



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta para la aplicación de TPM en un proceso de laminado para mejorar el OEE en una empresa de coberturas livianas, ubicada en Lima

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR(ES)

Tambo Calvera, Carlos Valentin	0009-0000-2381-2181
Rodriguez Huaynalaya, Karyn Sheyla	0009-0006-1005-5840

ASESOR(ES)

Recuay Uribe, Anibal Erick	0000-0002-7181-3151
----------------------------	---------------------

Lima, 17 de noviembre de 2023

Dedicatoria

A mi madre Yolanda, pilar de fortaleza y amor incondicional, cuya presencia ha sido la luz guía en cada paso que doy. Tu apoyo inquebrantable y tu fe en mis sueños han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar esta meta.

A la memoria de mi padre Javier, quien partió hace una década, pero cuyo espíritu y enseñanzas siguen vivos en mi corazón. Tus lecciones de vida han sido mi faro en momentos de oscuridad y tu recuerdo es la inspiración constante que me acompaña.

A mis hermanos, compañeros eternos en este viaje llamado vida. Gracias por caminar a mi lado, compartir las cargas y multiplicar las alegrías. Vuestra camaradería y apoyo han sido un regalo invaluable en mi formación personal y profesional.

Esta conquista es nuestra, un reflejo del amor, sacrificio y unidad de nuestra familia. Con todo mi cariño y gratitud, este logro lleva impreso el nombre de cada uno de ustedes.

Karyn Rodríguez

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi esposa Evelin quien siempre me apoyo y comprendió dándome los ánimos para esforzarme más y cumplir este gran objetivo pendiente en mi vida, a mis hijos Brian, Gael y Catalina que siempre me motivaron a ser una buena y mejor persona para ejemplo suyo y enseñarles que el camino correcto a pesar de ser difícil es el que deben seguir. A mis padres quienes me formaron, educaron con su amor y a la vez con su rectitud me incentivaron a llegar a la meta con frases, hijo tú puedes y demuestra lo que vales, frases tan sencillas que marcaron mucho en especial a un hijo.

Carlos Tambo

Agradecimientos

A la gran profesora y asesora Araceli Macasi quien gracias a su vocación de enseñanza y su gran nivel profesional nos orientó y encaminó a la culminación de esta etapa en nuestra vida académica y profesional. Y un agradecimiento especial nuestro ascesor Anibal Recuay por su orientación y profesionalismo en esta última etapa universitaria.

Resumen

El trabajo presenta la implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en un proceso de laminado para elevar el OEE en una empresa de coberturas livianas. El objetivo era mejorar la eficiencia del proceso productivo y la calidad del producto final, reduciendo los residuos y mejorando el rendimiento de los equipos.

Se destacan las contribuciones del reciclaje en la eficiencia operativa y los beneficios ecológicos asociados. La producción se define como un proceso que añade valor a través de la transformación de materia prima en productos con valor agregado.

El proyecto se centró en aumentar la producción y mejorar las ratios de producción para generar mayores ingresos. Entre los resultados obtenidos, el OEE mejoró en un 13%, alcanzando un valor aproximado del 80%, lo que elevó la calificación del proceso de 'Regular' a 'Aceptable'. La producción total aumentó en un 12%, y se redujo el porcentaje de producto no conforme del 7.7% al 6.1%, disminuyendo así el costo de merma en un 6.2%. Se notó también una mejora significativa en los indicadores de mantenimiento, con una reducción del 49% en el MTTR y un aumento del 102% en el MTBF.

Las recomendaciones enfatizan la importancia de la capacitación continua del personal y la necesidad de establecer indicadores conocidos por todos los trabajadores para alcanzar los objetivos de producción.

Palabras clave: TPM, OEE, producción, indicadores de mantenimiento.

Abstract

The study presents the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in a laminating process to improve the Overall Equipment Effectiveness (OEE) in a light coverings company. The aim was to enhance the efficiency of the production process and the quality of the final product, reducing waste and improving equipment performance.

The contributions of recycling to operational efficiency and associated ecological benefits are highlighted. Production is defined as a process that adds value by transforming raw materials into products with added value.

The project focused on increasing production and improving production ratios to generate higher income. Among the obtained results, the OEE improved by 13%, reaching an approximate value of 80%, which raised the process rating from 'Regular' to 'Acceptable'. The total production increased by 12%, and the percentage of non-conforming product was reduced from 7.7% to 6.1%, thus decreasing the waste cost by 6.2%. A significant improvement in maintenance indicators was also noted, with a 49% reduction in MTTR and a 102% increase in MTBF.

The recommendations emphasize the importance of continuous staff training and the need to establish indicators known by all workers to achieve production objectives.

Keywords: TPM, OEE, production, maintenance indicators

u201425218_Carlos Valentin Tambo Calvera_Propuesta para la aplicación de TPM en un proceso de laminado para mejorar el OEE en una empresa de coberturas livianas, ubicada en Lima

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	7 %	2 %	4 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	3 %
2	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	1 %
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	prezi.com Fuente de Internet	1 %
5	myslide.es Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	revistas.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

www.agesor.com.uy

Tabla de contenido

1. Capítulo I: Antecedentes del proyecto	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Marco Teórico.....	3
1.2.1 Producción	3
1.2.2 Mantenimiento	3
1.2.3 TPM	4
1.2.4 OEE.....	5
1.2.5 SMED	7
2. Capítulo II: Problemática de la organización	8
2.1 Descripción de la organización.....	8
2.1.1 Productos.....	8
2.1.2 Mapa de procesos.....	8
2.1.3 Diagrama VSM	9
2.1.4 Descripción del proceso	9
2.2 Identificación del problema	11
2.2.1 Impacto económico	12
2.2.2 Árbol de problemas.....	13
2.3 Análisis de las causas	14
2.4 Planteamiento de objetivos	16
3. Capítulo III: Propuesta de ingeniería	18
3.1 Vinculación de causa con la solución	18
3.2 Diseño detallado de la solución	18
3.2.1 5S y TPM	19
3.2.2 Modelo específico.....	21
3.2.3 Implementación del 7mo. Pilar: Formación y adiestramiento	21
3.2.4 Implementación del 1er. Pilar: Mejoras enfocadas (kobetsu kaizen)	22
3.2.5 Implementación del 2do. Pilar: Mantenimiento autónomo (jishu hozen).....	24
3.2.6 Implementación del 3er. Pilar: Mantenimiento planificado (keikaku hozen).....	28

3.3	Diseño de indicadores	32
3.4	Consideraciones para la implementación.....	33
3.5	Presupuesto de la solución: Gestión de recursos	34
3.6	Cronograma de desarrollo: Gestión del tiempo	36
4.	Capítulo IV: Resultados del proyecto	37
4.1	Resultados de los indicadores	37
4.2	Evaluación del impacto económico	38
4.3	Evaluación de impactos no económicos	40
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	40
5.1	Conclusiones	40
5.2	Recomendaciones	41
	Bibliografía	43

Lista de Tablas

Tabla 1	Indicadores del OEE	11
Tabla 2	Porcentajes de producto no conforme.....	11
Tabla 3	Indicadores de Mantenimiento - Leader 2	12
Tabla 4	Costo de producto no conforme.....	12
Tabla 5	Pérdida de producción	13
Tabla 6	Motivos de parada y fallas de máquina (horas)	14
Tabla 7	Relación causa raíz-Herramienta	18
Tabla 8	Cuadro SMED.....	23
Tabla 9	Inversión - Mantenimiento autónomo.....	34
Tabla 10:	Inversión - Mantenimiento planificado	35
Tabla 11	Inversión - Capacitación	35
Tabla 12	Costo Intangible del proyecto por Tipo de Recurso (HH).....	35
Tabla 13	Costo del proyecto	36
Tabla 14	Cronograma de desarrollo.....	36
Tabla 15	Resultado delos indicadores.....	37
Tabla 16:	Escenario esperado	39

Lista de Figuras

Figura 1 Importación de la industria del plástico de enero a septiembre 2021-2022	2
Figura 2 Tributos internos de la Industria de plástico 2021 vs 2022	2
Figura 3 Pilares del TPM	5
Figura 4 Criterio de horas OEE	7
Figura 5 Clasificación mundial del OEE	7
Figura 6 Mapa de procesos	8
Figura 7 Diagrama VSM del proceso de la maquina Leader 2.....	9
Figura 8 Árbol de problemas	13
Figura 9 Distribución de las fallas por zonas de la línea de producción.....	16
Figura 10 Árbol de objetivos	17
Figura 11 Modelo general de implementación	19
Figura 12 Criterios de evaluación de auditores 5s	20
Figura 13 Formato de Inspección para la máquina Leader 2.....	27
Figura 14 Parámetros de procesos	27
Figura 15 Formato de control de limpieza en Mantenimiento.....	29
Figura 16 Listado de tareas de mantenimiento	30
Figura 17 Formato de Programación de mantenimiento preventivo	30
Figura 18 Lista de tareas de Mantenimiento Programado	31

1. Capítulo I: Antecedentes del proyecto

1.1 Antecedentes

Los plásticos, en su mayoría, se emplean para la fabricación de envases, de un solo uso. Los plásticos son tan baratos, cómodos, abundantes y resistentes, entre otras características que, lo vuelven en materiales enormemente útiles y con diferentes aplicaciones, pero que provocan diversos problemas de contaminación al medio ambiente. Para algunas personas, el plástico es un mal necesario a cambio de los beneficios que ofrece. En la última década se han desarrollado diferentes productos plásticos biodegradables, es decir cambiar el problema de la resistencia a la descomposición. Por otra parte, cada vez más países se suman al reciclaje de residuos plásticos.

Lo que se busca es lograr una mejora en eficiencia de los recursos naturales y energético en la fabricación de la nueva materia prima. La materia plástica reciclada puede ser usada en diferentes nuevos productos, tales como: extrusión de tuberías, módulos urbanos, coberturas livianas (techos), alfombras, envolturas empaques entre otros y que son usados el sector doméstico, inmobiliario, construcción u otro sector. El uso de coberturas livianas (techos) es considerado como nuevas tecnologías que es usado como alternativa en pro de la gestión ambiental en las construcciones de edificios, casas, coliseos u otras arquitecturas.

En Industrias Coberturas Plásticas S.A. nuestro principal objetivo es el de ofrecer al área de la construcción, soluciones de alto nivel que brinden grandes ventajas frente a las opciones convencionales de los techos de metálicas, asbesto o fibrocemento, comparando características como acabado, larga duración, maniobrabilidad sencilla para el almacenamiento, traslado y su instalación, ahorro en estructuras livianas y buscando siempre que la necesidad del cliente sea satisfactoria.

Figura 1
 Importación de la industria del plástico de enero a septiembre 2021-2022



Figura 2
 Tributos internos de la Industria de plástico 2021 vs 2022



Como mencionamos en los antecedentes cada año el mundo muestra mayor interés en el reciclaje de productos plásticos, gracias a los cuales se disminuye la contaminación ambiental y se mejora el nivel de calidad humana, además, podemos mencionar cómo el reciclaje puede contribuir a elevar los resultados del OEE en varias formas, como la disminución de productos no conforme, mermas o residuos y la mejora de la disponibilidad, rendimiento o calidad del proceso de producción. También podemos mencionar los beneficios ecológicos del reciclaje bajando así los índices de contaminación y fomentando un uso consiente de recursos naturales.

1.2 Marco Teórico

Para el desarrollo del presente trabajo se está considerando la aplicación de la herramienta TPM, esto como parte de elevar el nivel productivo y mejorar la eficiencia de los equipos. El objetivo principal es el de incrementar la producción en los procesos, logrando mejorar las ratios de producción que se verán reflejados en mayores ingresos para la compañía.

