

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**PROPUESTA DE MEJORA DE LA CONFIABILIDAD EN LA
GENERACIÓN DE VAPOR MEDIANTE EL USO DE
HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN PLANTA DE
EVAPORACIÓN DE LECHE.**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE
OPERACIONES**

AUTOR

ESPINOZA SORIANO, CAYO TEOFILO

ASESOR:

PAZ COLLADO, SANDRO ALBERTO

Febrero, 2021

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal presentar propuestas de uso de herramientas Lean Manufacturing aplicado al área de servicios industriales, áreas en la que se tiene la oportunidad tan igual que las de producción de implementar practicas o herramientas Lean que nos ayudaran a eliminar desperdicios y mejorar dichos procesos.

Para este caso y en particular se eligió al área de generación de vapor de una empresa que tiene como principal operación, la evaporación de leche, lo cual y consecuentemente es uno de los principales insumos y fuentes para la transformación de la materia prima - el vapor.

Así, en la primera parte describimos el marco teórico y las distintas herramientas que oferta Lean manufacturing, esto nos permitirá seleccionar y proponer cual y en qué momento poder aplicarla al proceso de generación de vapor en el área de servicios industriales.

El éxito y sostenibilidad del uso de las herramientas Lean dependerá de la metodología o forma de implementarlo por ello y seguidamente describimos y analizamos los pasos de ejecución de tal manera que desarrollemos y avancemos en adquirir competencias superiores bajo los principios de Lean Manufacturing.

Luego, realizamos una descripción del sector, la empresa, los procesos principales y acotamos y estudiamos el área de generación de vapor para encontrar las oportunidades de mejora y aplicación de las herramientas Lean. De aquí que damos importancia a la competencia de crear estabilidad y al uso de la herramienta Centerlining y Cadena de ayuda de tal manera que mejoremos la confiabilidad de la generación de vapor eliminando la posibilidad de fallos y pérdidas (mudas).

Posteriormente se presenta la evaluación económica donde se cuantifica los costos, impactos financieros y no financieros de la propuesta de implementación de herramientas Lean en la mencionada área de proceso, obteniendo:

- Un TIR de 145% y la relación B/C es de ganar 2.8 soles por cada sol invertido. Y en la estimación se tiene una ganancia de S/. 904, 890 soles luego del año 0 que es el de inversión.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme fuerzas, guiarme
y cuidar a mis seres queridos.

Por todas las bendiciones y retos que me da.

A mis padres Teófilo y Avelina por sus enseñanzas y
apoyo constante.

A mi esposa e hijos que son la razón de vivir.

A mis maestros, profesores y todos quienes con sus enseñanzas
y observaciones forjaron y aportaron en mi desarrollo profesional
y personal.

A todos muchas y eternamente gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE TABLAS.	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.	VIII
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes de la Manufactura Esbelta	1
1.2. Descripción de la Manufactura Esbelta	4
1.3. Principios de la Manufactura Esbelta	5
1.3.1 Primer Principio: Comprometer a nuestra gente	5
1.3.2 Segundo Principio: Entender el concepto de valor	5
1.3.3 Tercer Principio: Evaluar qué actividades agregan valor o no.	5
1.3.4 Cuarto Principio: Eliminar las actividades que No Agregan Valor	6
1.3.5 Quinto Principio: Mejorar continuamente la creación de valor	6
1.4 Las Ocho Principales Pérdidas o MUDAS.	6
1.5 Competencias Lean y Herramientas del Sistema Lean	7
1.5.1 Competencias de Lean	7
1.5.2 Principales herramientas Lean.	8
1.5.2.1 Herramientas para Crear estabilidad	10
1.5.2.2 Herramientas para Crear Flujo	14
1.5.2.3. Herramientas de crear pull	18
1.6 Confiabilidad Operacional.	21

1.6.1 Confiabilidad R(t)	21
1.6.2 Tasas de Fallos	22
1.6.3 Cálculos de Confiabilidad	23
1.6.3 La Curva de Davies o de la Bañera	24
1.6.4 Medición de la Confiabilidad.	26
1.6.5 Confiabilidad y Lean Manufacturing	28
1.7 Sistemas de Generación de Vapor	29
1.7.1. Calderas de Vapor:	30
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN PARA ADQUIRIR LAS COMPETENCIAS.	33
2.1 Paso 1: Preparar a las Personas para Ver	33
2.2 Paso 2: Medir e identificar las Causas Raíz	34
2.3 Paso 3: Analizar y Eliminar las Causas Raíz.	34
2.4 Paso 4: Estandarizar la Nueva Forma de Trabajo y Construir Sentido de Pertenencia.	35
2.5 Paso 5: Crear e Implementar las Rutinas para sostener los estándares.	36
2.6 Paso 6: Integra las competencias y la mejora Continua.	36
CAPÍTULO 3.: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN EL ÁREA GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.	37
3.1 La Empresa.	37
3.2 Áreas Funcionales de la Empresa	37
3.3 Descripción del Proceso de Evaporación de Leche.	38
3.4 La Confiabilidad Operacional en la Empresa.	39
3.4.1 Medición del Tiempo medio entre Fallas MTBF.	39
3.4.2 Estado de la Implementación de Lean Manufacturing en la Empresa	41
3.5 Implementación de herramienta Lean en el área de generación y distribución de vapor.	43

3.5.1 Centerlining	43
3.5.2 PASO 1: Preparar a las personas para ver.	44
3.5.3 PASO 2: Medir e identificar las causas raíz	50
3.5.4 PASO 3: Identificar y Eliminar las Causas Raíz	57
3.5.5 PASO 4: Estandarizar la Nueva Forma de Trabajo	64
3.5.6 PASO 5: Crear e implementar las rutinas para sostener los Estándares	66
3.5.7 PASO 6: Integrar las competencias y la mejora continua.	72
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN EL ÁREA DE GENERACIÓN DE VAPOR	74
4.1. Beneficios financieros.	74
4.1.1 Beneficios por reducir las pérdidas por parada técnica o fallo.	74
4.1.2 Beneficios por mejora en el ajuste de los parámetros de operación	76
4.2 Beneficios No financieros.	78
4.2.1 Beneficios medioambientales.	78
4.2.2 Beneficios en seguridad industrial.	79
4.2.3 Aprendizajes y mejora de la actitud.	79
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
5.1 CONCLUSIONES	80
5.2 RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Selección de Herramientas Lean según Problemas comunes.	35
Tabla 2 Paros técnicos no Programados en Año 1 y Año2 respectivamente.....	39
Tabla 3 Total de Horas trabajadas versus total de Horas por paros técnicos no programados.....	40
Tabla 4 Parámetros de operación de la generación de vapor.....	54
Tabla 5 Listado de parámetros y su priorización.	58
Tabla 6 Propósito y transformación de variables.....	60
Tabla 7 Planes de acción de cada variable.....	62
Tabla 8 Centerlining de parámetros o variables de operación de la generación de vapor.	65
Tabla 9 Cadena de ayuda de servicios industriales.....	69
Tabla 10 Directorio de cadena de Ayuda.....	70
Tabla 11 Disminución en Horas y número de PTNP.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Historia de la Manufactura esbelta	3
Figura 2 Historia de la Manufactura Esbelta y Principales Actores	3
Figura 3 Modos de Manufactura en Línea de Tiempo.....	4
Figura 4 Desperdicios o Mudas	7
Figura 5 Competencias Lean	8
Figura 6 Herramientas Lean para cada Competencia	9
Figura 7 Tipo de Anormalidades	10
Figura 8 Cadena de ayuda.....	11
Figura 9 Centerline o puntos de ajuste.....	11
Figura 10 Los Fundamentos del mantenimiento.....	12
Figura 11 Ilustración del proceso de la creación de un trabajo estándar.	13
Figura 12 Ilustración de la aplicación de Jidoka: Poka Yoke y Andon.	13
Figura 13 Ilustración de la aplicación de Jidoka: Poka Yoke y Andon.	14
Figura 14 Estructura de una base de dato del plan de cada parte.	15
Figura 15 Ilustración del Área del Punto de Uso.....	15
Figura 16 Ilustración de un proceso con Just in Time.	16
Figura 17 Ilustración de Milk Run.....	17
Figura 18 Ilustración Mizusumashi.	18
Figura 19 Tarjeta Kamban.	19
Figura 20 Ilustración de Supermercado.	19
Figura 21 Ilustración de Células de Producción.	20
Figura 22 Ilustración terminó KAIZEN.....	20
Figura: 23 Factores de la Confiabilidad Operacional	21
Figura 24 Curva de Desgaste vs Costos.....	23
Figura 25 Curva de Supervivencia.....	24

Figura 26 Función de la Tasa de Fallos	24
Figura 27. Curva de Davies o de la Bañera	25
Figura 28 Análisis de Averías.....	27
Figura 29 Ciclo del Vapor.....	30
Figura 30 Caldera Piro tubular.....	31
Figura 31 Caldera Acuatubular	31
Figura 32 Distribución de Vapor y Retorno de Condensados.	32
Figura 33 Sistema de Generación y distribución de Vapor	32
Figura 34 Pasos de Implementación de Herramientas Lean.....	33
Figura 35 Áreas Funcionales de la empresa.	38
Figura 36 Diagrama de procesos de evaporación de leche.....	39
Figura 37 Tiempo medio entre fallas del proceso de evaporación.	40
Figura 38 Paros Técnicos no programados Año 1 y parte del año 2. Julio. Antes de Implementación de Lean.....	41
Figura 39 Fases de la implementación de Lean Manufacturing en la Empresa en Estudio	42
Figura 40 Paneles de control de Aeronaves, de la derecha más compleja que la otra.	43
Figura 41 Flow Sheet General de Procesos	45
Figura 42 Layout General de Planta	46
Figura 43 Equipo de Trabajo	46
Figura 44 Matriz de Competencias del Equipo de Trabajo	47
Figura 45 Análisis de brechas de las competencias del equipo de trabajo	47
Figura 46 Plan de desarrollo del equipo de trabajo.....	48
Figura 47 Cronograma de desarrollo del equipo de trabajo.....	49
Figura 48 Eficiencias de combustión de caldera Cleaver	50
Figura 49 Atributos que el cliente considera de valor sobre el producto.....	51

Figura 50 Vínculo con los atributos.....	51
Figura 51 Mudanzas del proceso de generación de vapor.....	52
Figura 52 Clasificación de los parámetros de operación por tipo de ajuste.....	55
Figura 53 Identificación de parámetros (variables) en flow sheet de generación de vapor.	56
Figura 54 Pareto de impacto esfuerzo de las variables de operación del caldero.....	59
Figura 55 Propósito y transformación de variables.	60
Figura 56 Centerline de control de presiones de combustión.	63
Figura 57 Control de montaje y ajuste de cuerpo de quemador.	63
Figura 58 Centerlining Atomizador de petróleo.	64
Figura 59. Centerlining posición y control de servomotor de atomizador de aire.....	64
Figura 60. Centerlining Atomizador de petróleo.	65
Figura 61 Tipos de Lección de un Punto – LUP.....	66
Figura 62 Lección de un punto del Centerlining	67
Figura 63 Proceso de rutinaeEstándar para la sostenibilidad del control de los centerlines	67
Figura 64 Indicador de seguimiento de los Centerlines.....	68
Figura 65 Tablero de cambio de turno en servicios industriales – sala de calderos. ...	68
Figura 66 Eficiencia de combustion antes y después de implementación de Centerline	71
Figura 67 Consumo promedio antes y después de la implementación de Centerline..	71
Figura 68 MTBF antes y después de la implementación de Centerline	72
Figura 69 FODA del área de Servicios Industriales	73
Figura 70 Mejora en horas en los paros técnicos no programados - PTNP con la implementación de Lean.....	75
Figura 71 Mejora en números de Paros Técnicos No Programados con la implementación de Lean.....	76

INTRODUCCIÓN.

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la Manufactura Esbelta

“El punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa” (Rajadell 2010:10). En inicios de “los años 1900 la producción preponderante fue la artesanal, es decir los productos se fabricaban a pedido del cliente, lo que conllevaba a tiempos largos de espera, altos costos” (Lema 2014:11), y mayores desperdicios.

