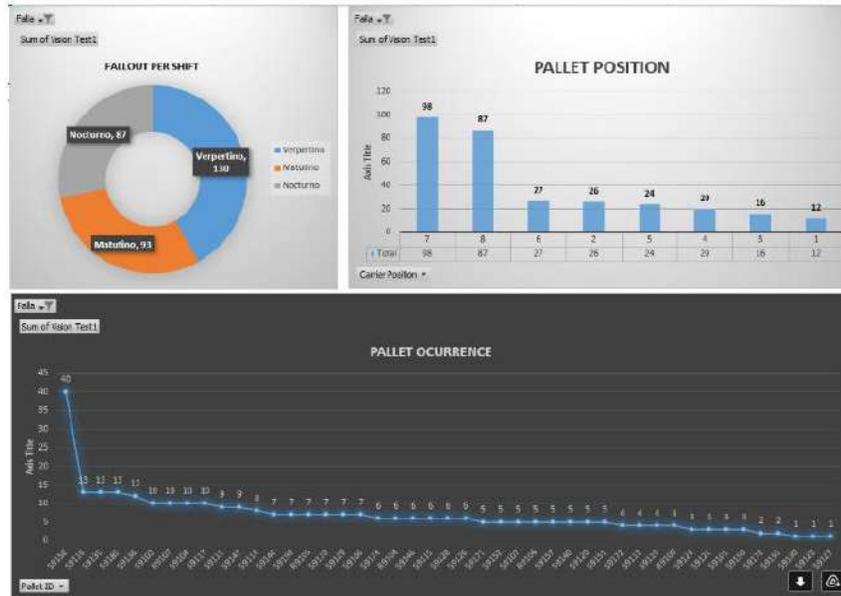
Buenas tardes Fabian / Osi / Luis,

Estoy realizando las residencias para finalizar mi Carrera y parte de dichas residencias es llevar a cabo un Proyecto. Por lo que estoy dando soporte al Ing. Iván Santamaría en un Proyecto de mejora de OEE en el área de MCHB, en estos días se ha llevado a cabo la recopilación de información para ver algunos factores que están afectando la productividad diaria, uno de los factores del CUAL PIDO DE SU SOPORTE, son las fallas constantes que se presentan en la LASER CHECK de MCHB, se sabe el historial solo de los días 15, 17, 18 y 19 de febrero y las posiciones con más fallas en esta operación son la 7 y la 8, para que nos apoyen a revisar esta máquina o si no se tiene una solución indicarnos las causas del porque no se puede ajustar y porque el problema es estas 2 posiciones.

También otro de los factores es que en el turno vespertino se tiene el mayor número de reporte de fallas de LASER FAIL con 130 piezas, después TN con 93 piezas y TM con 87 piezas.

Existe 1 pallet que también falla mucho en esta operación y que causa que este dando constantemente esta falla y es el pallet S0158.

Les anexo con gráficos los explicado anteriormente para que nos apoyen en revisar y minimizar las piezas de falla de esta operación.



Anexo 3: Evidencia para pedir soporte de las fallas en la línea de producción de las observaciones que se hacían durante el proyecto.



The World Depends on Sensors and Controls  
Sensata Technologies de México, S. de R. L. de C. V.  
Av. Aguascalientes Sur 401  
Ex Ejido Ojo Caliente  
20190 Aguascalientes, Ags.

AGUASCALIENTES AOS 13 DE ENERO 2021

ASUNTO: Carta de Aceptación

**MATL Humberto Ambriz Delgadillo**  
Director Del Instituto Tecnológico De Pabellón De Arteaga.

**Lic. Ma. Magdalena Cuevas Martínez**  
Jefa del Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación

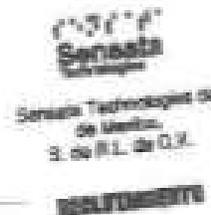
**P R E S E N T E.**

Por este conducto, me permito informarle que Cesar Hilario Alvizo Rodríguez con número de control A161050344, alumno de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, fue aceptado para realizar su Residencia Profesional en el proyecto Incremento de OEE en el área de TPMS Mecánica línea 9, donde cubrirá un total de 500 horas, durante el periodo Enero – Junio – 2021.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE:

**Lic. Miriam Janette Ibarra**  
Reclutamiento y Selección



Anexo 4: Carta de aceptación para realizar mis residencias profesionales en la empresa Sensata Technologies de México.