1.2.1 Producción

Se define a producción como una secuencia de operaciones que transforman el cierto conjunto de productos iniciales (materia prima) en otro producto final con un valor agregado (producto terminado). Así mismo podemos asignarle como definición la adición de valor a un bien o servicio que pasa por un proceso de transformación. Un proceso de producción es una secuencia de actividades coordinadas que permiten transformar insumos en productos o servicios. El valor de los elementos de entrada se incrementa al pasar por el proceso, dando como resultado productos de mayor valor agregado. (Herdia, 2016)

1.2.2 Mantenimiento

Según (Kelly & Harris, 2015), el mantenimiento es una práctica vital para las empresas, ya que garantiza que los sistemas sean estable y fiable, reduciendo fallas y aumentando la productividad. Es importante mantener en funcionamiento las instalaciones productivas, así como las auxiliares y de servicios, para garantizar una continuidad del negocio.

El Mantenimiento Correctivo se efectúa cuando un sistema ha fallado y necesita ser reparado, mientras que el Mantenimiento Preventivo se realiza para reducir la probabilidad de que el sistema se vuelva a fallar. Por otra parte, El Mantenimiento Predictivo es un tipo de

mantenimiento basado en la aplicación de técnicas para predecir fallas antes de que ocurran, y así realizar mantenimiento preventivo en forma anticipada.

Para el control y monitoreo del área de mantenimiento se usan los siguientes indicadores: MTBF hace referencia al tiempo medio entre ocurrencia del proceso detenido por una avería o falla, MTTR es el tiempo medio de reparación de una avería o falla.

1.2.3 TPM

El TPM, Total Productive Maintenance, es una metodología de mantenimiento que surgió en Japón, con el objetivo de reducir la pérdida de producción debido a fallas y paradas de máquina, asegurando la disponibilidad de los equipos para producir productos de calidad óptima. (Morales Méndez & Rodríguez, 2017)

El TPM identifica seis fuentes principales de pérdida que interrumpen la producción: fallas de equipos, lento arranque y estabilización de los sistemas, sobreproducción de productos no conformes, tiempo perdido por el cierre y el reinicio de la producción, tiempo perdido en la puesta en marcha y defectos de proceso.

La base fundamental de la metodología TPM son sus 8 pilares, donde cada una indica una ruta diferente para el logro de los objetivos de eliminar o reducir las paradas de máquina.

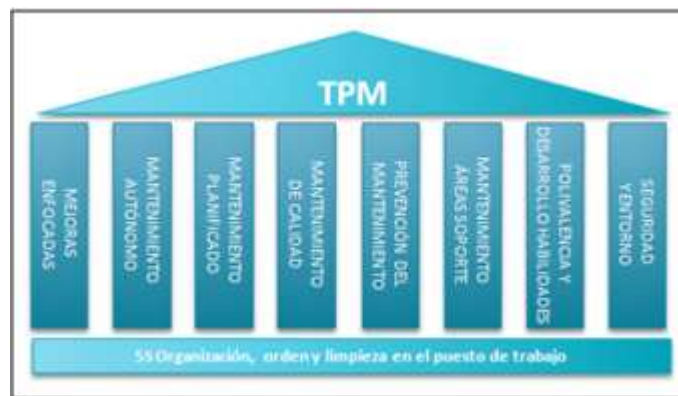
Mejoras Enfocadas o Kobetsu Kaizen se enfoca en problemas simples con la finalidad de evitar averías en los equipos o mejorar un procesos o actividades.

Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen se basa en la capacitación del personal operativo quienes formaran equipos para solucionar fallas, averías o evitar que ocurran estas situaciones y que el proceso deje de operar siempre con la condición de evitar accidentes en operaciones.

Mantenimiento Planificado, este pilar está basado en el orden de las actividades que se llevara a tiempo programado y con el fin de evitar averías garantizando un eficiente proceso de producción

Formación y adiestramiento este pilar se basa en la adquisición de conocimiento y capacidades para el personal operativo, en función del proceso productivo, evitando riesgos de detener el proceso.

Figura 3
Pilares del TPM



1.2.4 OEE

La Overall Equipment Effectiveness, OEE, mide la eficiencia de una máquina industrial mediante tres componentes: disponibilidad, capacidad y calidad. La disponibilidad mide la frecuencia con la que la máquina puede producir, la capacidad mide el volumen de producción y la calidad mide la calidad del producto. En el área de proyectos también se conoce como TTR, Total Return Rate.

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

Rendimiento de máquina.

$$\text{Rendimiento Maq.} = \frac{\text{Cadencia Efectiva}}{\text{Cadencia Objetiva}}$$

$$\text{Cadencia Efectiva} = \frac{\text{Total Fabricado}}{\text{Horas Efectivas}}$$

Calidad.

$$\text{Calidad} = 1 - \text{Rotura Bruta (\%)}$$

$$\text{Rotura Bruta (\%)} = \frac{\text{Total Rotura}}{\text{Total Fabricado}}$$

Disponibilidad de máquina.

$$\text{Disponibilidad Maq.} = 1 - \text{Paros Totales (\%)}$$

$$\text{Paros Totales (\%)} = \frac{\text{Horas de paro total}}{\text{Horas Consumidas}}$$

Definiciones

- Paros Totales = Paros programados + paros no programados.
- Horas Efectivas = Horas consumidas – Horas de paro total.
- Horas Consumidas = Horas trabajadas – Horas de servicio.
- Horas Trabajadas = Horas Consumidas + Horas de servicio.
- Horas de Servicio = Horas de limpieza y mantenimiento planificado

Figura 4
Criterio de horas OEE



El valor del OEE permite clasificar a una o más líneas de producción según esta razón porcentual:

Figura 5
Clasificación mundial del OEE

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 65%	Insuficiente	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados "World Class".
OEE > 95%	Excelente	Competitividad Excelente.

1.2.5 SMED

El SMED es una herramienta de mejora que reduce sustancialmente los tiempos de cambio de herramienta y de configuración, lo que resulta en un mayor tiempo disponible para producción, un mayor rendimiento de la producción y un aumento de la capacidad de respuesta ante las demandas de producción. (García et al., 2012)

Tiempo de preparación = tiempo de preparación interna + tiempo de preparación externa.

2. Capítulo II: Problemática de la organización

2.1 Descripción de la organización

Industria coberturas plástica S.A. es una empresa que fabrica y comercializa coberturas livianas para la construcción, que son utilizadas en el área inmobiliario, industrial e institucional, tales como casas, almacenes, plantas industriales, coliseos, etc.

El objetivo primordial de la empresa es entregar al mercado de la construcción, una solución de innovadora la cual ofrece ventajas respecto a las soluciones tradicionales de los otros productos tales como metálicas, asbesto o fibrocemento, en temas de acabado, de larga duración y fácil maniobrabilidad al momento de su instalación, traslado y almacenamiento incurriendo en ahorro y de ser un producto que no atenta contra la salud

2.1.1 Productos

En industria coberturas plástica S.A posee una gran variedad de productos en coberturas onduladas de polipropileno tanto en espesor, color, dimensiones y ondas, se separan en tres grupos: Coberturas Traslucidas, Coberturas Opacas, tejas y cumbreras.

2.1.2 Mapa de procesos

Figura 6
Mapa de procesos

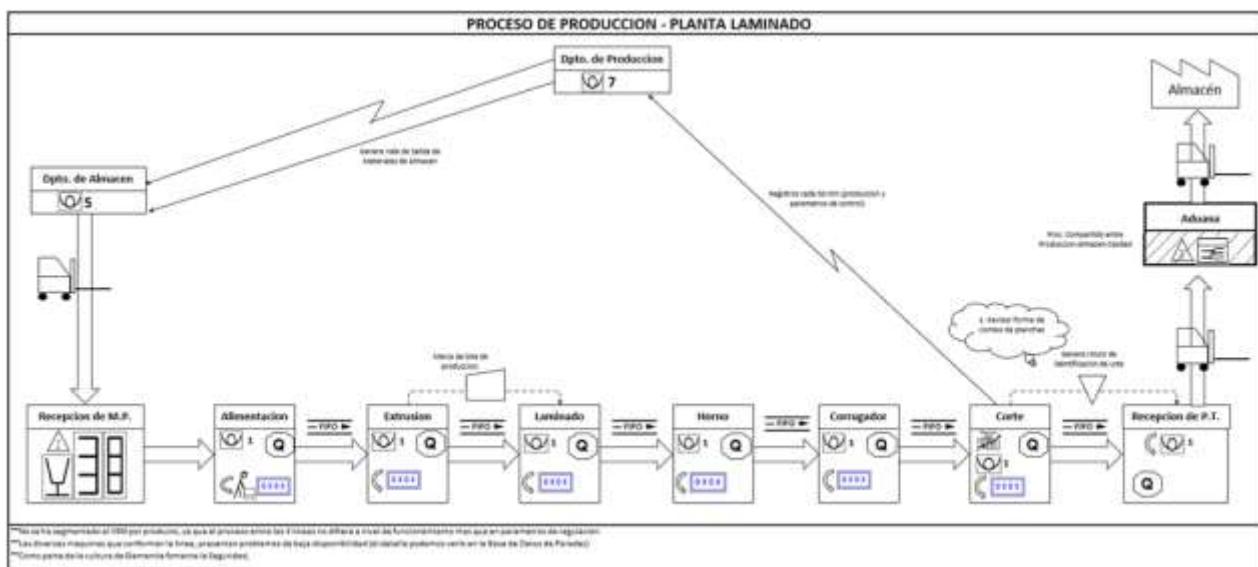


La compañía cuenta con una certificación en calidad desde el año 2011, a través de la norma ISO 9001:2008. El sistema de calidad se basa en dos manuales, 60 instructivos, 110 formatos y 58 procedimientos, todos ellos según los requisitos de la norma ISO.

2.1.3 Diagrama VSM

A continuación, mostramos el Diagrama VSM:

Figura 7
Diagrama VSM del proceso de la maquina Leader 2



2.1.4 Descripción del proceso

Las planchas opacas poseen ciertas características que son adquiridas por los insumos que se utilizan, como alta resistencia al impacto, protección a los rayos ultravioletas, son reprocesables, no contienen insumo contaminante como asbesto u otra sustancia cancerígena. Las coberturas onduladas opacas esta compuestas de Polipropileno, insumo base de fácil reprocesado, Carbonato de Calcio que ayuda a darle consistencia y peso al producto, Hifax le entrega alta resistencia al impacto, UV que es el insumo fundamental y característico del producto proporciona la protección contra los rayos ultravioleta y oxido rojo le da el color rojizo característico.

Etapas del proceso:

- Alimentación, en esta etapa se formula y dosifica los insumos para la fabricación, Polipropileno al 96%, Carbonato de Calcio 1.5%, Hifax al 1.0%, UV al 3.5% a una razón de 350 kg/h al extrusor.
- Extrusión, etapa donde el material ya mezclado y dosificado es fundido a una temperatura de 220°C, además de ser desgasificado y bombeado a un flujo constante. Tomando forma rectangular de la salida del cabezal.
- Laminado en calandra, en esta etapa hay tres cilindros de 50 cm de diámetro con 1.5m de ancho que se encarga de laminar el material fundido y de enfriarlo a 80°C. En esta etapa se da el espesor, el acabado superficial, (brillo en la cara superior) y persiana o liso en la cara inferior de acuerdo con el producto.
- Horno, la lámina enfriada es nuevamente calentado a una temperatura de 240°C.
- Moldeador, la lámina calentada ingresa a esta etapa y toma una forma ondulada debido a los moldeadores que son unos ejes que contienen ruedas de silicona, obteniendo la forma, el paso y la altura de la onda de acuerdo con el producto final solicitado.
- Enfriamiento, la lámina ya ondulada es enfriada por unos aspersores con agua fría, para que no pierda su forma ya obtenida, además los bordes son cortados por unos discos y estos refiles van a unos molinillos de borde donde son molidos y se vuelve a usar como materia prima. En esta etapa se regula el ancho de la plancha.
- Cizalla y apilamiento, las planchas ya enfriadas son cortada de acuerdo con el largo solicitado, estas mediada pueden ser de 1.80m, 2.44m ,3.05m o 3.60, o cualquier otra medida que requiera el producto. Luego de ser cortadas las planchas estas son revisadas por el Control de calidad una por una y se toma la data de las dimensiones cada media hora

y es registrada en su Ficha de control de calidad. Las planchas son apiladas en parihuelas en cantidades de 500 planchas o 300 dependiendo del producto.