Con Fred Winslow Taylor se inició “al paso de la fabricación artesanal a la producción en masa” (Lema 2014:11); en la industria del automóvil. Esta se basó en el estudio de tiempos, movimientos y la estandarización del trabajo.

Tomando como referencia lo anterior, Henry Ford continuó forjando el pensamiento esbelto, logrando reducir el tiempo del ciclo de fabricación de un auto de horas a minutos, implementado una revisión de las partes o componentes para reducirlos y estandarizarlos, también se fijó en el movimiento del personal técnico estableciendo la línea o cadena de montaje, teniendo como resultado la producción en escala siendo el monopolio en el sector automotriz. Sin embargo, esta línea de fabricación no tuvo en cuenta los gustos y necesidades del cliente y/o consumidor, solo pensó en la reducción de costos de fabricación.

Por otro lado, y “a finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga” (Hernández 2013:13).

En la primavera de 1950, un joven ingeniero japonés, Eiji Toyoda, realizó un viaje de tres meses de duración a la planta Rouge de Ford, en Detroit, y se dio cuenta de que el principal problema de un sistema de producción son los despilfarros o desperdicios. Además, era un sistema difícilmente aplicable en Japón en aquellos tiempos, por las siguientes razones:

- El mercado japonés era bastante pequeño y exigía una amplia gama de distintos tipos de coches.

- Las leyes laborales impuestas por los norteamericanos en el mercado de trabajo japonés impedían el despido libre.
- La Toyota y el resto de las empresas japonesas no disponían de capital para comprar tecnología occidental y su volumen no permitía la reducción de costes, alcanzada por las compañías de EE UU (Rajadell 2010: 12).

“Los japoneses se concienciaron de la precariedad de su posición en el escenario económico mundial; ya que desprovistos de materias primas energéticas, solo podían contar con ellos mismos para sobrevivir y desarrollarse. Mientras en la industria automovilística norteamericana se utilizaba un método de reducción de costes al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, en Toyota se plantea la fabricación, a un buen precio, de pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes” (Rajadell 2010:13).

Toyota utilizó “metodologías y técnicas para el logro del Sistema de Producción Toyota” (Lema 2014:12). Implementando un sistema continuo de piezas en las estaciones de trabajo con mínimos inventarios de seguridad. “Hizo que el sistema sea lo suficientemente flexible para que pudiese cambiar en torno a la demanda (sistema jalar o Just in time). Adoptó conceptos de Edward Deming entorno a la mejora continua (ciclo Planear-Hacer-Revisar-Actuar) conocido con el termino Kaizen” (Lema 2014:12).

“A más tardar a mediados de 1990, se empezó a escuchar de producción esbelta en el libro *The Machine that changed the world* escrito por James P. Womack y Daniel T. Jones” (Lema 2014:12).

En la figura 1 “se muestra las innovaciones y hechos de la historia que dieron pie al desarrollo de lo que ahora conocemos como manufactura esbelta” (Lema 2014:12, ilustración 1.1).

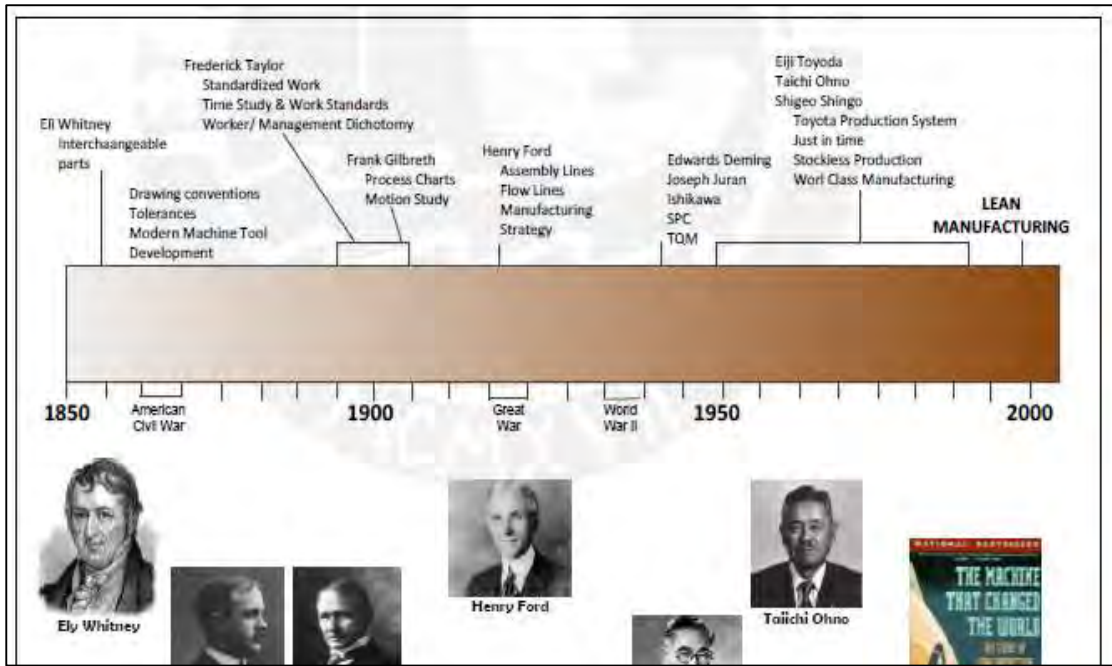


Figura 1 Historia de la Manufactura esbelta
Fuente: Lema 2014:12, ilustración 1.1.



Figura 2 Historia de la Manufactura Esbelta y Principales Actores
Fuente: Lema 2014:12, ilustración 1.1.

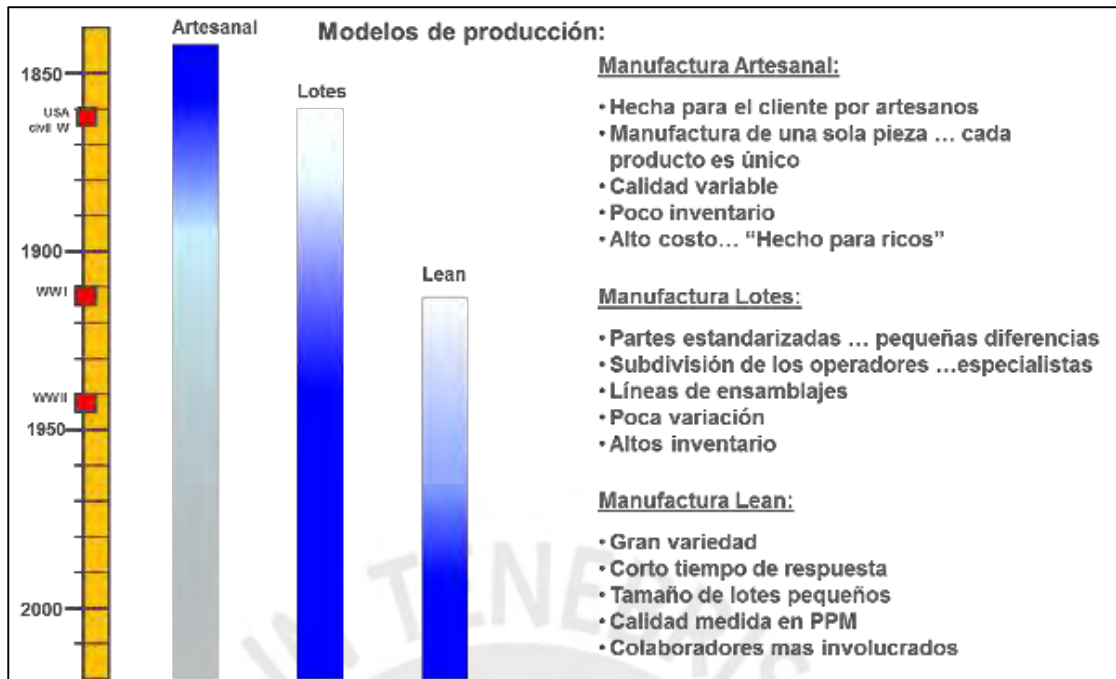


Figura 3 Modos de Manufactura en Línea de Tiempo
Fuente: Lema 2014:12, ilustración 1.1.

1.2. Descripción de la Manufactura Esbelta

“Este sistema de producción busca satisfacer al cliente con el menor empleo de recursos a través de la continua eliminación de desperdicios o excesos” (Lema 2014: 9). “Como se sabe las necesidades del cliente cambian y por ende el mercado, es por ello la importancia” (Lema 2014: 13). De que los procesos de manufactura sean flexibles en respuesta a lo que el mercado está dispuesto a pagar.

Lean Manufacturing es más que un conjunto de herramientas o metodología, es un modelo de pensar que todos y cada uno los integrantes de una empresa (gerentes, empleados, obreros, temporales, etc.) deben internalizar en el diario que hacer.

Cada paso en la cadena de valor (la cadena productiva) afecta la generación de valor directa o indirectamente por tanto Lean Manufacturing debe implementarse a lo largo y en cada parte de dicha cadena.

“El pensamiento Lean provee una manera de hacer **más** con **menos**; menor esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo, menos espacio, acercándose más a lo que los clientes quieren exactamente” (Palomino 2012:10).

1.3. Principios de la Manufactura Esbelta

“La manufactura esbelta se basa en cinco principios básicos según Womack y James (1996) los cuales se definen a continuación” (Lema 2014:13):

1.3.1 Primer Principio: Comprometer a nuestra gente

Desarrollando, empoderando, e involucrando a nuestra gente para apoyar la creación de valor para nuestros consumidores y clientes.

Alinear a la gente (a todos los colaboradores) para movernos desde un enfoque funcional a un negocio impulsado por la cadena de valor.

1.3.2 Segundo Principio: Entender el concepto de valor

“Tal como es percibido por nuestros consumidores y clientes. El valor es definido por el cliente final, por lo que una compañía debe identificar qué es lo que realmente valora o es significativo para el cliente y así dirigir sus esfuerzos en satisfacer dichas necesidades” (Lema 2014:13).

Así tenemos:

- Actividades que No Agregan Valor (NVA): “Desperdicio. Es todo por lo que el consumidor no está dispuesto a pagar” (Ramos 2012: 114).
- Actividades que Agregan Valor (VA): Actividades que aumentan la percepción de valor en los consumidores.

1.3.3 Tercer Principio: Evaluar qué actividades agregan valor o no.

Trabajando en todos los procesos de la cadena de valor y/o “A lo largo de los procesos productivos se realizan diversas actividades para convertir la materia prima en producto terminado” (Lema 2014: 13). Por tanto, las actividades que específicamente transforman la materia prima son las que el cliente observa tangiblemente, a estas se les llama las actividades que agregan valor. Y por otro lado existen otras actividades que no transforman la materia prima pero que son necesarias realizarlas estas son la que no agregan valor.

1.3.4 Cuarto Principio: Eliminar las actividades que No Agregan Valor

Identificadas y evaluadas las actividades que no agregan valor, estas deben ser eliminadas (y en el peor escenario minimizadas) con lo que se lograra liberar tiempo y recursos para las actividades que agregan valor (VA). Así bajo el pensamiento Lean luego de determinar los atributos que el cliente está dispuesto a pagar con sus respectivas actividades que agregan valor, estas se maximizaran.

1.3.5 Quinto Principio: Mejorar continuamente la creación de valor

Persiguiendo implacablemente la eliminación de Actividades que no agreguen valor (NVA) y la optimización de las actividades que si agreguen valor (VA), el quinto principio es la búsqueda constante de la perfección de la eficiencia y eficacia de toda la cadena de valor.

1.4 Las Ocho Principales Pérdidas o MUDAS.

En Lean Manufacturing desperdicios se conoce como “Muda y es todo aquello que no agrega valor al producto, proceso o servicio. Es una actividad o función que consume recursos de la línea de producción, pero que no genera valor ante la perspectiva del cliente” (Palomino 2012:11).

1. **Sobreproducción:** Producir más de lo que es necesario, más rápido de lo necesario o antes de lo necesario.
2. **Exceso de Transporte:** Exceso de entregas, envíos, almacén remoto, movimientos dentro y entre departamentos.
3. **Sobre Inventario:** Material excesivo sin control entre procesos.
4. **Espera:** De material, insumo, repuesto, herramienta, información, herramientas, etc. que no está a tiempo para la ejecución de algún proceso.
5. **Sobre Procesos:** Hacer más procesos que el cliente quiere (o necesita), procesos innecesarios, etc.
6. **Errores / Defectos / Re-trabajos:** No lograr la especificación, característica o estándar establecido.
7. **Exceso de Movimiento:** Movimientos de los operadores en el área de trabajo innecesarios que no agregue valor al producto.

8. **Conocimiento/habilidades sub-utilizadas:** Utilizar el talento de las personas en los lugares equivocados, o no utilizarlos al máximo potencial en una tarea asignada.

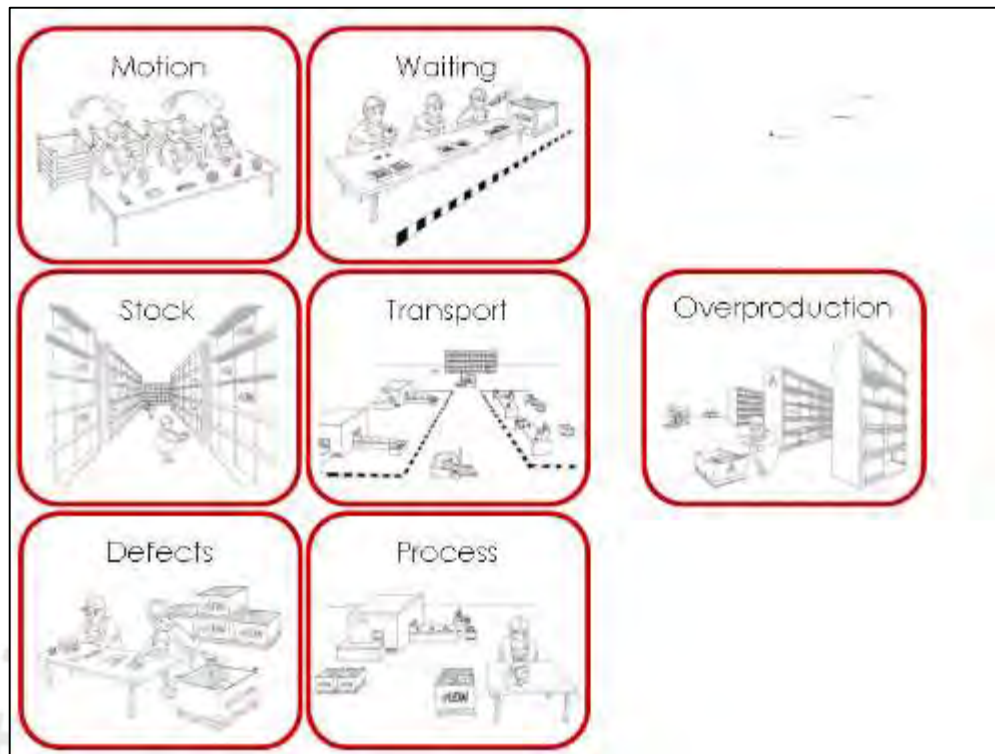


Figura 4 Desperdicios o Mudras
Fuente: Strategos Inc2005:1

1.5 Competencias Lean y Herramientas del Sistema Lean

Para la aplicación de las herramientas Lean se ha definido 03 competencias progresivas que las empresas deberán cumplir de cara a su transformación a ser una Manufactura Esbelta. Estas son: *La de Crear estabilidad; Crear Flujo; Crear Pull.*

1.5.1 Competencias de Lean

Para alcanzar a ser una organización Lean, nos referiremos a 3 competencias que debemos cumplir enfocados siempre en el cliente y consumidor, la cuales son:

- **Crear Estabilidad:** Significa reducir la variación en los equipos, procesos e información e incrementar así la estabilidad y predictibilidad de cada parte de la cadena de valor. *Estabilizamos los procesos.*

- **Crear Flujo:** Es la creación del flujo correcto en la Cadena de Valor sin interrupciones, esperas o movimientos innecesarios. Conectando los procesos Internos y externos, de acuerdo al ritmo necesario. *Conectamos los Procesos.*
- **Crear Pull:** Es producir solo lo que sea lo que nuestros consumidores requieren, eliminando así los desperdicios y maximizando la creación de Valor. *Sincronizamos los Procesos.*

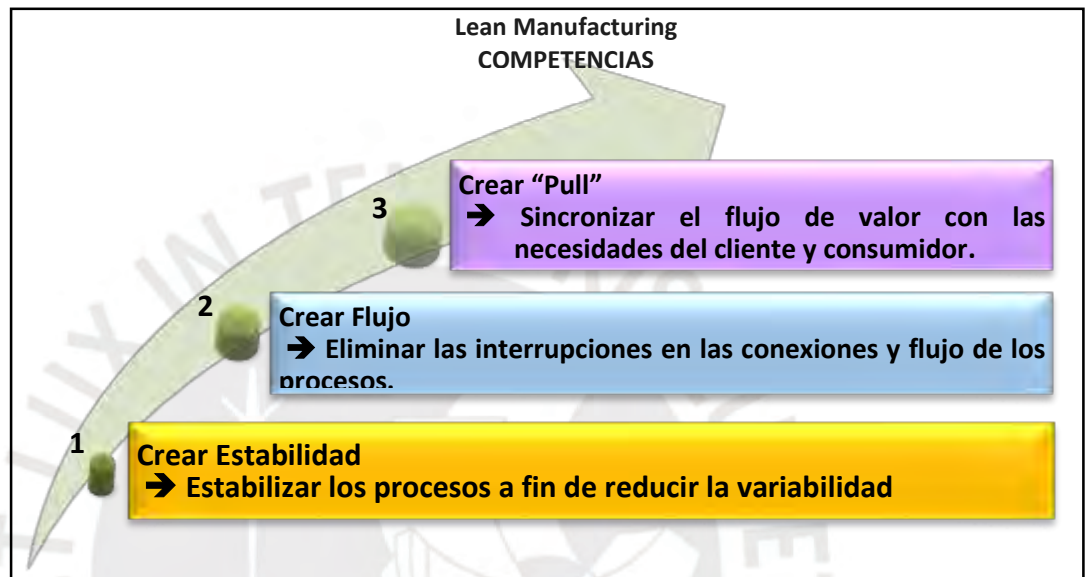


Figura 5 Competencias Lean
Fuente: Manual de Teoría Lean de empresa en estudio

1.5.2 Principales herramientas Lean.

En concordancia con las 3 competencias en la figura 6 se muestran las herramientas más usadas en Lean Manufacturing.



Figura 6 Herramientas Lean para cada Competencia

Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de empresa en estudio

Dado que Lean Manufacturing se enfoca en eliminar las actividades que no agregan valor.

Hay que resolver primero las siguientes preguntas:

Primera Pregunta: ¿Qué es “lo que el cliente y consumidor está dispuesto a pagar?” (Flores 2017:1). En otras palabras, que características, atributos del producto el consumidor considera de valor por lo que está dispuesto a elegimos en el mercado.

Para responder esta pregunta se usa las siguientes herramientas:

- **CCVP, Consumer and Customer Value Propositions:** Que es un análisis y estudio del mercado, con énfasis al cliente y consumidor donde se determina que características, atributos o cualidades de nuestro producto el cliente y consumidor considera de valor o decisor para realizar la compra o elección.
- **IBO, Identification Business Oportunities:** El cual es un mapeo a nivel macro que ayuda a identificar donde están las grandes oportunities a nivel cadena y seleccionar el piloto para el desarrollo de mapeos de mayor nivel de detalle.

Segunda Pregunta: ¿Cómo identificamos lo que agrega y no agrega valor?

Se usa el VSM (Value Stream Mapping) – VSD (Value Stream Design) para mapear las actividades que agregan valor y las que no. “La cual nos permite representar

gráficamente las actividades de una familia de productos o servicios en cuanto al flujo de materiales y de información. Así mismo, realizar el mapeo de flujo de valor conlleva a trabajar en el gran conjunto (no sólo en los procesos individuales), mejorando el todo (no sólo optimizando las partes)” (Baluis 2013:15).

1.5.2.1 Herramientas para Crear estabilidad

Conocido que es lo que agrega valor y como identificar las pérdidas, se crea o se inicia a estabilizar el o los procesos y para ello se utilizan las siguientes herramientas.

a) **Identificación de Anormalidades:** Es una forma estructurada para identificar y eliminar las anomalías, como condiciones inseguras u otras condiciones de operación, que pueden afectar la normal ejecución de una tarea. Estas anomalías se pueden clasificar en:

- Condiciones inseguras, pequeñas fallas y arreglos rápidos
- Condiciones básicas incumplidas que generan deterioro forzado y daño
- Puntos de difícil acceso para limpieza e inspección;



Cables Excedentes / Excesivo



Polvo



Suciedad difícil de limpiar



Equipos rotos / fijaciones



Seguridad

Seguridad, medio Ambiente



Documentación fuera de la fecha



Exceso de Equipo



Equipos Rotos

-

Fuentes de contaminación y de difícil limpieza; defectos de calidad; 5Ss.

Figura 7 Tipo de Anormalidades
Fuente: Elaboración propia

- b) **Cadena de Ayuda:** Es una forma estructurada de reaccionar a las anomalías (desviaciones o eventos inesperados) durante la ejecución de una actividad. Cadena de Ayuda incluye límites y criterios para comunicar o solicitar ayuda. También es un proceso de Mejora.

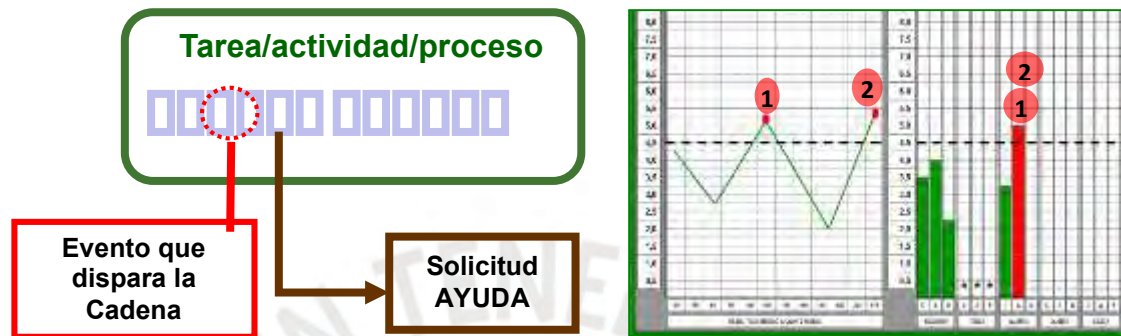


Figura 8 Cadena de ayuda

Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de empresa en estudio

- c) **Centerlining:** Centerlines son puntos de ajustes, posiciones fijas de ajuste basadas en las características de productos, SKUs, cambio de formato, ajustes específicos para apagado y encendido de máquinas, ajustes precisos pre-establecidos eliminando así todas las conjeturas, asegurando que el equipo esté preparado para una operación óptima.



Figura 9 Centerline o puntos de ajuste

Fuente: Elaboración propia.

- d) **Fundamentos de Mantenimiento:** Son las bases del mantenimiento, sobre las cuales se avanzará en la mejora y dirigir el mantenimiento hacia la excelencia consiguiendo CERO paros no planificados, y optimizando los costos de mantenimiento.



Figura 10 Los Fundamentos del mantenimiento

Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de empresa en estudio

e) **Trabajo Estándar.** Trabajo Estándar se define como la forma más segura, fácil y efectiva de hacer el trabajo, empleando el equipo, personal y el material disponible.