2.2 Identificación del problema

La información obtenida es de los reportes de indicadores de producción del periodo 2019. En este caso el KPI de análisis es el OEE, en sus factores tanto disponibilidad, rendimiento y calidad. Además, otro indicador para el análisis será el porcentaje de Producto no conforme, la cual estará evaluada por la línea de producción, obteniendo los siguientes indicadores. Adicional tomaremos los indicadores de MTTR y MTBF de mantenimiento.

Tabla 1
Indicadores del OEE

	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
BAUSANO	↑ 97.5%	↑ 91.5%	↑ 95.9%	→ 85.6%
CASPLAST	↑ 95.0%	↑ 93.3%	↑ 96.5%	→ 85.6%
LEADER 1	↑ 93.9%	→ 87.7%	↑ 93.7%	↓ 77.2%
LEADER 2	↓ 83.0%	↑ 95.0%	↑ 89.0%	↓ 70.2%

Tabla 2
Porcentajes de producto no conforme

MAQUINA	PRODUCTO NO CONFORME (TON)	PORCENTAJE TOTAL	KPI PNC (<5%)
BAUSANO	94	18.00%	6.00%
LEADER 1	180	34.50%	7.50%
CASPLAST	50	9.60%	5.00%
LEADER2	198	37.90%	9.70%
		100.00%	

El OEE de la máquina Leader Machinery 2 se encuentra en valores de **70%**, siendo este un valor ineficiente en cualquier proceso industrial, en el periodo 2019; el porcentaje de PNC está en un valor de **9.7%** el cual es mayor al 5%, valor establecido en los objetivos corporativos. El rendimiento estándar de la línea Leader Machinery 2 es 537 kg/h, pero en el

periodo evaluado, es inferior a 76% al objetivo. Adicionalmente la demanda del siguiente periodo tiene pronosticado a ser mayor en un 12%.

Para analizar el área de producción nos basaremos donde se cuantificará las pérdidas significativas de producción ya sea por Paros mecánicos, eléctricos, falta de MP, entre otros.

Adicionalmente necesitaremos tener indicadores del área de mantenimiento, por tal los valores se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 3
Indicadores de Mantenimiento - Leader 2

	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Acc
MTBF(h)	15.3	14.6	16.0	17.5	16.1	18.5	14.2	17.8	19.2	15.5	18.5	16.3	16.6
MTTR(min)	295.3	294.8	327.1	359.1	315.5	311.4	314.0	304.1	337.7	300.8	338.6	345.1	320.3

2.2.1 Impacto económico

Respecto al impacto económico se considera el costo resultante de la generación de productos no conforme más el costo por la no producción por motivos de disponibilidad de máquina, en dólares según el total acumulado del año afectado en el siguiente cuadro.

Tabla 4
Costo de producto no conforme

	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	ACC
Costo Producto no Conforme (\$)	29954	30573	35420	22199	30174	39000	29600	59200	67887	38410	34526	49666	406082
Producto no Conforme (Ton)	40.72	36.33	58.67	39.23	44.93	52.14	52.66	62.22	62.01	31.89	58.67	52.7	515.12

De esta tabla se puede concluir, que el acumulado del 2019 tenemos un costo de \$ 406 082 por producto no conforme del proceso de laminados.

A su vez también se puede mencionar que \$518.47 deja de ganar por cada tonelada que la planta de laminados no produce, por tal motivo el aumentar la disponibilidad de máquina

será directamente a un aumento en el margen de ganancia. Siendo este un valor de 253,000 dólares.

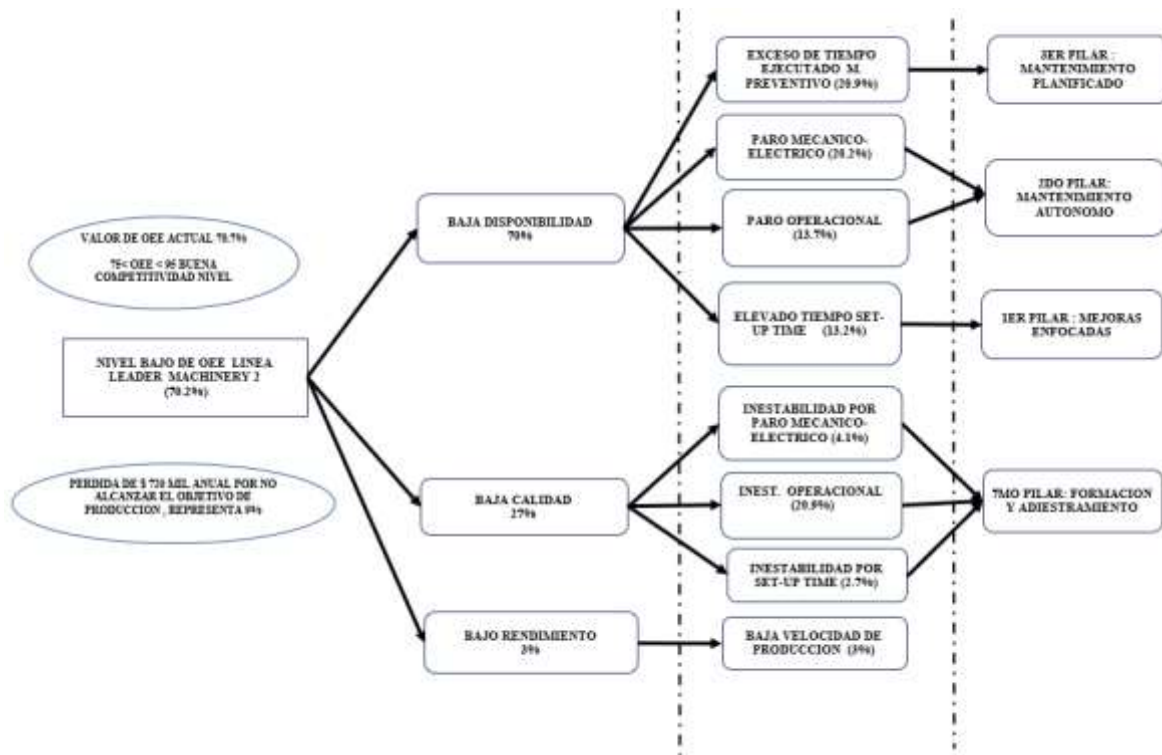
Tabla 5
Pérdida de producción

	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	ACC
Produccion (TON)	244	225	352	277	114	199	205	235	278	259	248	233	2870
Objetivo produccion (TON)	278	269	364	304	141	265	264	310	309	304	280	269	3357
Perdida de produccion por no producir (\$*MIL)	18	22	6	14	14	34	31	39	16	23	16	19	253

Siendo un total el impacto económico de $\$466,609 + \$253,000 = \$719,609$, en donde se tiene una producción bruta de $\$8,230,406$ siendo este impacto económico en un 9%.

2.2.2 Árbol de problemas

Figura 8
Árbol de problemas



2.3 Análisis de las causas

Después de centrar y decidir que la maquina Leader Machinery 2 es la máquina que influye mayor porcentaje de merma y a su vez es la maquina con un menor OEE de 70%, procederemos a analizar las causas y el por qué esta máquina se encuentra en esta situación. De la base de datos de la ficha de control de calidad, documento que tiene custodia el área de calidad se obtiene la información de producción, tiempos y acontecimientos durante los turnos de producción por tal de la BASE DE DATOS se obtuvo la siguiente información.

Tabla 6
Motivos de parada y fallas de máquina (horas)

		HORAS TOTALES	PORCENTAJE
MAQUINA PARADA		583.07	70.0%
DISPONIBILIDAD	PARO ELECTRICO	47.47	5.7%
	SET-UP TIME	110.23	13.2%
	PARO FUNCIONAL	114.32	13.7%
	PARO MECANICO	137.03	16.5%
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	174.02	20.9%
PROCESO INESTABLE		249.30	30.0%
CALIDAD	PARO ELECTRICO	9.15	1.1%
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	10.02	1.2%
	SET-UP TIME	22.85	2.7%
	PARO MECANICO	24.95	3.0%
	PARO FUNCIONAL	157.32	18.9%
RENDIMIENTO	BAJO FLUJO	25.01	3.0%
Total general		832.36	100.0%

En el cuadro se aprecia los motivos de parada de máquina teniendo como mayor valor los paros Logísticos, pero por temas de investigación y poca accesibilidad a datos de Logística se obviará el análisis y el estudio a este motivo. Además, se descartará los paros no programados y de domingos y feriados.

Para el análisis se tomarán los siguientes motivos de paradas (70%): mantenimientos preventivos (20.9) %, paro mecánico (15.5%), paros funcionales (13.7%), paro eléctrico (4.7%) y SET-UP TIME (13.2%)

En los paros mecánicos se tiene un 39.7 horas acumuladas de paradas de máquinas, por tal un equipo crítico es en el sector de la calandra, cilindros superior, central e inferior, además de problemas en los chillers, todas estas fallas provienen de un sistema no apropiado para en tratamiento de agua, otro motivo es tener estos cilindros en stand by pero el costo de cada uno es de 40 mil dólares.

La falla con tiempo de detenimiento es el sistema de alimentación, esto se debe un subdimensionamiento en la fabricación del dosificador, se realizaron modificaciones operativas y de máquina, que mejoraron la operatividad del sistema.

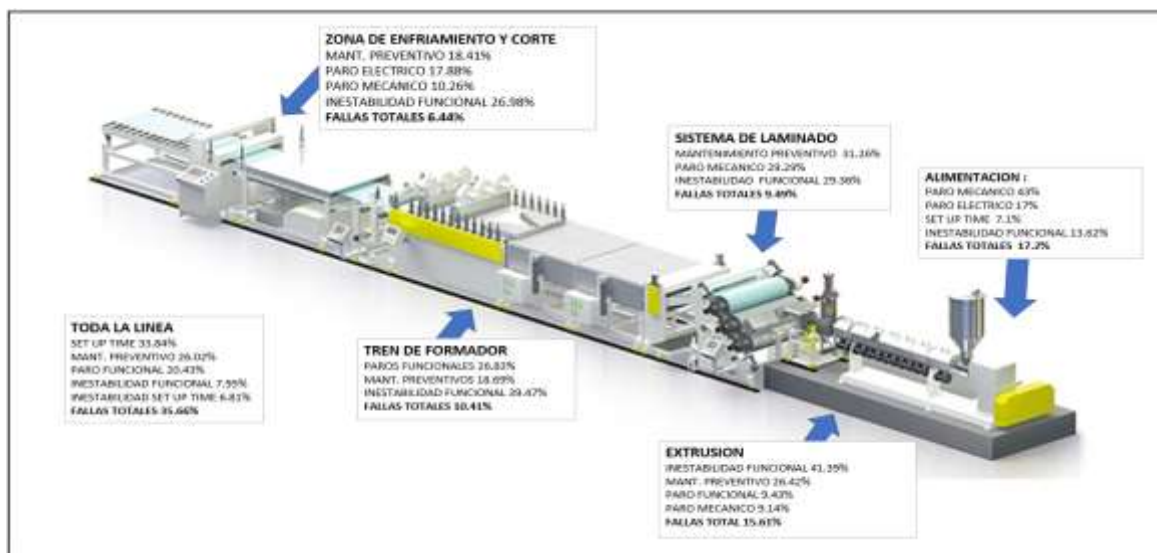
Se presentan falla de máquinas en la alimentación por parte de los operarios tolveros, puesto con alto número de rotación. Falla en operaciones básicas por parte de los operadores como cambios de filtro (17.45h), limpieza en el cabezal (13.68 h). Otra área de falla recurrente es en la regulación del tren formador (37.40 h) etapa donde se configura la altura de onda, paso entre onda, (forma de la cobertura ondulada).