Basado en 3 elementos importantes:

- *Takt Time:* es la velocidad (ritmo) que nuestros clientes jalan (demandan) nuestros productos. El propósito del “Takt Time” es hacer coincidir exactamente la producción con la demanda.
- *Mejor secuencia:* El orden en el cual un operador realiza un número de tareas dentro del Takt Time.
- *El inventario estándar de proceso:* Que es el inventario mínimo requerido “de acuerdo a la demanda de los clientes” (Lean Manufacturing10 2017: 1) y mantener el proceso de trabajo sin problemas.

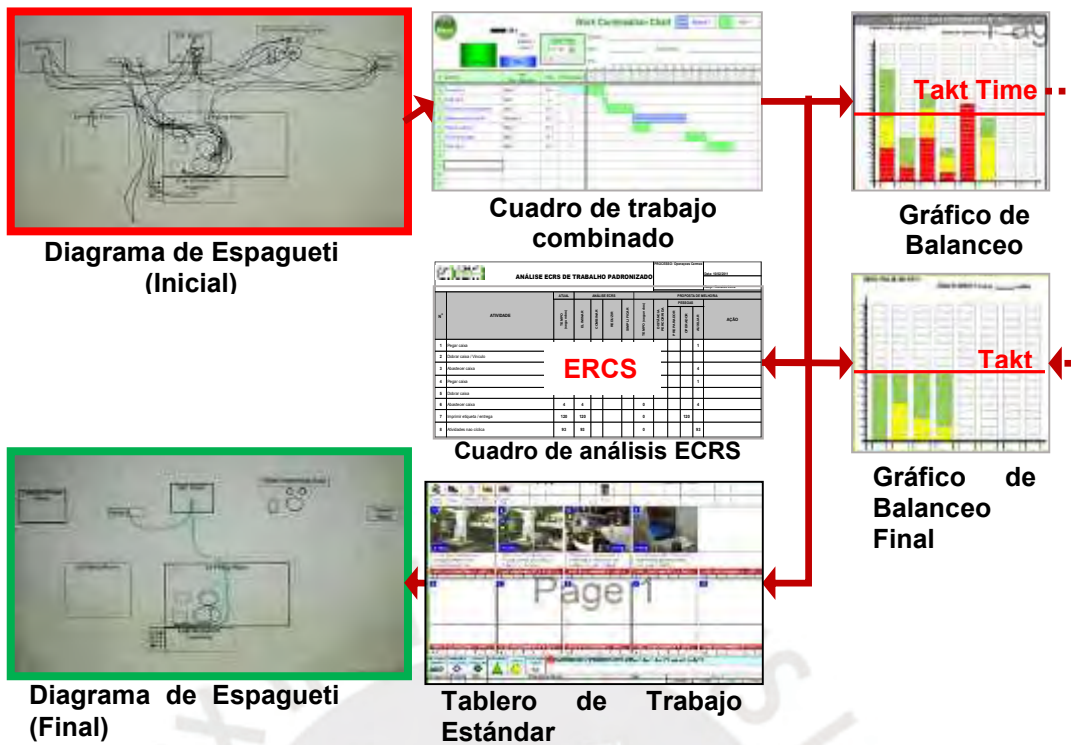


Figura 11 Ilustración del proceso de la creación de un trabajo estándar.
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio

f).- Jidoka - Andon. Significa Automatización con inteligencia humana.

- Automatización + Autonomía = Autonomación
- Automation & Autonomous > Autonomation.

Es la parada inmediata de un proceso o una maquina en caso de un problema de calidad. Y así prevenir que los productos que no cumplen con las características o requerimientos de calidad, pasen al siguiente paso del proceso (Poka Yoke). Creando el nivel de atención necesaria para identificar la causa del error y corregirlo inmediatamente. La visualización inmediata en caso de una desviación del estándar (Andon).

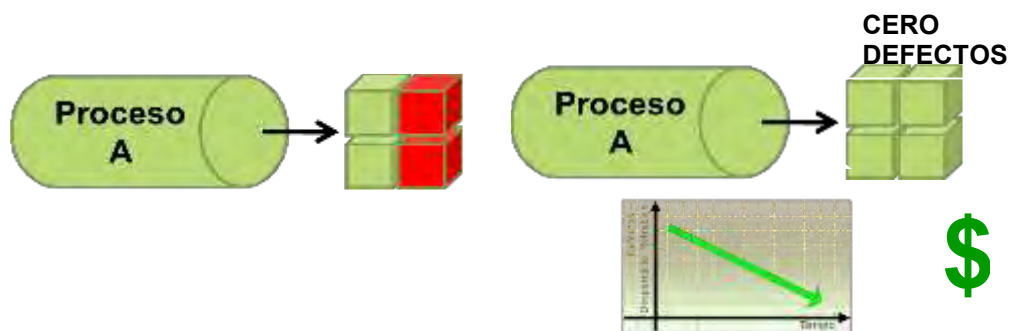


Figura 12 Ilustración de la aplicación de Jidoka: Poka Yoke y Andon.

Fuente: Elaboración propia.

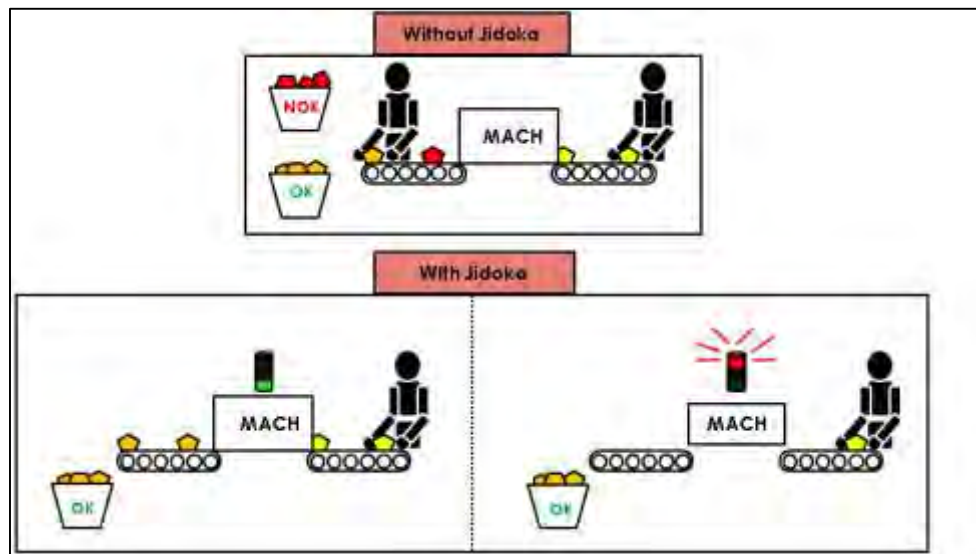
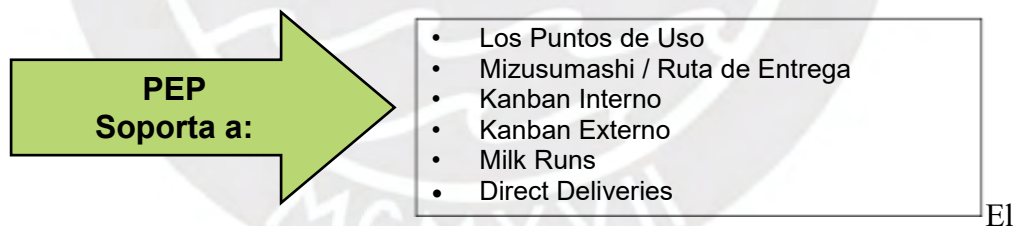


Figura 13 Ilustración de la aplicación de Jidoka: Poka Yoke y Andon.
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

1.5.2.2 Herramientas para Crear Flujo

a) **Plan de Cada Parte (PEP - Plan for Each Part).** El concepto de "Plan para cada parte" (PEP) proporciona una metodología para obtener un conjunto estandarizado de la información clave que se utilizarán para el diseño y aplicación de un sistema Lean Logistics.



Plan para cada parte es clave para diseño del flujo de diseño.

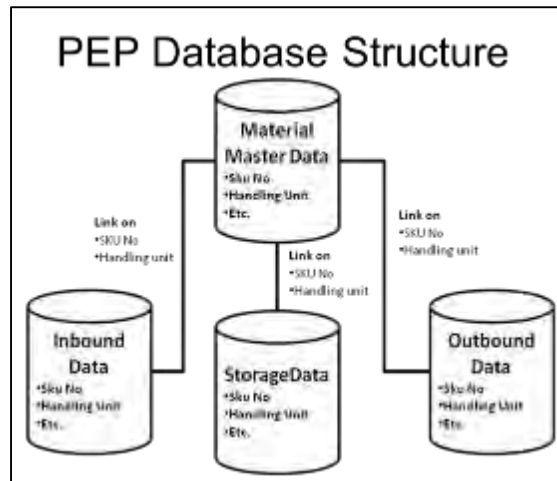


Figura 14 Estructura de una base de dato del plan de cada parte.
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

Esta herramienta es importante por:

- Es una herramienta de intercambio de información que permite la integración de la cadena de suministro, fabricación y compras.
- Es una herramienta de soporte de diseño para una óptima logística y flujos de producción;
- Proporciona visibilidad para todos los datos actuales importantes en todos los componentes en una ubicación central, accesible;
- Da respuesta rápida a preguntas acerca de los componentes.

b) **Punto de Uso.** “Es un área noble para tener los materiales y herramientas para ejecutar las tareas. Para reducir los desperdicios y mejorar la ergonomía se debe privilegiar esta zona de trabajo” (4Lean 2017:1).



Figura 15 Ilustración del Área del Punto de Uso.
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

c) **Just in time – JIT:** “Justo a tiempo (JIT) significa fabricar un producto indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Todo exceso de producción es considerado desperdicio” (Baluis 2013:32).

“La esencia del JIT es hacer que el valor fluya de manera que el cliente pueda jalarlo. La señal que impulsa la acción puede ser un contenedor vacío o una tarjeta kanban o cualquier otra señal que permita dar la orden de producir, mientras no se dé la orden de producir es preferible que el operario no produzca nada ya que generará desperdicios” (Baluis 2013:32).

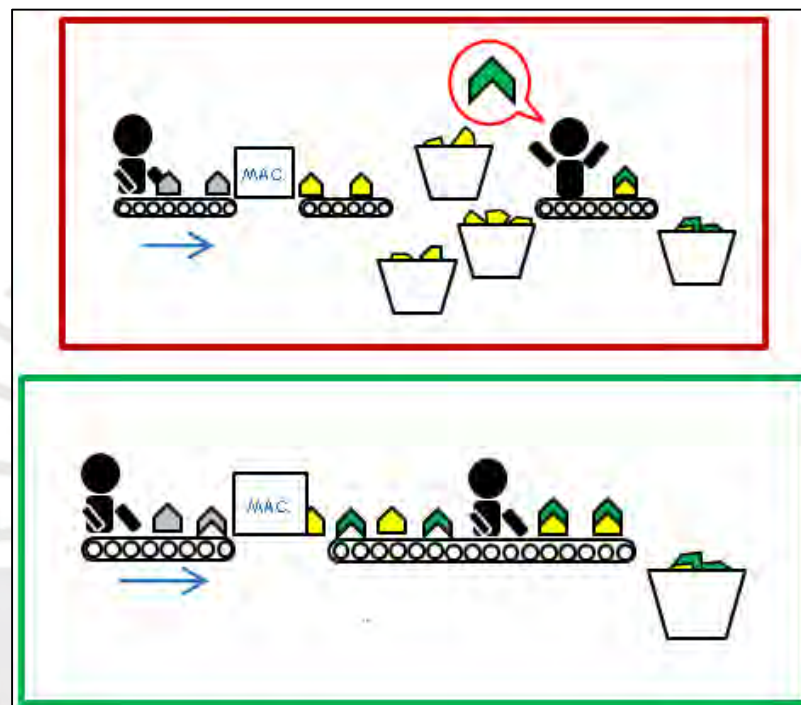


Figura 16 Ilustración de un proceso con Just in Time.
Fuente: 4Lean 2017:1.

d) **Milk Run:** “Es un término asociado a la logística, y se refiere a un servicio brindado por una empresa (o ente) de transportes que consiste en la recolección de piezas en diferentes proveedores respetando ventanas horarias y circuitos preestablecidos. El objetivo principal es reducir los costos de transporte, ya que se utiliza un mismo vehículo en forma compartida” (Wikipedia 2017).

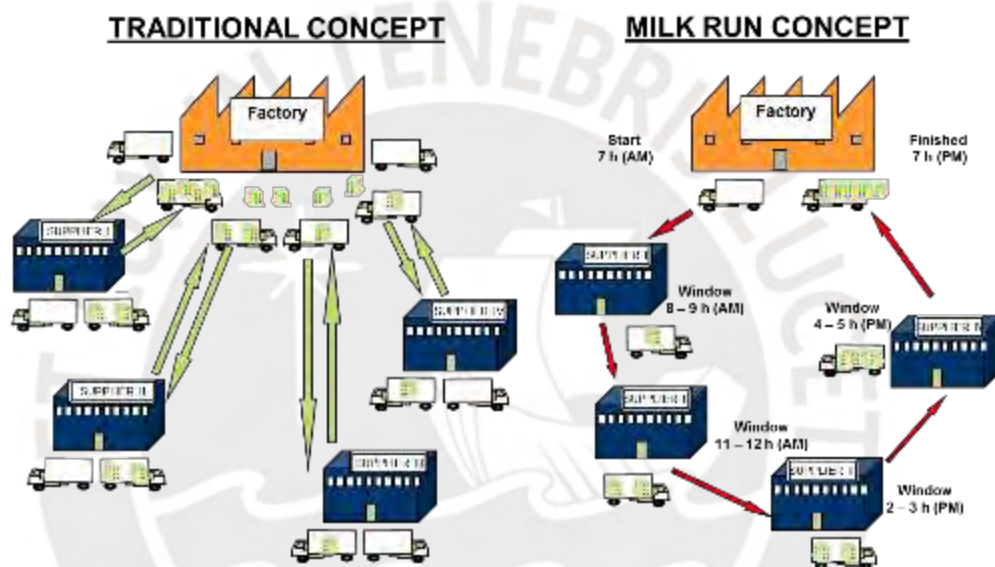
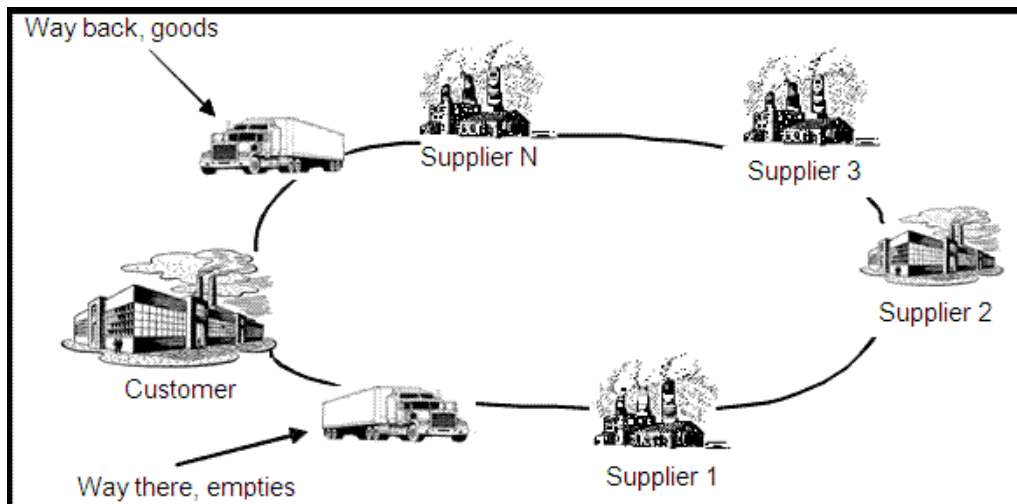


Figura 17 Ilustración de Milk Run.
 Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

e) **Mizusumashi - Tren Logístico:** “El tren logístico efectúa el transporte de los componentes entre el almacén (o recepción de material) y el supermercado, y entre el supermercado y el borde de línea” (4Lean 2017:1).

Mizusumashi" es el operador quien dirige todos los movimientos de los supermercados de suministro logística interna:

Componentes del Mizusumashi

- "Punto de uso" es el área de cada centro de producción que será suministrado por Mizusumashi.
- "Supermercados" son los valores estándar de cada centro de producción que será suministrado por Mizusumashi.

- "Tren logístico" es el equipo utilizado por Mizusumashi

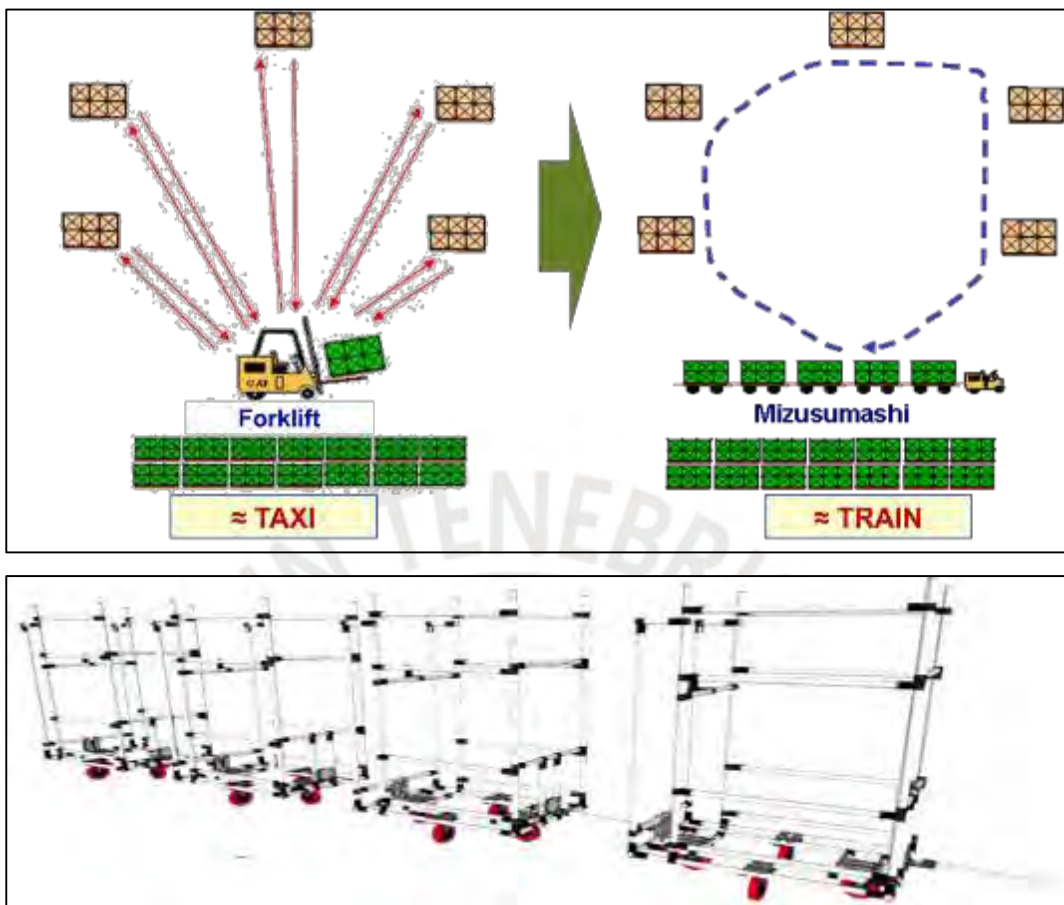


Figura 18 Ilustración Mizusumashi.
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

1.5.2.3. Herramientas de crear pull

Tenemos las siguientes herramientas

a) Kanban:

Significa en japonés etiqueta de instrucción, la función principal del Kanban es contener información que sirva como orden de trabajo, en otras palabras, un dispositivo que permite la dirección automática que da información acerca de qué producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo. Así pues, se entiende que del Kanban se desprenden dos funciones:

- El control de la producción y
- La mejora de procesos.

El Kanban tiene cuatro propósitos:

1. Prevenir la sobreproducción de materiales entre todos los procesos de Producción.
2. Proporcionar instrucciones específicas entre los procesos, basadas en los principios de surtido. Esta herramienta logra esto mediante el control del tiempo del movimiento de materiales y la cantidad de materiales que se transporta.
3. Ser una herramienta de control visual para los supervisores de producción y para determinar cuándo la producción va por debajo o por encima de lo programado (ver si el material y la información están yendo acorde a lo planeado).
4. Cada Kanban representa un contenedor de inventario en el mapa de proceso, conforme se vaya reduciendo los Kanbans se irán reduciendo los inventarios y por ende el tiempo de entrega para los consumidores (Baluis 2013:33).



Figura 19 Tarjeta Kamban.
Fuente: (Baluis 2013:33).

b) Supermercados: El supermercado acondiciona componentes para abastecer la línea a través de una forma transportable manualmente por el operador del tren logístico. Las células logísticas siguen el mismo concepto pese que también contienen producto acabado. Los supermercados pueden funcionar por kanban o junjo. (Secuencia y kit).

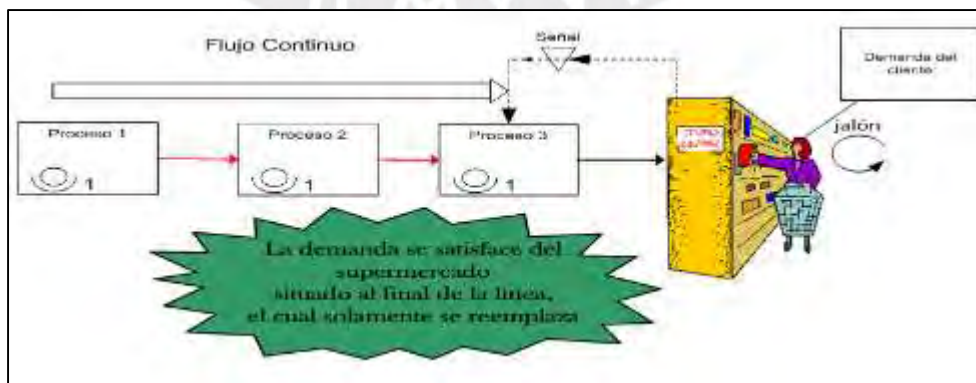


Figura 20 Ilustración de Supermercado.
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

- c) **Producción en Células:** “Al convertir una línea en una célula de producción ganamos en flexibilidad, en relación a productos posibles de producir, a cantidad de colaboradores afectos a línea y al equilibrio de las tareas” (4Lean 2017:1).

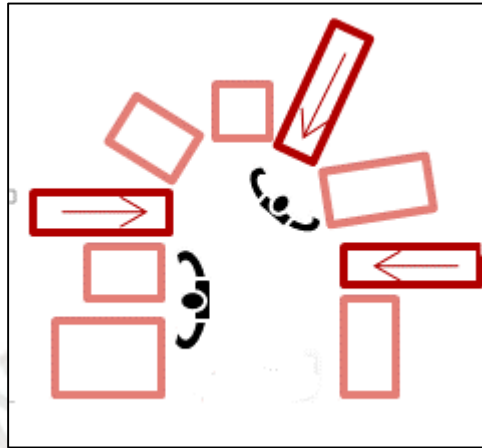


Figura 21 Ilustración de Células de Producción.
Fuente: 4Lean 2017:1.

- d) **Kaizen:** “Término japonés que significa mejoramiento en marcha que involucra a todos. Kaizen es una filosofía que está orientado hacia el proceso y la innovación, así mismo activo más importante de una organización y se lleva a la práctica por medio del trabajo en equipo y se emplean para ello una serie de técnicas” (Baluis 2013: 35).” El Kaizen fomenta el pensamiento orientado a los procesos, ya que los procesos deben perfeccionarse para que mejoren los resultados” (Baluis 2013: 35).