En procesos inestables que incurre en un 30%, siendo directamente proporcionales con la experiencia, habilidades y conocimiento del personal en las diferentes áreas de operaciones. El proceso por ser un proceso semi automático, depende mucho de la habilidad del operador, adicional el detener el proceso, arranque y estabilización genera un mínimo de 700 kg por operación.

Otro punto para analizar es el tema de calandras, sistemas de enfriamiento siendo el mayor motivo de parada de máquina, esta observación será tomada en cuenta para el análisis final.

En el resumen se puede apreciar que durante el año se tiene 130 horas acumuladas de horas de cambios de configuración, el objetivo programado es de 8 horas por cambio. Dando motivo buscar el análisis una mejora en el tiempo set-up y configuraciones.

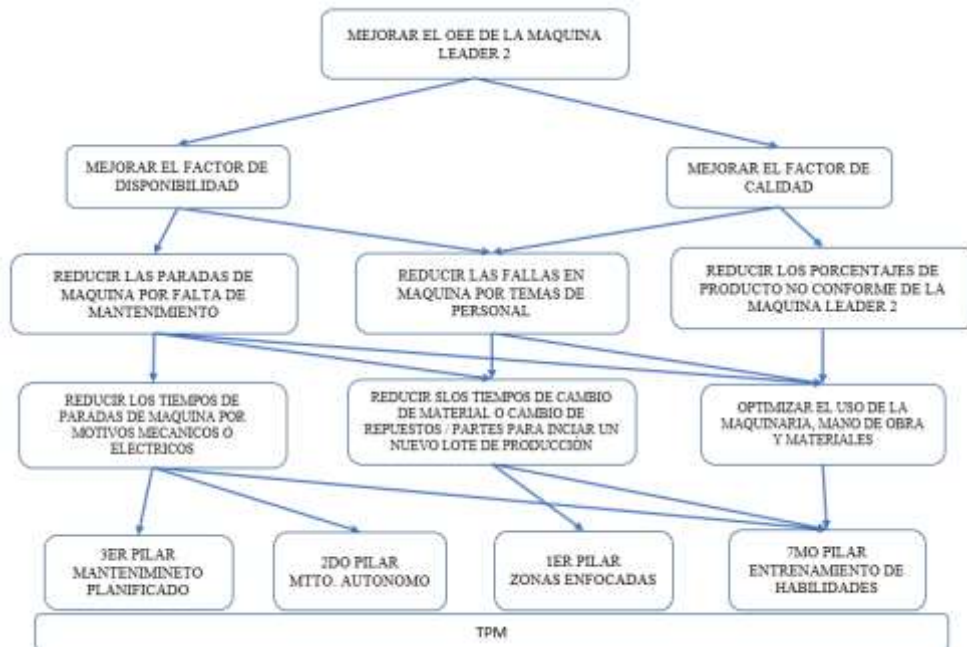
Figura 9
Distribución de las fallas por zonas de la línea de producción



2.4 Planteamiento de objetivos

A través de la herramienta del árbol de objetivos definimos los mismos, en miras de reducir la problemática que actualmente se aqueja en el proceso de fabricación de coberturas livianas en la máquina Leader 2. Al establecer objetivos se espera obtener la reducción del porcentual del producto no conforme, mejorar el porcentaje de OEE y describir el aumento de la eficiencia del proceso de la máquina Leader 2. Mediante el árbol de objetivos estableceremos el orden para priorizar las acciones o decisiones en pro de optimizar el proceso de fabricación de las coberturas livianas en la máquina Leader 2.

Figura 10
Árbol de objetivos



3. Capítulo III: Propuesta de ingeniería

3.1 Vinculación de causa con la solución

Los motivos de paros son fallas eléctricas, mecánicas, tiempos de SET-UP y al mejorar en estos aspectos del proceso habrá un cambio favorable en el porcentaje elevado de Productos no conformes y disponibilidad de máquina, siendo valores cuantitativos económico para la empresa. Por tal nos basaremos en las herramientas: Mantenimiento Productivo Total (TPM - Total Productive Maintenance) y SMED, quienes bajo su filosofía abarcan la mayoría de los conceptos favorables a la solución de las causas-raíz de la situación actual.

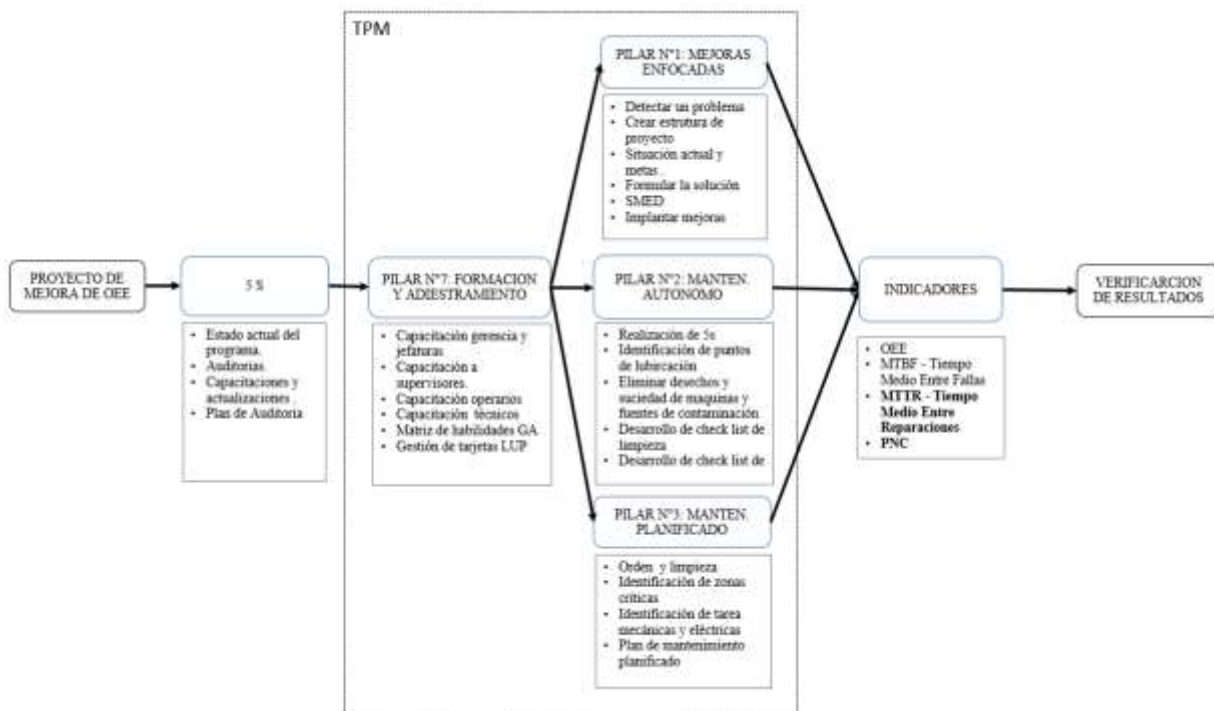
Tabla 7
Relación causa raíz-Herramienta

CAUSA RAIZ	DETALLE	HERRAMIENTAS	CASOS DE EXITOS 1	CASOS DE EXITOS 2	CASOS DE EXITOS 3
PARO DE PROCESO	SET UP TIEMPO EN CAMBIOS	1ER PILAR MEJORAS ENFOCADAS			
	PARO MECÁNICO - ELECTRICOS	2DO PILAR: MANTENIM. AUTONOMO	"Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line" (Morales Méndez & Rodríguez, 2017b).	"Maintenance management program through the implementation of predictive tools and TPM as a contribution to improving energy efficiency in power plants." (Fonseca-Junior et al., 2015).	"Improvement of OEE performance using a Lean Six Sigma approach: An Italian manufacturing case study" (Chiarini, 2015).
	PARO OPERACIONAL				
TIEMPO DE MANTENIMIENTO	3ER PILAR : MANTENM. PLANIFICADO				
INESTABILIDAD DE PROCESOS	ESTABILIZACION DE PROCESO	7MO PILAR :FORMACION Y ADIESTRAMIENTO			
	INESTABILIDAD POR PAROS				
	INESTABILIDAD POR SET UP TIME				

3.2 Diseño detallado de la solución

La implementación de la solución se basará no solo en la implementación del TPM sino también en la repotenciación de las 5s y la implementación del SMED, por tal iniciaremos con la 5s.

Figura 11
Modelo general de implementación



3.2.1 5S y TPM

La 5S, en la empresa, se encuentra ya establecido desde fines del 2012, por lo tanto, solo recaudaremos formatos, diagramas o auditorías de cómo y en qué estado se encuentra la 5s instalada. Tomaremos como muestra las zonas delimitadas en producción que cuenta con 25 zonas, tanto el área de láminas, termoformado, mantenimiento, peletizado. El siguiente cuadro hace referencia al puntaje por zona y por S, indicando los valores máximos y el valor obtenido en el momento de la auditoría.

Figura 12
Criterios de evaluación de auditores 5s

CRITERIOS DE EVALUACION DE AUDITORES 5S				FECHA		Jul-20																
				AUDITOR		Yolanda Pizarro																
CATEGORIA	CRITERIO	PUNTAJE MAX	ZONA PD-01	ZONA PD-02	ZONA PD-03	ZONA PD-04	ZONA PD-05	ZONA PD-06	ZONA PD-07	ZONA PD-08	ZONA PD-09	ZONA PD-10	ZONA PD-11	ZONA PD-12	ZONA PD-13	ZONA PD-14	ZONA PD-15	ZONA PD-16	ZONA PD-17			
1S CLASIFICAR	1 Existen materiales y elementos innecesarios	6	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	3	5	4	4	5	3	4	4		
	2 Ubicación adecuada de elementos de poco uso	6	4	4	4	3	4	5	5	4	3	4	3	5	2	4	5	4	4	4		
	3 Existen elementos que puedan provocar averías o daños	6	4	4	5	5	5	3	5	4	3	4	5	5	3	4	4	4	4	4		
	4 Existe información innecesaria o confusa	6	4	4	4	5	3	4	5	3	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4		
	PARCIAL	24	16	16	17	17	16	16	20	15	15	16	16	20	14	17	18	15	16	15		
2S ORDENAR	1 Exite Lugares asignados e identificados para cosas clasificadas	6	4	4	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5		
	2 Artículos clasificados listos para ser usados	6	5	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	6	5	5	6	5	6	5		
	3 Fácil acceso a las cosas clasificadas	6	5	5	5	5	4	5	5	6	5	5	4	6	5	4	6	5	4	5		
	4 Zonas delimitadas	6	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	5	5	4		
	PARCIAL	24	18	17	20	18	19	18	20	20	21	20	21	21	22	20	19	19	20	18		
3S LIMPIAR	1 Equipos y zonas de trabajo limpios	6	4	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	4		
	2 Rutinas y útiles de limpieza disponibles	6	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	5	3	5	5		
	3 Existen fugas, desperdicios y fuentes de ensuciamiento	6	5	2	5	5	5	5	5	5	4	6	5	6	5	5	4	2	5	5		
	PARCIAL	18	13	11	15	14	15	15	14	15	14	15	15	16	15	15	12	11	7	7		
	1 Existen y son visibles los estándares de cada zona	6	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4		
2 Existen y son visibles las acciones de autocontrol	6	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	6	5	4	5	5			
3 Uso de Uniformes, accesorios y EPP de forma correcta	6	5	4	5	5	4	5	6	6	6	6	5	6	6	5	6	5	5	5			
PARCIAL	18	13	13	15	15	14	14	16	16	16	14	15	16	14	17	15	13	15	15			
4S ESTANDARIZAR	1 Cumplimiento de las "S" anteriores	6	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	4		
	2 Aportes y/o mejoras en sus procesos	6	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	5	4	5	4		
	3 Conocimiento de las "5S"	4	4	4	5	5	6	5	6	4	4	6	6	6	5	5	5	5	5	4		
	PARCIAL	16	12	12	15	15	16	15	16	14	13	16	16	16	15	15	14	14	13	13		
	TOTAL	100	72	69	82	79	80	78	86	80	79	81	83	89	80	84	78	72	71	71		
				10	7.2	6.9	8.2	7.9	8	7.8	8.6	8	7.9	8.1	8.3	8.9	8	8.4	7.8	7.2	7.1	