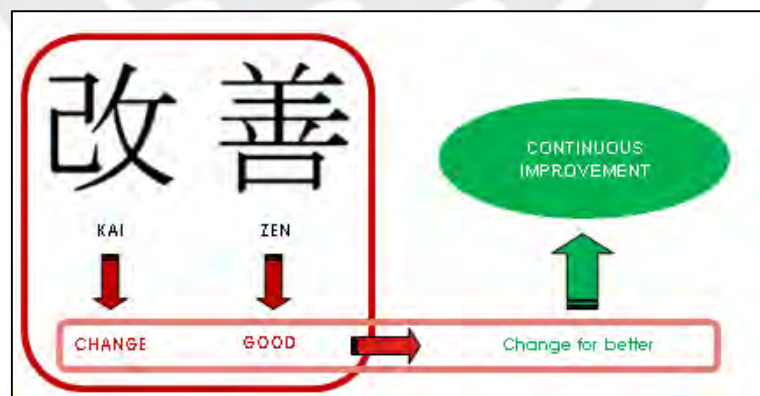


Figura 22 Ilustración terminó KAIZEN
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

1.6 Confiabilidad Operacional.

La confiabilidad Operacional, es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico (Engineering Reliability And Management 2017:4).

Dentro de la confiabilidad operacional existen 04 factores que influyen y determinan su nivel, los cuales son: “Confiabilidad Humana, Confiabilidad de los Procesos, Mantenibilidad de los equipos, y la confiabilidad de los equipos” (Espinoza 2015:3) o maquinarias.

“La variación en conjunto o individual que pueda sufrir cada uno de estos cuatro aspectos mostrados, afectara el desempeño general del sistema” (Espinoza 2015: 3).



Figura: 23 Factores de la Confiabilidad Operacional

Fuente: Confiabilidad operacional de equipos: metodologías y herramientas. Fernando Espinoza Fuentes

1.6.1 Confiabilidad $R(t)$

Un concepto más técnico de confiabilidad es el que se relaciona con la tasa de fallos. “La confiabilidad de un componente en el instante t , $R(t)$, se define como la probabilidad de que ese componente no falle en el intervalo $(0,t)$; ya que era nuevo o casi nuevo, según se haya determinado previamente, en el instante $t=0$.

Un componente presenta distintos tipos de confiabilidad asociadas a distintas funciones. Como se mencionó anteriormente, la confiabilidad se relaciona con la tasa de fallos o cantidad de fallas y con el tiempo medio de operación. A medida que

aumente el número de fallas de un activo físico o a medida que el tiempo de operación del mismo disminuya, la confiabilidad de dicho activo será menor” (Da costa 2010:30).

1.6.2 Tasas de Fallos

“La tasa de fallos $Z(t)$ o $\lambda(t)$ se define como la probabilidad de que se produzca una falla del sistema o componente en el intervalo de tiempo $(t, t+dt)$. Las fallas se miden por unidad de tiempo (t) ” (Da costa 2010: 30).

“La calidad de funcionamiento de un cierto elemento vendrá dada generalmente por el tiempo que se espera que dicho elemento funcione de manera satisfactoria. Estadísticamente se puede obtener una expectativa de éste tiempo hasta que se produzca un fallo, que se llama tiempo medio hasta un fallo MTTF. Alternativamente, en sistemas que son reparados continuamente después que se produzcan fallos y continúan funcionando, la expectativa se llama tiempo medio entre fallos MTBF, en cualquiera de los casos el “tiempo” puede ser tiempo real o tiempo de operación. Dado que la densidad de fallos es $f(t)$, el tiempo t que se espera que transcurra hasta un fallo viene dado por” (Da costa 2010: 43).

$$MTBF = \lambda^{-1}$$

Donde MTBF = “probabilidad de supervivencia (esperanza de vida). Al igual que λ , el parámetro MTBF describe completamente la fiabilidad de un dispositivo sujeto a fallos de tipo aleatorio” (Da costa 2010:43).

El indicador que nos muestra como estamos en cuanto a la tasa de fallos es el MTBF - Mean Time Between Failures, MTBF Indica el tiempo promedio que la línea puede operar antes de una avería.

$$MTBF = \frac{NPH (1) - Duración total de averías (2)}{1 + Número total de averías (3)}$$

Se calcula de la siguiente manera:

Descripción:

- (1) Horas de producción netos (NPH), durante un tiempo determinado.

(2) Tiempo total de averías técnicas, durante un tiempo determinado.

(3) Número total de averías.

1.6.3 Cálculos de Confiabilidad

“Existen varios métodos para calcular la confiabilidad de activos físicos, sin embargo, se pueden establecer funciones que la relacionen directamente con los costos y con su ciclo de vida. Así, se tienen los siguientes criterios:

En función al uso de máquinas y equipos:

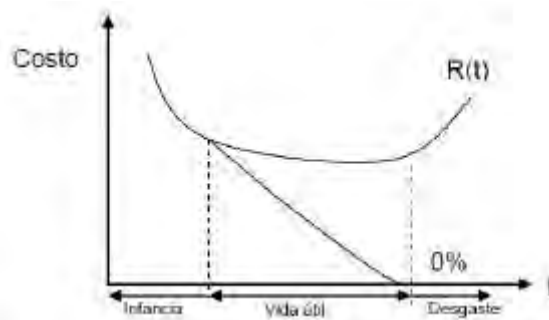


Figura 24 Curva de Desgaste vs Costos
Fuente: Robles 2015: 30

Interpretación: En la etapa de Infancia la confiabilidad, $R(t)$, disminuye a medida que pasa el tiempo, esta se mantiene casi constante con una disminución menor de los costos en la etapa de Vida Útil. Sin embargo, la confiabilidad aumenta conforme pasa el tiempo en la etapa de Desgaste” (Robles 2015: 30).

En función de la Supervivencia:

“Se refiere a las partes mecánicas que sobreviven en el tiempo, sigue la siguiente relación:

$$R(t) = \frac{S(t)}{S(0)}$$

Donde:

$S(t)$: Número de partes vivas que quedan luego de un tiempo t .

$S(0)$: Número de partes que entran al sistema en el tiempo $t=0$.

$N(t)$: Número de partes falladas durante el tiempo t .

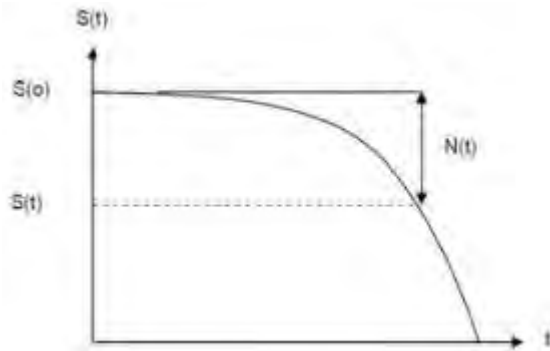


Figura 25 Curva de Supervivencia
Fuente: Robles 2015: 30

Interpretación: La cantidad de partes mecánicas van disminuyendo a medida que pasa en tiempo” (Robles 2015: 31).

En función a la Tasa de Fallos (Z (t)):

“Relación entre la velocidad de falla, V (t), con respecto a la cantidad de partes sobrevivientes después de un tiempo t” (Robles 2015: 30).

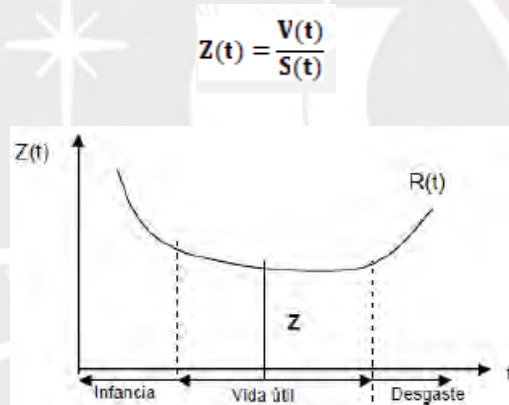


Figura 26 Función de la Tasa de Fallos
Fuente: Reyes (1996)

Interpretación: “En la etapa de Infancia la velocidad de falla disminuye con una razón mayor a la que disminuye la supervivencia, lo cual implica que la confiabilidad disminuya” (Robles 2015: 30).

1.6.3 La Curva de Davies o de la Bañera

Para poder representar la ocurrencia o probabilidad de falla se tiene una gráfica llamada la curva de la bañera:

Dado que la tasa de los fallos varía respecto al tiempo, su representación típica tiene forma de bañera, el cual es un gráfico que representa, de manera general las fases de vida de un componente. Aunque sea presentada como genérica sólo es válida para componentes individuales.

De acuerdo a esta curva la vida de los dispositivos tiene un comportamiento que viene reflejado por tres etapas diferenciadas:

- Fallas iniciales o etapa de mortalidad infantil (Tasa decrece)
- Fallas normales o etapa de vida útil (Tasa constante)
- Fallas de desgaste o etapa de desgaste (Tasa aumenta)

En la siguiente figura se puede ver la representación de la curva típica de la evolución de la tasa de fallas.

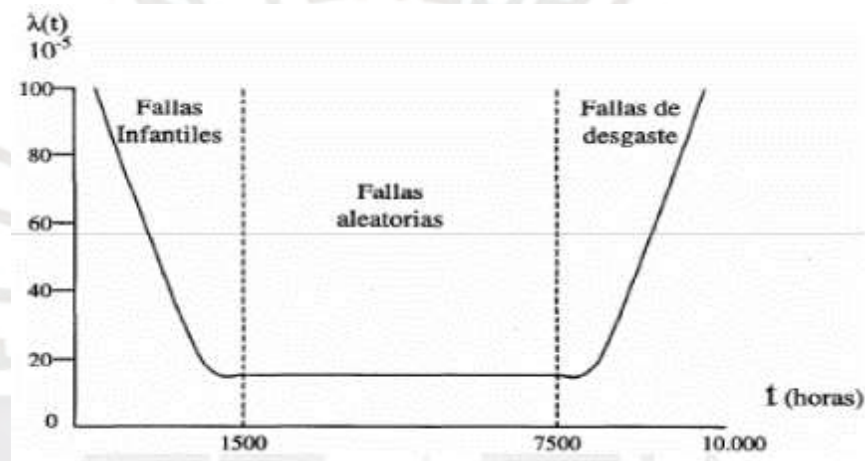


Figura 27. Curva de Davies o de la Bañera
Fuente: Robles 2015: 32

A continuación, se describen dichos periodos de vida de los componentes:

Fallas iniciales o etapa de mortalidad infantil: Es caracterizada por fallos prematuros. La tasa de fallas es decreciente, teniendo su origen en la deficiencia del proceso de fabricación y control de calidad, mano de obra no calificada, materiales fuera de especificación, componentes no especificados, sobrecarga en la primera prueba, contaminación, error humano, instalación inadecuada, etc.

Fallas normales o etapa de vida útil: Es caracterizado por una tasa de fallas constante. Normalmente las fallas son de naturaleza aleatoria, poco pudiendo ser hecho para evitarlas. Las fallas casuales de este periodo son, de entre otras: interferencia indebida, tensión/resistencia, factor de seguridad insuficiente, cargas

mayores que las esperadas, resistencia menor que la esperada, defectos abajo del límite de sensibilidad de los ensayos, errores humanos durante el uso, aplicación indebida, abuso, fallas no detectables, causas inexplicables y fenómenos naturales imprevisibles.

Fallas de desgaste o etapa de desgaste: Se inicia cuando está terminando la vida útil del equipo; las tasas de fallas por desgaste crecen continuamente.

Son causas del periodo de desgaste: El envejecimiento, desgaste/abrasión, degradación de la resistencia, fatiga, fluencia, corrosión, deterioro mecánico-eléctrico, químico o hidráulico, mantenimiento insuficiente o deficiente y vida de proyecto muy corta (Da costa 2010:36).

1.6.4 Medición de la Confiabilidad.

1.6.4.1 Definición del Contexto Operacional

Hay que recordar dos términos; proceso y sistema:

Unidades de proceso: Se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio.

Sistemas: Conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso que tienen una función específica.

En esta parte del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad nosotros podremos definir los factores que delimitan el problema de estudio, como:

- Perfil de operación.
- Ambiente de operación.
- Calidad/disponibilidad de los insumos requeridos (gas natural, aire, etc.)
- Alarmas señales de paro.
- Política de repuestos, recursos y logística.
- Condiciones laborales: horarios, guardias, nóminas, etc. (Da costa 2010:38)

Con estos factores se realiza el diagrama de proceso In/ Out con sus propias o singulares características.

1.6.4.2 Análisis de Modo de Falla y Efecto

Es uno de los cinco pilares sobre los que se asienta el trabajo de optimización y confiabilidad. El camino a la mejora pasa por analizar los fallos técnicos que ocurren en las instalaciones de fábrica para poder eliminar las causas raíz que las originan y así evitar que se repitan en el futuro. De este modo se podrá conseguir el objetivo buscado de cero averías.

La herramienta elegida para estandarizar este trabajo es el Análisis De Averías - ADA.



Figura 28 Análisis de Averías

Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

Es necesario medir los niveles de averías según los estándares, entrenar y formar al staff y/o personal de mantenimiento en análisis de averías; utilizarlo como herramienta para encontrar la causa raíz de los fallos técnicos y priorizar las averías.

Se tiene que priorizar y enfocarse primero en un número concreto y reducido de averías en base a los criterios de importancia que se establezcan. Prevalecerá siempre el criterio de calidad frente al número de análisis realizados. Es preferible empezar realizando un análisis de avería - ADA a la semana, pero de buena calidad, que realizar muchos sin buenos resultados.

Las claves para el éxito y la obtención de resultados con el análisis de averías son los siguientes:

- Buen entrenamiento.
- Calidad por encima de cantidad.
- Práctica continúa.
- Ejecución inmediata de los planes de acción.

Los entregables de un análisis de avería - ADA son:

1. Causa Raíz – Identificar cuál fue la causa raíz del problema.
2. Contramedida – Acción que corrija y evite la recurrencia de la causa raíz.
3. Aprendizaje – Lección (ejemplo: Lección de Un Punto) para el personal de esta y otras líneas o máquinas, con el objetivo de evitar recurrencias.

1.6.5 Confiabilidad y Lean Manufacturing

Uno de los beneficios de la Implementación del pensamiento Lean es la confiabilidad de los procesos, por lo que al desarrollar las partes de Lean Manufacturing aumentaremos el Nivel de confiabilidad del Sistema productivo elegido.

“En la etapa de Vida Útil la confiabilidad se mantiene casi constante con una pequeña disminución en la velocidad de falla. En la etapa de desgaste la confiabilidad aumenta” (Robles 2015:32).

“La alta confiabilidad operacional consiste en procesos caracterizados por la producción requerida con costos totales óptimos, debido a una ocurrencia de fallas mínimas, planes de mantenimiento que garantizan la producción establecida, riesgos a un nivel aceptable” (Engineering Reliability And Management 2017:5), personas altamente motivados.

Un buen indicador de la confiabilidad es la Efectividad Global de los equipos:

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Calidad} \times \text{Rendimiento.}$$

Mediante el OEE se hace posible detectar las fallas más comunes y repetitivas de una línea de producción con el objetivo de poder combatirlos. Su aplicación como parte del TPM ayuda a mejorar la efectividad de las líneas, reducir las pérdidas por calidad y así mejorar la rentabilidad.

Para lograr un buen indicador OEE se hace uso de algunos tipos de tiempos involucrados en el cálculo:

- Tiempo Calendario: Es el total de horas contenidas en un mes laboral.
- Tiempo Disponible: Es el tiempo esperado que la línea debe trabajar. Al tiempo calendario se le restan paradas programadas, paradas por mantenimiento programado, etc.
- Tiempo de Operación: Tiempo en el cual la planta realmente está produciendo. Se resta del Tiempo Disponible las paradas por falla de equipo, paradas rutinarias o paradas imprevistas.
- Tiempo Neto de Operación: Tiempo de Operación menos las pérdidas de velocidad de la máquina y paradas generadas por la manipulación del operador. El cálculo se hace dividiendo la cantidad de productos fabricados, incluyendo productos defectuosos, entre la capacidad total de la línea, a esto se le multiplica por las horas del turno (Palomino 2012:19).

1.7 Sistemas de Generación de Vapor

En casi todas las plantas fabricación de alimentos y otras industrias existe “sistemas de generación y distribución de vapor” (Secretaría de energía - SENER: 3).

El vapor es medio de transmisión de energía de fácil generación y distribución para distintos fines.

Un sistema básico de generación de vapor consta de un caldero o generador, es donde se da la transformación de energía calorífica dada por la combustión de un combustible hacia el agua, para luego ser distribuida a través de tuberías y con condiciones de presión, caudal y pureza que cada usuario requiere, el usuario final es quien consume o aprovecha la energía del vapor para la transformación o elaboración de un producto. Luego existe el sistema de recuperación de condensado, aquí el vapor luego de haber cedido su energía, el agua es recuperada para volver al ciclo de generación de vapor.

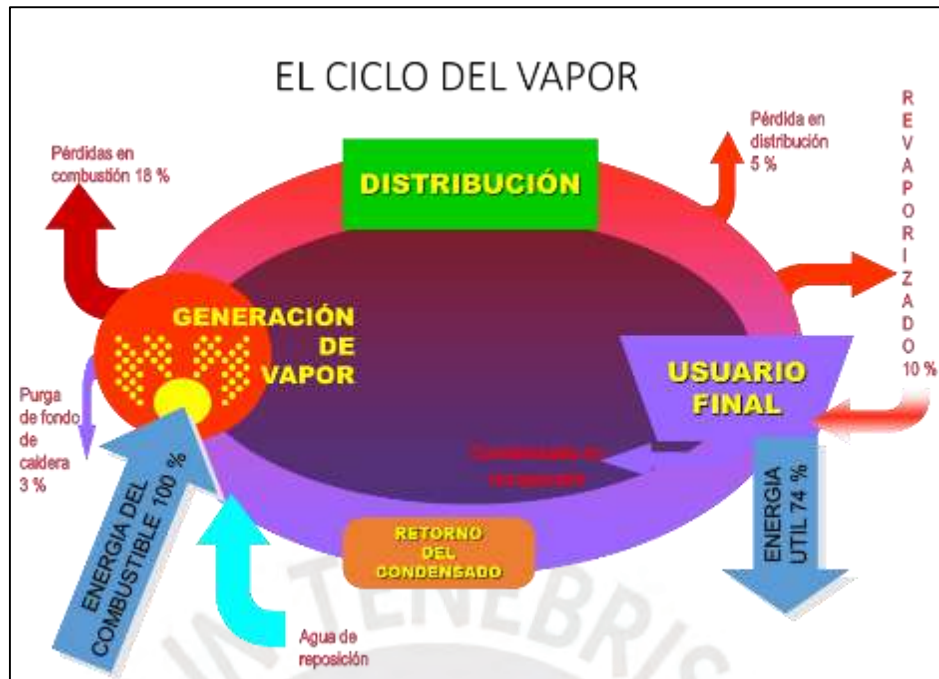


Figura 29 Ciclo del Vapor
Fuente: Secretaria de energía - SENER: 3

1.7.1. Calderas de Vapor:

“El objetivo de una caldera de vapor es la transformación del agua, a temperatura y presión ambiente, en vapor de agua a una presión y temperatura mayor, partiendo de la energía del combustible utilizado” (Secretaría de energía - SENER: 4).

Así tenemos varias formas de describir a las calderas ya sea por su forma de constructiva o por la forma de disposición y recorrido de intercambio de calor entre el agua y los gases de combustión:

Calderas Piro tubulares: “El calor por el interior de los tubos y el agua por el exterior de los tubos. Son para presiones máximas de 20 bar y consumos hasta 16 T/h. Son económicas, de alto rendimiento y fácil mantenimiento” (Spirax Sarco S/f: diapositiva: 5-7).

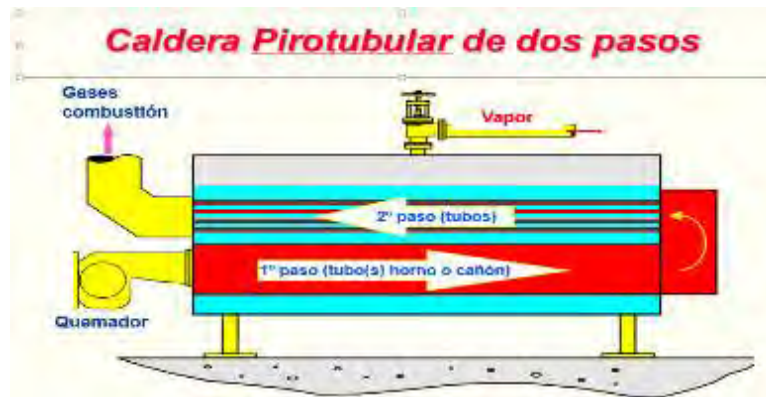


Figura 30 Caldera Piro tubular
Fuente: Spirax Sarco S/f: diapositiva: 5-7.

Calderas Acuotubulares: El Calor pasa por el exterior de los tubos y el agua por el interior de los tubos. Se usan normalmente para presiones altas y son más seguras (Spirax Sarco S/f: diapositiva: 5-7).

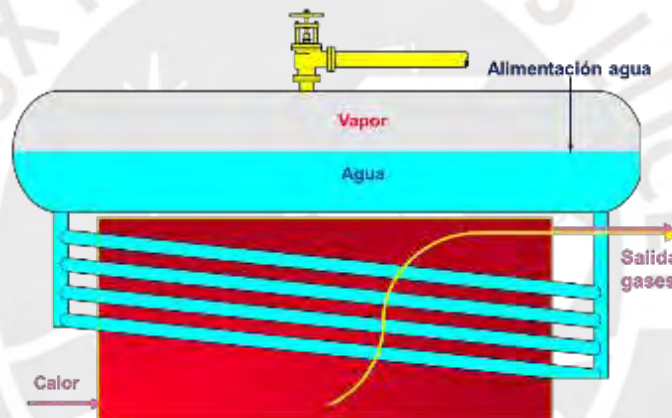


Figura 31 Caldera Acuotubular
Fuente: Spirax Sarco S/f: diapositiva: 5-7.

1.7.1.1 Distribución de vapor:

Como se había mencionado el agua, cumple un ciclo regenerativo, es decir cambia de estado vapor a líquido captando y cediendo energía necesaria para el proceso.

El loop de vapor y condensado

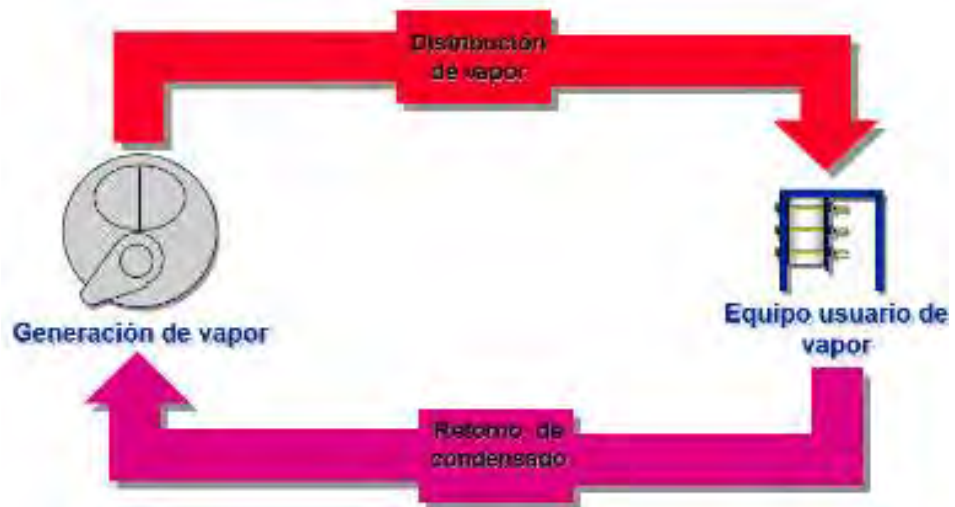


Figura 32 Distribución de Vapor y Retorno de Condensados.