COMENTARIOS - DESCARGOS DEL EVALUADO:

ZONA	Area	SEMI 1	SEMI 2	SEMI 3	SEMI 4	Promedio
PD-01	TRANSFORMACION I	7.1	7.2	8	8.7	8
PD-02	TRANSFORMACION I	7.3	6.9	7.9	7.8	8
PD-03	TRANSFORMACION I	8.5	8.2	8.2	6.8	8
PD-04	IMPACT	8	7.9	7.6	7.9	8
PD-05	IMPACT	7.8	8	6.9	8.4	8
PD-06	IMPACT/IMPACT	6.5	6.9	8.7	8.7	8
PD-07	MANTENIMIENTO	7.9	7.8	6.4	8	8
PD-08	MANTENIMIENTO	7.3	6.9	7.8	8.1	8
PD-09	MANTENIMIENTO	6.2	8.6	8.1	7.9	8
PD-10	MANTENIMIENTO	8.3	8	8.6	7.8	8
PD-11	MANTENIMIENTO	8.1	7.9	8.5	7.6	8
PD-12	COORDINACION	8	8.1	8.7	8.1	8
PD-13	SEADRE-01	8.3	8.3	8.3	7.9	8
PD-14	SEADRE-01	8.4	8.9	8.1	7.9	8
PD-15	SEADRE-01	7.9	8	8	8.1	8
PD-16	SEADRE-01	7.6	8.4	8.2	8.3	8
PD-17	SEADRE-01	7.6	7.8	8.1	8.4	8
PD-18	SEADRE-01	7.5	7.2	8	8.1	8
PD-19	SEADRE-01	7.8	7.1	7.5	7.9	8
PD-20	MANTENIMIENTO	8.6	8.3	7.4	8.4	8
PD-21	OFFICINA	8.1	8.2	7.1	8.6	8
PD-22	OFFICINA	8.2	7.8	8	8.2	8
PD-23	OFFICINA	8	8	8	8.3	8
PD-24	OFFICINA	8.1	8.2	8.1	8	8
PD-25	COORDINACION	6.5	6.9	6.7	6.9	7
PD-26	COORDINACION	8	8	8	8	8

CUADRO DE RESUMEN	PUNTAJE MAX	PUNTAJE
1S CLASIFICAR	24	16.92
2S ORDENAR	24	19.48
3S LIMPIAR	18	13.96
4S ESTANDARIZAR	18	14.6
5S DISCIPLINA	16	14.6



Como se evidencia la herramienta de 5s se encuentra instalada y aceptada a todos los niveles de la empresa, en un nivel de 80%, por tal el siguiente paso es el análisis de la implementación de los pilares de la TPM. Tomaremos para la siguiente evaluación el criterio de implementación de los pilares según ya mencionados.

3.2.2 *Modelo específico*

El método de intervención corresponderá a actividades relacionadas a los pilares de mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo, formación y entrenamiento de la herramienta TPM.

3.2.3 *Implementación del 7mo. Pilar: Formación y adiestramiento*

En esta etapa se entrenará al personal administrativo, operativo y de mantenimientos de la línea de producción Leader Machinery 2, de ambos turnos; el objetivo principal es que el personal sea capaz de identificar las necesidades del proceso, adquieran los conocimientos, habilidades y capacidades en temas de electricidad, mecánica, neumática e hidráulica, para que puedan dar una rápida solución ante un problema o parada de máquina no programada. Cabe mencionar que las capacitaciones deberán ser en planta en especial las que recibirán los operadores y personal de mantenimiento. Caso contrario las capacitaciones del personal administrativo, así como responsables del área y supervisores podrán ser en planta o externa. Los temas mínimos requeridos de capacitación son los siguientes: mantenimiento autónomo,

electricidad básica, mecánica básica, sistemas de lubricación, metrología dimensional, Excel básico a nivel operativo y a nivel mando medio supervisión eficaz, solución de conflictos, detección de fallas y TPM.

3.2.4 Implementación del 1er. Pilar: Mejoras enfocadas (*kobetsu kaizen*)

Las actividades de este pilar tratan de minimizar o reducir a “0” las perdidas identificadas.

En este caso puntual utilizaremos la herramienta del SMED para mejorar el tiempo de ejecución de un cambio de formato. Se usan los 7 pasos de implementación:

1er paso: Identificar el problema, cambios de formato SET-UP siendo uno de los problemas en 138.33 horas, siendo un 13% de motivos de paradas en lo que va del año.

	ACUMULADO	PROMEDIO	ESTÁNDAR
SET-UP TIME	133.08	16.64	7.00

2do paso: Crear una estructura para un proyecto, se elegie personal de mantenimiento y de producción, se usaron herramientas para la identificación de las actividades con sus respectivos tiempos además se identificaron las herramientas para su ejecución y se analizaron los datos con el equipo.

3er paso: Identificar estado actual y establecer los objetivos, el costo de \$145246 es el acumulado por las 133.08 horas. Por tal el reducir los tiempos de set up de 10 h promedio a 7 h, sería un ahorro de 30% y en dólares \$ 43 576.

4to paso: Diagnostico del problema en estudio, el exceso de tiempo utilizado en un cambio de formato, siendo un promedio actual de 10 horas.

5to paso: Formular plan de solución: se usa SMED, identificando las actividades externas e internas teniendo como finalidad la conversión de las actividades internas a externas, reduciendo así los tiempos.

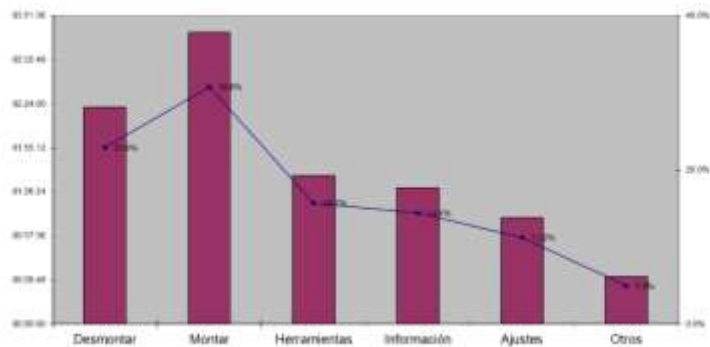
Tabla 8
Cuadro SMED

Area: PRODUCCION CAMBIO DE FORMATO DE TREN O76 A TREN O 100 Karten: 1

No.	Operación de cambio	Operadores						Clasificación del cambio					Comentario	
		1 Operador	2 Control de calidad	3 Operario	4 Mecánico 1	5 Mecánico 2	6 Electricista	Tiempo Acumulado	Tiempo	Potencial	Interno	Externo		Desperdicio
1	PARADA DE MAQUINA	X	X	X				00:05:00	00:05:00	00:05:00	X			
2	POSICIONAMIENTO DE MAQUINA PARA DESMONTAJE	X			X			00:10:10	00:05:10	00:05:10	X			
3	SELECCION DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO				X			00:15:10	00:05:00			X		00:05:00
4	BUSQUEDA Y USO DE MONTACARGA	X						00:16:00	00:20:50			X		00:20:50
5	BUSQUEDA DE HERRAMIENTAS				X	X	X	00:51:10	00:15:10			X		00:15:10
6	TRASLADO DE HERRAMIENTAS DEL TALLER A MAQUINA				X		X	01:06:30	00:15:20			X		00:15:20
7	COLOCACION DEL TREN O100 EN AREA DE TRABAJO	X			X	X	X	01:24:50	00:18:20			X		00:18:20
8	VERIFICACION DEL ESTADO DEL TREN O100	X			X			01:39:20	00:14:30			X		00:14:30
9	DESCONEXION ELERICA TREN O76						X	02:03:30	00:24:10	00:24:10	X			
10	DESCONEXION MECANICA TREN O76				X	X		02:39:50	00:36:20	00:36:20	X			
11	REIRO DEL TREN O 76	X	X	X	X	X	X	03:35:40	00:55:50	00:55:50	X			
12	POSICIONAMIENTO EN AREA DE STAND BY DEL TREN O76	X	X	X	X	X	X	04:00:50	00:25:10			X		00:25:10
13	COLOCACION DEL TREN O 100	X	X	X	X	X	X	05:03:30	01:02:40	01:02:40	X			
14	CONEXION DE MECANICA				X	X		05:23:30	00:20:20	00:20:20	X			
15	CONEXION ELICTRICO						X	05:46:20	00:22:30	00:22:30	X			
16	DESMONTAJE DE LA CUCHILLA DE O 76	X			X	X		06:11:50	00:25:30	00:25:30	X			
17	GUARDAR CUCHILLA DE O76 EN CAJA	X			X	X		06:22:30	00:10:40			X		00:10:40
18	BUSQUEDA DE CUCHILLA DE O100				X	X		06:37:30	00:15:00			X		00:15:00
19	VERIFICACION DEL ESTADO DE CUCHILLA				X	X		06:47:30	00:10:00			X		00:10:00
20	MONTAJE DE LA CUCHILLA O 100	X			X	X		07:27:30	00:40:00	00:40:00	X			
21	CALIBRACION DE LA CUCHILLA O100				X	X		08:12:40	00:45:10	00:45:10	X			
22	PRUEBAS DE TREN O100	X	X				X	08:38:20	00:25:40	00:25:40	X			
23	PRUEBAS DE CUCHILLA O100	X			X	X		08:53:20	00:15:00	00:15:00	X			
24	CONFIGURACION DE MAQUINA	X	X	X				09:23:20	00:30:00	00:30:00	X			
25	LLENADO DE MATERIA PRIMA	X		X				09:48:30	00:25:10	00:25:10	X			
26	REIRO DE HERRAMIENTAS DE MAQUINA				X	X		10:03:40	00:15:10			X		00:15:10
27	LIMPIEZA DE AREA			X				10:19:10	00:15:30			X		00:15:30
28	ARRANQUE DE MAQUINA	X	X	X							X			
Tiempo Total								09:24:00	10:19:10	7:18:30				
Desperdicio Total									3:00:40					

■ Sin cambio
■ Area de oportunidad inmediata
■ Area de oportunidad B (mediano plazo)
■ Area de oportunidad C (largo plazo)

Desmontar	02:21:50	22.9%
Montar	03:10:40	30.8%
Herramientas	01:37:10	15.7%
Información	01:29:10	14.4%
Ajustes	01:09:30	11.2%
Otros	02:30:40	5.0%
	10:19:00	



Tiempo total 10:19 h / Tiempo desperdicio: 03:01 h

6to paso: implantar mejoras: Las actividades que se convertirán según el equipo de trabajo a considerar serian: La información del cambio debe ser oportuno tanto para mantenimiento y producción, para dejar equipos y preparar el corte del proceso. El detener el proceso debe ser

condicional siempre que todas las herramientas y los involucrados se encuentren a pie de máquina para realizar inmediato el cambio. Esto disminuiría un 30% en el ahorro del tiempo.

7mo paso: evaluación de mejoras. Las mejoras más significativas están en la disminución tiempo de ejecución, aumento de capacidades y experiencia del personal y aumentar la disponibilidad de la maquina con un SET UP óptimo.

3.2.5 Implementación del 2do. Pilar: Mantenimiento autónomo (jishu hozen)

El 2do pilar mantenimiento autónomo va relacionado con la filosofía de 5 s, ya que se basa en la limpieza por turno en planta. Cabe mencionar que en este pilar la capacidad, experiencia y habilidades del operador es fundamental para el éxito de la implementación. Tomaremos en este pilar para solucionar los puntos de fallas de máquinas lo cual genera un alto porcentaje de producto no conforme (mayor al 7%).

La idea principal de este pilar es que el personal operativo se integre y a actividades básicas de mantenimiento, para la cual se procura capacitar. El objetivo es tecnificar al operario de producción. En la actualidad, cuentan con un Check list de máquina el cual se vuelve ineficiente si no lo cumplen a cabalidad o solo lo hacen por cumplir. El mayor inconveniente de la operación de limpieza es el detener el proceso ya que el detener el proceso y estabilización de arranque incurre en unos 700 kg por maniobra por tal se debe realizar durante las paradas programadas, los días lunes inicio de semana y las cotidianas durante los turnos. Otro tema es el eliminar las fuentes de contaminación, uno de los mayores inconvenientes que se encuentra en planta de extrusión es la emanación de carbonato de calcio, este insumo proviene en polvo lo cual realiza el 90 % de la contaminación en la planta, afectando los equipos eléctricos, electrónicos y hasta mecánicos.

Una herramienta de control a realizar dicha limpieza será un Check list de 5S diarios, ya que se cuenta con un programa de 5S instalado, recalando y capacitando nuevamente al personal, ya que en los últimos meses se ha contado con un alto porcentaje de rotación.

Proceso de lubricación jugara un rol muy importante, ya que este aporta el cuidado interno de las máquinas, rodamientos, ejes, partes móviles del proceso, en su funcionamiento evitando el desgaste por fricción. El programa actual de lubricación solo es ejecutado durante los mantenimientos preventivos por parte del personal de mantenimiento. Por tal la propuesta es que adicional al programa de mantenimiento, producción tenga un programa complementario semanal, aprovechando las paradas de fin de semana.

Las actividades tanto de lubricación y de limpieza será cumplido por el operador encargado de máquina, el tendrá la responsabilidad de ejecución y de reportar al supervisor de turno quien verificará el cumplimiento de dichas actividades. Como apoyo se tendrá el Check list con el que se garantizará el cumplimiento de estas actividades.

Antes de realizar esta etapa se debe realizar las capacitaciones respectivas del personal operativo por personal de mantenimiento, con la finalidad de realizar estas labores con la frecuencia determinada (quincenal)

Herramientas e insumos para realizar, para realizar estas actividades se requiere mínimo los siguiente: Bomba manual para lubricación, grasa tipo LGMT 2/18, bomba de grasa LAGH 400.

Inspección general, los pasos anteriores ya mencionados, son preventivos del 2do pilar del TPM que es autónomo en donde se desarrolla el monitoreo para la prevención, detección y control de las condiciones fundamentales del equipo manteniendo limpieza y lubricación.

Ahora se buscará los modos de falla con inspecciones general de los equipos de la Leader Machinery 2. Recordemos que se posee un 7.8 % de producto no conforme generada por fallas de proceso, esto se puede evitar deteniendo el problema en menor tiempo o solucionándolo en otro plazo similar.

Deberemos incluir también capacitaciones de mecánica, electricidad, neumática e hidráulica, con la finalidad de que los operadores cuenten con las herramientas y conocimientos tecnológicos para afrontar un problema, falla o mejorar en el diagnóstico de dicha falla. Cabe mencionar que al conocer más la parte técnica los operadores, podrán mejor entender el funcionamiento de dicha máquina, por tal las fallas que se tenga por manejo o regulación de proceso deberían reducir.

Inspección autónoma: Ya cumplido los pasos anteriores y teniendo la capacitación del personal operativo con mayor base y conocimientos, se procede a realizar las inspecciones autónomas realizando y apoyándonos en las listas de comprobación diarios por máquina, por turno. Este Check list se realizará en inspección durante el arranque, procesos y serán comparados y evaluados para eliminar cualquier inconsistencia y asegurar las actividades del mantenimiento autónomo.

La base del proyecto será la recolección de información por parte de los operadores de máquinas y técnicos de mantenimiento por tal los operadores contarán con los Check list rutinario y parámetros de regulación. Cabe recordar que algunos de estos formatos se encuentran en el SIG. Lo que, si se requiriera realizar algunas modificaciones, actualizaciones y aumentar la frecuencia de usos.

Ya una vez implementado este pilar, las reuniones diarias de 10 a 15 minutos con los operadores y controles de calidad será lo más indicado, ya que se tomará el papel importante que es los operadores. Reuniones simples que se puedan recolectar información importante y dar información de la gestión a los operadores, algunos datos como ordenes de producción, mantenimientos programados, etc.

3.2.6 Implementación del 3er. Pilar: Mantenimiento planificado (keikaku hozen)

Con el mantenimiento Planificado buscamos organizar las principales actividades en el proceso de mantenimiento de la maquina Leader Machinery 2, con el fin de lograr las “cero averías” durante su funcionamiento, asegurando la disponibilidad al máximo y facilitando el trabajo de mantenimiento, para lo cual se reforzará la capacitación al personal, así como a las áreas productivas relacionadas; brindándoles las competencias y habilidades requeridas para la ejecución de sus tareas.

Este pilar pretende optimizar el proceso de mantenimiento, lograr reducir costos operativos y tiempos. En la actualidad, no se cumple con el programa de mantenimiento preventivo, ya sea por órdenes de producción o por falta de repuestos, por el contrario, se termina realizando mantenimientos correctivos que representan mayores gastos económicos, pérdida de horas hombre y merma. El realizar un buen mantenimiento planificado impactará directamente en la reducción de las paradas no programadas.

Actualmente tenemos pérdidas por arranque de máquina de hasta 500kg a 700kg de materia prima

En la primera etapa de aplicación del Mantenimiento planificado, es importante el trabajo de limpieza por parte del personal de mantenimiento, lo cual ayudará a la identificación de los problemas que conducen a las averías y paradas de planta.

Iniciaremos los trabajos de limpieza en la zona del Alimentador PP y Dosificador carbonato de la zona de Alimentación y por otra parte en la zona de Laminado inferior y Chiller laminador del área de Laminado; zonas donde se identificaron la mayor cantidad de paradas no programadas.

Figura 15
Formato de control de limpieza en Mantenimiento

FICHA DE CONTROL DE LIMPIEZA		L-001
		Version 01
		Fecha
		Página 1 de 1
FECHA:		
MÁQUINA	ZONA	
RESPONSABLE		FRECUENCIA
ITEM	PROCEDIMIENTO	
1.0	LIMPIEZA ZONA ALIMENTADOR	
2.0	LIMPIEZA ZONA DOSIFICADOR CARBONATO	
3.0	LIMPIEZA TIEBLE CARBONATO	
4.0	LIMPIEZA ALIMENTADOR ADITIVOS	
5.0	LIMPIEZA ZONA ALIMENTADOR INFERIOR	
6.0	LIMPIEZA CHILLER LAMINADOR	
7.0	LIMPIEZA CTR SUPERIOR	
8.0	LIMPIEZA DOSIFICADOR PP	
9.0	LIMPIEZA EXTRUSOR PRINCIPAL	
10.0	LIMPIEZA BOMBA MELT. ENR. PRINCIPAL	
11.0	LIMPIEZA DE LOS CABEZALES DEL EXTRUSOR	
Observaciones:		
Mantenimiento		

Como mencionamos, en la actualidad solo se realizan mantenimientos correctivos; por lo que estableceremos un plan de mantenimiento preventivo, para el cual se listarán las actividades relacionadas al mantenimiento de la máquina Leader 2.

Figura 16
Listado de tareas de mantenimiento

N°	ACTIVIDAD	TIPO	LINEA
1	Limp de sistema de vacío	MECÁNICA	LDR2
2	Limp de dosif CaCO ₃ , carga, reproc y PP	MECÁNICA	LDR2
3	Limp general de maquina	MECÁNICA	LDR2
4	Limp fins, tanque, filtros y aspersores	MECÁNICA	LDR2
5	Insp de rodamientos de polines homo	MECÁNICA	LDR2
6	Limp y pulido de polines homo	MECÁNICA	LDR2
7	Limp filtr agua extrusores, CTR, chiller y limpieza electrovalvulas	MECÁNICA	LDR2
8	Limp de electrovalvulas y de purgadores de vapor de CTR de CAL	MECÁNICA	LDR2
9	Limp, inspección y cambio agua de chillers	MECÁNICA	LDR2
10	Insp - limp de fajas y cadenas de molino bordes, inspección y/o	MECÁNICA	LDR2
11	Lubric de cadenas y chumac tren formador	MECÁNICA	LDR2
12	Lubric rodam y juntas rotativas calandra	MECÁNICA	LDR2
13	Lubr guías lineales cortador de bordes	MECÁNICA	LDR2
14	Insp y limp filtr aceite caja engr extr	MECÁNICA	LDR2
15	Insp de interc calor placas caja engr extr	MECÁNICA	LDR2
16	Lubric de partes móviles de cizalla	MECÁNICA	LDR2
17	Limp y lubric rieles de máquina	MECÁNICA	LDR2
18	Limp tableros eléctricos extrusor	ELÉCTRICA	LDR2
19	Limp de bobinados motor extrusor	ELÉCTRICA	LDR2
20	Inspec y limp de variadores de velocidad	ELÉCTRICA	LDR2
21	Limp panel de comando calandra	ELÉCTRICA	LDR2
22	Limp tablero CTR, horno, molino, cizalla	ELÉCTRICA	LDR2
23	Calentamiento de extrusor 1.5 horas antes de concluir el prevent	ELÉCTRICA	LDR2

Las actividades de mantenimiento a realizar serán programadas de manera mensual y semanal, para lo cual se realizarán OT (Ordenes de trabajo específicas) esto con el fin de que el personal mecánico y operativo sepa que actividades debe realizar en cada mantenimiento.

Las OT servirán para realizar el seguimiento y control de las actividades realizadas y deben ser validadas por los Supervisores de Producción y Mantenimiento.

Figura 17
Formato de Programación de mantenimiento preventivo

PROGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								LMT-FO-0037	
								Versión	02
								Fecha	10/1/2011
								Página 1 de 1	
Mes									
SEM.	DÓMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO		

Figura 18
Lista de tareas de Mantenimiento Programado

LISTA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO										LMT-FO-0035		
										Revisión	ES	
										Fecha	15/11/2017	
										Página 1 de 1		
MAQUINA			LEADER 2			SEMANA				III		
Secuencia del	Fecha programada	Horario inicio hora y hora	Fin hora y hora	Responsable	Supervisor de Mantenimiento Superintendente de Mantenimiento							
01	LABORES GENERALES DE PLANTA	Responsable	Personal de Apoyo	Observaciones	1	2	3	4	5	6	7	8
LABORES MECANICAS												
01	Limp de sistema de vapor	PROYECTOR										
02	Limp de nivel C2/C3/C4 carga, sensores y PIR	PROYECTOR										
03	Limp general de máquina	PROYECTOR										
04	Limp de los cables de fuerza y agua caliente	PROYECTOR										
05	Reaj de tornillos de ajuste de sensores	PROYECTOR										
06	Limp y ajuste de poleas de accionamiento	PROYECTOR										
07	Limp de agua condensada de CTRF y limpieza de los conductos de CTRF	PROYECTOR										
08	Limp de almacenamiento para suspensiones de cables de CTRF de 2000 kg	PROYECTOR										
09	Limp, engrasado y cambio de aceite de lubricación											
10	Reaj. de nivel y calibración de medidor de nivel de agua de planta											
11	Calibración de sensores de nivel de agua											
12	Reaj. de nivel y calibración de medidor de nivel de agua de planta											
13	Reaj. de nivel y calibración de medidor de nivel de agua de planta											
14	Reaj. de nivel y calibración de medidor de nivel de agua de planta											
15	Reaj. de nivel y calibración de medidor de nivel de agua de planta											
16	Reaj. de nivel y calibración de medidor de nivel de agua de planta											
17	Reaj. de nivel y calibración de medidor de nivel de agua de planta											
LABORES ELECTRICAS												
18	Limp de tablero eléctrico estacion											
19	Limp de tablero eléctrico estacion											
20	Reaj. de nivel y calibración de medidor de nivel de agua de planta											
21	Limp y ajuste de poleas de accionamiento											
22	Limp y ajuste de poleas de accionamiento											
23	Calibración de sensores de nivel de agua de planta											
PROGRAMACION					Revisado por:		Aprobado por:		Hora de inicio:		CONFORMIDAD	
Programado por:					Superintendente de Producción		Superintendente de Mantenimiento		Hora de término:		Firmación:	
Fecha de Programación:									Total de horas:		Mantenimiento:	

El cronograma de este proyecto estaría basado en 12 meses, se debe tener algunas consideraciones como que el personal operativo trabaja en turnos rotativos, tanto de día y de noche por tal, se debe verificar que todos los trabajadores pasen por las capacitaciones.

Por la distancia y alejamiento de las instalaciones las capacitaciones se deben realizar dentro del horario de trabajo.

Por las nuevas condiciones de vida en la actualidad, se realizar grupo de 10 personas (cantidad de aforo permitido en el área de capacitaciones).

3.3 Diseño de indicadores

FICHA TECNICA DE INDICADOR	
Nombre	Eficiencia General de Equipos (OEE)
Objetivo	Cumplir requerimiento de Toneladas a producir.
Forma de cálculo	OEE=Disponibilidad x Rendimiento x Calidad
Unidad de medida	Porcentaje %
Referencias	0% - 64% Inaceptable Muy baja competitividad.
	65% - 74% Regular Baja competitividad.
	75% - 84% Aceptable Competitividad ligeramente baja.
	85% - 94% Buena Buena competitividad.
	95% - 100% Excelente Valores World Class. Excelente competitividad.
Valor actual	70.80%
Responsables del cálculo	Gerente de Producción
Frecuencia de cálculo	Mensual
Fuentes de información	Ficha de control de calidad

FICHA TECNICA DE INDICADOR	
Nombre	Producto no conforme (merma)
Objetivo	Generar valor agregado con la efectividad de nuestros procesos con la disminución del % de reciclable
Forma de cálculo	Total de Producción de Material no conforme /Total de Producción Bruta
Unidad de medida	Porcentaje %
Referencias	mayor a 5% valor ineficiente
	menor a 5% valor aceptable
Valor actual	7.80%
Responsables del cálculo	Gerente de Producción
Frecuencia de cálculo	Mensual
Fuentes de información	Ficha de control de calidad

FICHA TECNICA DE INDICADOR	
Nombre	MTTR (tiempo medio de reparaciones)
Objetivo	Minimizar el tiempo de reparaciones de un equipos para que vuelva a su normal funcionamiento.
Forma de cálculo	Tiempo medio de reparacione/ Numero de reparaciones
Unidad de medida	Horas
Referencias	mayor a 60 min valor ineficiente
	menor a 60 min valor aceptable
Valor actual	5.52 H
Responsables del cálculo	Asistente de mantenimiento
Frecuencia de cálculo	Mensual
Fuentes de información	Fichas de control de calidad

FICHA TECNICA DE INDICADOR					
Nombre	MTBF				
Objetivo	Maximizar el tiempo operativo de los equipos.				
Forma de cálculo	Tiempo total de funcionamiento /numero de fallos				
Unidad de medida	Horas				
Referencias	<table border="1"> <tr> <td>menor a 48 h</td> <td>valor ineficiente</td> </tr> <tr> <td>mayor a 48 h</td> <td>valor aceptable</td> </tr> </table>	menor a 48 h	valor ineficiente	mayor a 48 h	valor aceptable
menor a 48 h	valor ineficiente				
mayor a 48 h	valor aceptable				
Valor actual	16.74 H				
Responsables del cálculo	Asistente de mantenimiento				
Frecuencia de cálculo	Mensual				
Fuentes de información	Fichas de control de calidad				

3.4 Consideraciones para la implementación

Para el diseño e implementación de la propuesta es importante tener presente las siguientes limitaciones:

- El flujo de información, por motivos de confidencialidad de datos, la empresa pide que la información sea limitada, pero para este proyecto la información de producción es lo suficiente como para poder realizar la detección, planificación, análisis y correcciones necesarias. Además, la información será ejecutada en la misma área y será recibida por personal operativo como los operadores que cuentan con unas de 10 años en promedio en dicha empresa.
- Restricción de personal, el personal operativo cuenta en turnos de 12 horas tanto día y noche por tal la programación de las capacitaciones serán en horario de trabajo, para ver el modo de abarcar el mayor número personal para ser capacitados y en las mínimas sesiones para no incurrir en gastos innecesarios, Por parte de la empresa deberá facilitar con recursos para que los trabajadores puedan asistir a las capacitaciones programadas.

- En el proceso, adicionalmente no se puede detener el proceso para algunas revisiones de máquinas por que el puesto a punto del proceso incurre en un porcentaje elevado de producto no conforme.
- Por otro lado, la implementación representa un alto costo y un cambio de actitud organizacional, por tal el tiempo de implementación es largo, por lo cual los resultados no serán inmediatos.

3.5 Presupuesto de la solución: Gestión de recursos

En la evaluación económica se calculará los valores de VAN y TIR de acuerdo al flujo de caja de la empresa y las inversiones a realizar durante la puesta en marcha de la mejora propuesta.

Tabla 9
Inversión - Mantenimiento autónomo

COSTOS TANGIBLES					
Proyecto	Recursos	Cantidad Requerid	U.M	Valor Unitario	Total (\$)
1	Afiches-banners	100	UND	\$13.00	\$1300.00
2	Guías y copias	100	UND	\$12.00	\$1200.00
3	Plumones	50	UND	\$12.00	\$1200.00
4	Materiales instructivos	50	UND	\$15.00	\$2500.00
5	Tarjeta de 5s	100	UND	\$12.00	\$1200.00
6	Formatos de check list	100	UND	\$10.20	\$1020.00
7	Formatos de estándar words	100	UND	\$18.50	\$1850.00
8	Formato de limpieza estructuras	100	UND	\$18.50	\$1850.00
9	Cuaderno de registro de incidencias	5	UND	\$120.00	\$1000.00
10	Formato de lubricacion de las partes móviles	100	UND	\$12.00	\$1200.00
11	Armario para herramientas	2	UND	\$1950.00	\$3900.00
12	Pintado y delimitación de pisos pintura amarilla	20	GL	\$18.00	\$360.00
13	Iluminación fluorescentes	20	UND	\$180.00	\$3600.00
14	Organizadores de repuestos	2	UND	\$1300.00	\$2600.00
15	Herramientas de mantenimiento	4	JCO	\$14,200.00	\$56,800.00
16	Coches de herramientas	2	UND	\$1800.00	\$3600.00
17	Herramientas de lubricacion	1	JCO	\$1500.00	\$1500.00
18	Herramientas de limpieza	1	JCO	\$1500.00	\$1500.00
19	Periodico mural	4	UND	\$1200.00	\$4800.00
20	Tachos de basura de colores	4	UND	\$140.00	\$560.00
21	Acondicionamiento de cilindros para desechos	4	UND	\$140.00	\$560.00
				Total Costos directos Materiales	\$14,330.00

Tabla 10:

Inversión - Mantenimiento planificado

COSTOS TANGIBLES					
Proyecto	Recurso	Cantidad Requerida	U.M	Valor Unitario	Total (S/.)
1	Material capacitación	10	UND	S/15.00	S/150.00
2	Block de inducción	10	UND	S/4.50	S/45.00
3	Lapiceros	10	UND	S/0.50	S/5.00
4	Plumones	5	UND	S/2.00	S/10.00
5	Material instructivo	50	UND	S/5.00	S/250.00
6	Archivador	20	UND	S/4.50	S/90.00
7	Equipo de cómputo	2	UND	S/3,500.00	S/7,000.00
8	Memoria externa	2	UND	S/450.00	S/900.00
9	Escritorio	2	UND	S/350.00	S/700.00
10	Licencia de programas	2	UND	S/150.00	S/300.00
11	Kit de oficina	2	UND	S/60.00	S/120.00
12	Herramientas de diagnóstico	2	JGO	S/4,500.00	S/9,000.00
13	Periodico mural	1	UND	S/120.00	S/120.00
				Total Costos directos Materiales	S/18,690.00

Tabla 11

Inversión - Capacitación

Item	Importe s/	Mensual	Día	Hora	# Trabajadores
Supervisor		S/4,100.00	S/205.00	S/25.63	4
Analista de producción		S/3,500.00	S/175.00	S/21.88	1
Superintendente de producción		S/5,800.00	S/290.00	S/36.25	1
Planificador de mantenimiento		S/3,500.00	S/175.00	S/21.88	1
Lider de implementación		S/4,800.00	S/240.00	S/30.00	1
Personal Operador		S/2,000.00	S/100.00	S/12.50	12
Personal operario y control de calidad		S/1,500.00	S/75.00	S/9.38	60
Capacitación externa por 24 horas en mantenimiento planificado	S/6,500.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
Capacitación externa por 24 horas en mantenimiento planificado	S/3,500.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	

Tabla 12

Costo Intangible del proyecto por Tipo de Recurso (HH)

Actividad / Paso	Costo Intangible del proyecto por Tipo de Recurso (HH)							
	Externo	Superintendente de producción	Planificador de mantenimiento	supervisor	Analista de producción	Lider de Implementado	OPERADOR	OPERARIO/ C. CALIDAD
Contar con el compromiso del directorio		12	12	8	8	8		
Conformar el equipo de trabajo Mantenimiento planificado		8	8	8	8	8		
Capacitación preliminar		8	8	8	8	8		
Diseñar una plantilla Informativa 5S y autónomo		8	8	8	8	8		
Identificar el área piloto de 5s		4	4	4	4	4	4	4
Definir los KPI (Indicadores)		8	4	4	4	4	4	4
Realizar el mapeo de los equipos y componentes		20	20	15	15	15	15	15
Aplicar conceptos de mantenimiento planificado		10	10	10	10	10	10	10
Implementación de 5s		8	8	8	8	8	8	8
Mantenimiento planificado		8	4	4	2	2	2	2
Capacitación personal-operativo	2	12	24	24	24	24	24	24
Capturar los KPI definidos		4	4	4	4	4	4	4
Validar el proceso mejorado previo a la Implementación		4	4	4	2	2	2	2
Documentar las mejoras		6	6	4	8	4	4	4
Compartir las buenas prácticas		6	3	4	4	4	4	4
Nivel de precisión (+/- 2%)	2	126	127	117	117	113	81	81
Costo de HH - Personal Interno	S/ 89,780	S/ 10,000	S/ 4,568	S/ 2,778	S/11,992.50	S/ 2,559	S/ 10,170.00	S/ 12,150.00
Costo de HH - capacitación externa	S/ 10,000							
Total Costos Directos del Proyecto - HH	S/ 99,780							

Para el cálculo de la inversión total el proyecto sumaremos la inversión en materiales a emplear durante la capacitación en el mantenimiento autónomo y planificado más los costos directos del proyecto.

Tabla 13
Costo del proyecto

Costo del proyecto		
Total Costos Directos del Proyecto - H	S/	99,780
Total Costos directos Materiales	S/	33,020
Costo Total	S/	132,800

3.6 Cronograma de desarrollo: Gestión del tiempo

Tabla 14
Cronograma de desarrollo

ETAPAS	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			
		15	25	31	15	25	31	15	25	31	15	25	31	15	25	31	15	25	31	15	25	31	15	25	31	15	25	31	15	25	31	15	25	31				
ETAPAS 1: PREPARACION	Compromiso de la alta gerencia	■																																				
	Campana de difusión del método	■	■																																			
	Creación de organización:	■	■																																			
	Política básica y metas:	■	■																																			
	Plan piloto: Etapa de implantación	■	■																																			
ETAPA 2	Inicio de la implantación:				■																																	
ETAPA 3: IMPLEMENTACION	Inicio con 7mo pilar formación y entrenamiento a todo nivel organizacional				■	■																																
	1er Pilar mejoras enfocadas “Kobetsu-Kaisen” para la obtención de la eficiencia de los equipos e instalaciones.						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Establecimiento del 2do pilar Mantenimiento autónomo.							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Establecimiento de 3er pilar mantenimiento planificado								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Aplicación plena del TPM e incremento de los respectivos niveles.																																				■	

4. Capítulo IV: Resultados del proyecto

4.1 Resultados de los indicadores

El margen de fechas de evaluación de los indicadores fue realizado entre enero 2021 a octubre del 2021. No se toma en consideración el año del 2020 por temas de Covid-19 siendo un año atípico a otros.

Tabla 15
Resultado de los indicadores

	objetivo	valor inicial	valor final	variación	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21
MTTR (min)	60	331.2	169.7	↓ 49%	181	160	175	161	181	174	160	179	162	164
MTBF (h)	48	16.74	33.8	↑ 102%	27	33	42	42	37	37	25	25	39	31
PNC (%)	5%	7.7%	6.1%	↓ 21%	7.4%	5.1%	6.5%	5.6%	4.9%	6.3%	6.6%	6.7%	5.4%	6.4%
OEE (%)	85%	70.2	79.34	↑ 13%	81.1	77.9	77.3	78.8	79.2	77.6	83.2	75.8	84.1	78.4



Producción (Ton)	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	ACC	
2019	567	636.4	844	778	772	879	960	802	716	633	772	
2021	971	734	969	879	874	764	747	928	871	915	865	↑ 12.0%

COSTO PRODUCCION NO CONFORME (\$/TON)	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	ACC	
2019	735.7	841.6	603.7	565.9	671.6	747.9	862.1	951.4	1094.8	1204.5	8279.1	
2020	866.0	732.1	806.4	822.4	793.1	713.1	762.0	750.0	780.0	740.0	7765.1	↑ -6.2%

4.2 Evaluación del impacto económico

Se presenta el escenario esperado para el proyecto y sus respectivos indicadores financieros en los 3 escenarios.

Tabla 16:
Escenario esperado

ESCENARIO ESPERADO	0	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
(+) Ingreso por ahorros de paradas		S/ 26,950	S/28,346	S/ 28,979	S/ 25,654	S/ 29,786	S/ 28,375	S/ 27,084	S/27,608	S/26,084	S/ 27,613	S/ 25,733	S/ 29,791
(-) Costos		-S/ 10,780	-S/11,338	-S/ 11,592	-S/10,261	-S/ 11,914	-S/ 11,350	-S/ 10,834	-S/11,043	-S/10,434	-S/ 11,045	-S/ 10,293	-S/ 11,916
(-) Costos mantenimiento planificado		-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500	-S/ 2,500
(-) Depreciación		-S/ 10,000	-S/10,000	-S/ 10,000	-S/10,000	-S/ 10,000	-S/ 10,000	-S/ 10,000	-S/10,000	-S/10,000	-S/ 10,000	-S/ 10,000	-S/ 10,000
(=) UAI = EBIT		S/ 3,670	S/ 4,507	S/ 4,887	S/ 2,892	S/ 5,371	S/ 4,525	S/ 3,750	S/ 4,065	S/ 3,151	S/ 4,068	S/ 2,940	S/ 5,374
(-) Impuesto		-S/ 661	-S/ 811	-S/ 880	-S/ 521	-S/ 967	-S/ 815	-S/ 675	-S/ 732	-S/ 567	-S/ 732	-S/ 529	-S/ 967
(+) Depreciación		S/ 10,000	S/10,000	S/10,000	S/10,000	S/ 10,000	S/ 10,000	S/ 10,000	S/10,000	S/10,000	S/ 10,000	S/ 10,000	S/ 10,000
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/ 3,670	S/ 4,507	S/ 4,887	S/ 2,892	S/ 5,371	S/ 4,525	S/ 3,750	S/ 4,065	S/ 3,151	S/ 4,068	S/ 2,940	S/ 5,374
Gastos Netos de Capital	-S/ 132,800												
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad	-S/ 132,800	S/ 13,009	S/13,696	S/ 14,008	S/ 12,372	S/ 14,405	S/ 13,711	S/ 13,075	S/13,333	S/12,583	S/ 13,336	S/ 12,411	S/ 14,407
	-S/ 132,800	-S/ 119,791	-S/ 106,094	-S/ 92,087	-S/ 79,715	-S/ 65,311	-S/ 51,600	-S/ 38,525	-S/ 25,191	-S/ 12,608	S/ 728	S/ 13,138	S/ 27,545

Indicadores Financieros	
COK	1.17%
Valor Actual Neto (VAN)	S/15,824
Tasa Interna de Retorno (TIR)	0.25%
PAYBACK	9.57

Anual
15%

Indicadores Financieros	
COK	1.17%
Valor Actual Neto (VAN)	-S/30,127
Tasa Interna de Retorno (TIR)	-0.23%
PAYBACK	14.16

Indicadores Financieros	
COK	1.17%
Valor Actual Neto (VAN)	S/78,257
Tasa Interna de Retorno (TIR)	0.80%
PAYBACK	6.75

4.3 Evaluación de impactos no económicos

Aumentar las competencias del equipo operacional, mejora la capacidad de solución del área de producción, teniendo personal cualificado, para afrontar nuevo proyectos o retos productivos, como la innovación de un nuevo producto u otros proyectos a futuros.

Mejora la imagen de la empresa, debido a ser una empresa que utiliza material post-industrial (refiles, empaques, etc) por tal mejorando el proceso podríamos utilizar material post-consumo. Esta última podría ser beneficioso para obtener y buscar un Know how en reciclaje de plásticos y poder crear una económica circular, dándose a conocer y mejorando la imagen de la empresa como una empresa que cuida el medio ambiente.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El objetivo principal era pasar el OEE de un valor de 70% a 85%, después del proyecto se mejoró solo en un 13%, siendo un valor aproximado del 80% en lo que va acumulado del año. Según la tabla del OEE el proceso paso de tener una calificación REGULAR a ACEPTABLE el cual tienen consecuencia de ligeras pérdidas económicas con competitividad ligeramente baja.

A pesar de no obtener el resultado deseado, hubo también mejoras notables en la producción aumento total en un 12%, subiendo desde 772 ton a 865 ton promedio mensual.

La disminución del porcentaje de producto no conforme de 7.7% a un 6.1%, acumulado. Esto también nos permite disminuir el costo de merma en un 6.2%, esto

significa que hubo una mejora en la eficiencia considerable sin realizar una gran inversión.

También otro resultado notable fue la disminución de los indicadores de mantenimiento en el tiempo de respuesta con un MTTR en una 49% y tiempo entre falla MTBF aumentar en un 102%.

Los motivos por el cual no se llegó al resultado fueron por unos repuestos críticos en la parte de laminado ya que su alto costo, logística e instalación son su principal dificultad de adquisición, estos resultados fueron obtenidos después de la implementación del proyecto el cual dio pie a dos proyectos, uno de reingeniería diseño, fabricación de rodillos de calandra de modo local y no de importación. Otro proyecto que se parte de este proyecto como continuidad fue la implementación de Lean Manufacturing, siendo implementado a finales del 2021, como política de la empresa.

5.2 Recomendaciones

Se evidenció que hubo una gran mejora en el área de producción, tomando en cuenta como base la capacitación del personal, “tecnificación de los operadores”, pero por ser dependiente del capital humano, la constante rotación de personal es un factor negativo muy importante, por tal la fidelización del personal con la empresa es un trabajo más complejo. Con el tema de la rotación del personal, las capacitaciones deben ser consideradas como plan anual constante. Por tal se debe evitar la fuga de talentos.

El tema de los indicadores debe ser de conocimiento de todo el personal productivo, para saber el objetivo a que se quiere llegar. (definición de estándares y ser publicados).

El proceso por ser un proceso que trabaja con material reciclado es una opción de contribuir con la reducción de la contaminación de los plásticos en el mundo, por tal un certificado ambiental podría dar una nueva imagen de una empresa ecologista.

Bibliografía

- García, M. A., Angulo, P. S., Martín, J. J., & Melero, J. G. (2012). Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED. *Technical Industrial*, 298, 46–54.
- Morales Méndez, J. D., & Rodríguez, R. S. (2017). Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(1–4), 1013–1026. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0052-4>
- Bogataj, D., & Bogataj, M. (2019). NPV approach to material requirements planning theory—a 50-year review of these research achievements. In *International Journal of Production Research* (Vol. 57, Issues 15–16, pp. 5137–5153). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1524167>
- Chiarini, A. (2015). Improvement of OEE performance using a Lean Six Sigma approach: An Italian manufacturing case study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 16(4), 416–433. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2015.072414>
- da Silva, Iris Benda Silva, I. B., & Godinho Filho, M. (2019, J. 19). S. exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. I. J. of A. M. T. S. L. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>, & Godinho Filho, M. (2019). Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. In *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (Vol. 102, Issues 9–12, pp. 4289–4307). Springer London. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>
- Datos sobre la producción de plásticos - ES | Greenpeace España.* (n.d.). Retrieved December 7, 2019, from <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
- Fonseca-Junior, M., Holanda-Bezerra, U., Cabral-Leite, J., & Reyes-Carvajal, T. L. (2015). Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. *DYNA (Colombia)*, 82(194), 139–149. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n194.47642>
- Kareem, J. A. H., & Talib, N. A. (2015). A review on 5S and total productive maintenance and impact of their implementation in industrial organizations. In *Advanced Science Letters* (Vol. 21, Issue 5, pp. 1073–1082). American Scientific Publishers. <https://doi.org/10.1166/asl.2015.6084>
- Kelly, A., & Harris, M. J. (M. J. (1978). *Management of industrial maintenance*. Newnes-Butterworths. <https://es.slideshare.net/JorgeGamarraTolentino/libro-demantenimientoindustrial-24925104>