Fuente: Spirax Sarco S/f: diapositiva: 5-7.



Figura 33 Sistema de Generación y distribución de Vapor

Fuente: Spirax Sarco S/f: diapositiva: 5-7.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN PARA ADQUIRIR LAS COMPETENCIAS.

La metodología para la implementación de Lean es la de los 6 Pasos:

El cual siguiente cuadro se ilustra en resumen la metodología que se usara para la implementación de las herramientas Lean, en el desarrollo de las 3 competencias Lean.

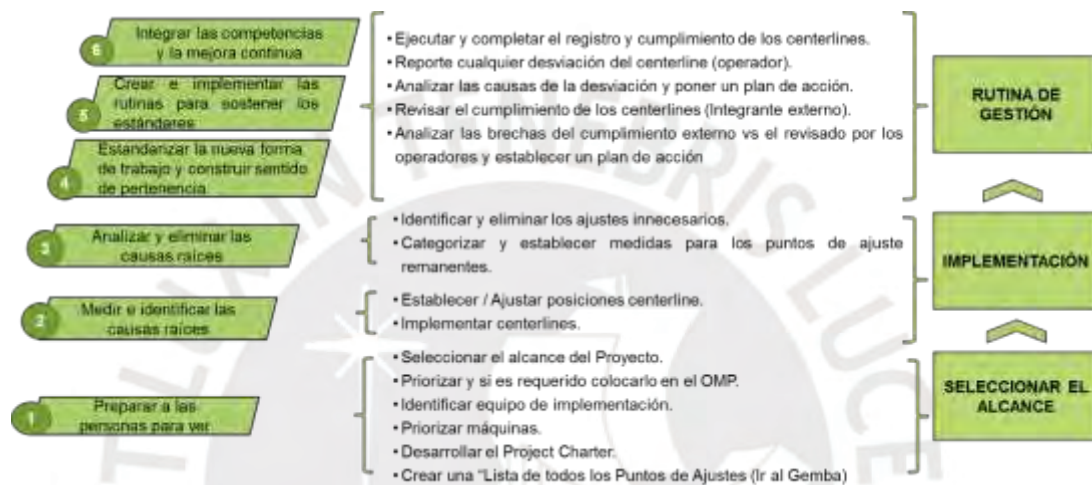


Figura 34 Pasos de Implementación de Herramientas Lean
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

2.1 Paso 1: Preparar a las Personas para Ver

En este paso nos preparamos para llevar acabo la implementación de la o las herramientas que mayor efecto darán al proceso.

Los entregables son:

- Indicar fuente: IBO, VSM, VSD, Mapeo de Flujo, etc.
- Problema Enfocado: 5W+1 H; Alcance: SIPOC
- Definición Equipo: /Coach /Sponsor/Matriz Comp. /Plan de desarrollo.
- Definición objetivo (Gráf. Serie de tiempo) Beneficio Financiero /No Financiero.
- Gantt del Proyecto 6 pasos
- Project Charter (CCVP Business Case)

2.2 Paso 2: Medir e identificar las Causas Raíz

Buscamos toda la data e información del proceso. Para responder ¿Qué queremos mejorar? y ¿por qué queremos mejorarlo?

Se realiza la medición para el seguimiento de la mejora de la salida del proceso, alineando a las necesidades de negocio y al Consumers and Customers Value Propositions (CCVP) o atributos preliminares del IBO.

Se identifican que desperdicios vamos a eliminar.

Entregables:

- Identificar que desperdicios vamos a eliminar (Sustentar con métricas)
- Detallar métricas del Project Charter / estratificación/graf. serie tiempo.
- Problema Enfocado detallado: 5W+1 H (Estratificado/Métricas)

2.3 Paso 3: Analizar y Eliminar las Causas Raíz.

Aquí se seleccionan las herramientas correctas para eliminar la causa raíz del problema.

Entregables:

- Identificar la causa raíz (e.g. espina de pescado, paretos, 5 por que's)
- Eliminar la causa raíz con las herramientas Lean (e.g. jidoka, trabajo estándar, etc.)

Problemas comunes	Objetivo	Herramientas Crear Estabilidad
Preparar a las personas para ver.	Para identificar y eliminar las anomalías en cuanto a seguridad, ergonomía, organización del lugar de trabajo y crear un primer estándar visual	Identificación de Anormalidades
Issues de Confiabilidad de la máquina/ Set-up	Arreglar ajustes de posición en base a productos o SKU. Indique los ajustes de la máquina de manera precisa y elimine todas las conjeturas. Asegúrese de que el equipo está con "set-up" correcto para un funcionamiento óptimo	Centerlining
Paros de equipos y sistemas de información/ Averías	Proporcionar herramientas para estabilizar los equipos y procesos de mantenimiento	Fundamentos de Mantenimiento

Defectos de calidad/ Reclamos de consumidores y clientes	Incorporar calidad en los procesos para que los productos sean producidos de acuerdo a lo esperado. Inspecciones llevadas a cabo por la máquina de manera que la máquina deje de funcionar cuando ocurre una anomalía y la persona designada pueda ir a resolver el problema.	Jidoka
No hay un estándar, no está el proceso documentado, no existe una medida de referencia	Definir la forma más segura, más fácil y efectiva de hacer un trabajo de manera segura con una excelente ergonomía, calidad y productividad	Trabajo estándar
Falta de habilidad para ver interrupciones de Flujo en el proceso	Identificar interrupciones de material y donde el flujo de información impacta el Flujo de material.	Mapeo de Flujo
Pobre utilización de los recursos del almacén, equipo. Movimientos innecesarios y excesivos.	Asegurar que se cuente con los fundamentos básicos de almacén, para maximizar la eficiencia, utilización y recursos del almacén.	Lean Warehousing
Excesivo almacenamiento de material en el punto logístico. Múltiples puntos de almacenamiento y excesivos movimientos para traer material	Para identificar como los materiales son idealmente almacenados en el punto donde se crea valor. Para reducir los puntos de almacenaje del almacén al punto de consumo / uso.	Punto de Uso
Sin rutas estandarizadas para resurgimiento de material. Bajo utilización de MHE y mano de obra. Baja frecuencia de entrega de material.	Para minimizar movimientos y transporte en la entrega de múltiples materiales / productos utilizando una ruta definida y un sistema de re-abasto.	Mizusumashi

Tabla 1 Selección de Herramientas Lean según problemas comunes.

Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

2.4 Paso 4: Estandarizar la Nueva Forma de Trabajo y Construir Sentido de Pertenencia.

Aquí se asienta las mejoras prácticas resultado de la utilización de cada herramienta en un estándar, patrón, estándar visual.

Entregables:

- Creación del estándar
- Culminar ejecución del plan de desarrollo del grupo de trabajo (GT)
- Matriz de Competencias Final
- Reconocimientos.

2.5 Paso 5: Crear e Implementar las Rutinas para sostener los estándares.

En este paso, se realizan las siguientes actividades.

- Diseñar las RUTINAS ESTÁNDAR necesarias para sostener las nuevas normas.
- Configure el proceso de ESCALAMIENTO relacionada con las rutinas, cuando sea necesario.
- Implementar las rutinas estándar con el fin de mantener y mejorar los estándares.

Entregables:

- Documentar cambios a través de estándares
- Entrenar en los nuevos estándares (ejemplo: LUPs)
- Monitorear el cumplimiento de los nuevos estándares (ejemplo: reuniones operacionales.)
- Gestionar desviaciones (ejemplo: reuniones operacionales y solicitar ayuda con las cadenas de ayuda).

2.6 Paso 6: Integra las competencias y la mejora Continua.

En este paso buscando la sostenibilidad y replicabilidad; se expande e integra las competencias en toda la cadena de valor.

Entregables:

- Definir lecciones aprendidas a través de un FODA
- Definir réplicas de la implementación.

CAPÍTULO 3.: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN EL ÁREA GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.

3.1 La Empresa.

El objeto de estudio es una empresa manufacturera de consumo masivo. La cual transforma la materia prima en productos alimenticios y que en la mayoría de sus procesos utiliza como fuente energética el Vapor. Siendo este de gran importancia por dar el tratamiento térmico para logran la inocuidad del producto y por tanto uno de los factores o atributos que el cliente y consumidor valora - La Calidad – que está dispuesto a pagar.

3.2 Áreas Funcionales de la Empresa

Planta Cajamarca tiene las siguientes áreas para llevar acabo sus operaciones.

- **Área Administrativa:** La cual se dedica a la parte de recursos Humanos, Contabilidad, Finanzas, y Servicios Generales.
- **Área de Agropecuario:** Esta área se encarga del Acopio de Leche, desde toda la cuenca Lechera de influencia de las 8 provincias los 40 centros de acopios ubicados estratégicamente para el acopio de la leche.
- **Área de Ingeniería:** Es la encargada de la mantenibilidad de la estructura, infraestructura y equipos tanto de los centros de enfriamiento, como de la parte fabril. Está a cargo de la logística técnica e insumos del total de planta. Así mismo es la encargada de la operación y mantenimiento de los servicios industriales que requiere producción, tales como: Generación y distribución de vapor, agua helada, aire comprimido, agua industrial y energía eléctrica.
- **Área de Calidad:** Se encarga de las liberaciones tanto en la recepción y despacho de la leche fresca como del semielaborado respectivamente. También hace cumplir las buenas prácticas de fabricación y todas las normas internas como requisitos de alguna autoridad en cuanto a la fabricación y estado de la planta.

- **Área Producción:** En esta área se llevan a cabo el proceso de fabricación del semielaborado de pre condensado de leche. Esta área se encarga de la operación de los distintos equipos.
- **Área de Seguridad y Medio Ambiente:** Es el área encargada de la gestión, control de los procedimientos de seguridad industrial y sostenibilidad ambiental.

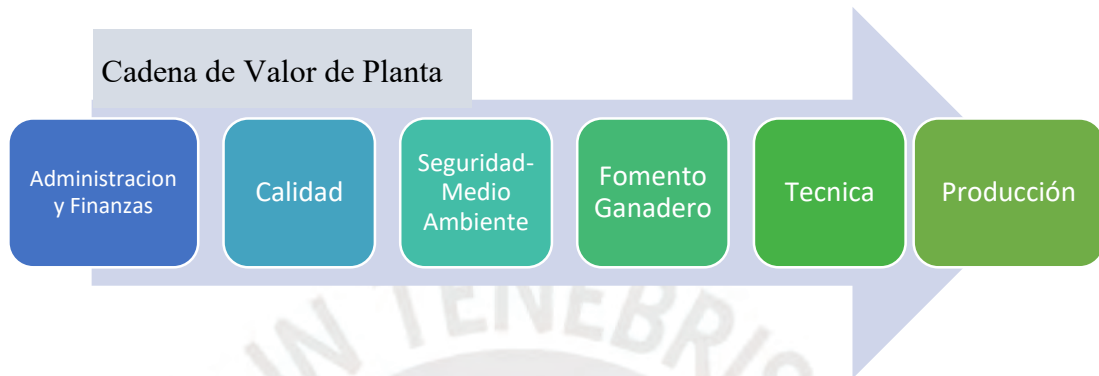


Figura 35 Áreas Funcionales de la empresa.
Fuente: Elaboración propia

3.3 Descripción del Proceso de Evaporación de Leche.

La Leche fresca que es acopiada y enfriada, pasando por un control y análisis sensorial y microbiológico para descartar antibióticos, medir los sólidos totales, ácidos y características organolépticas, para luego de ser liberada por el área de calidad, para luego ser almacenada a espera de su procesamiento.

Por su parte Servicios Industriales, prepara los equipos e inicia los procesos a fin de tener a tiempo vapor, agua, aire comprimido, así mismo el área de producción realiza los preparativos en los equipos de producción, en este caso el evaporador de leche, higienizadoras, pre-pasteurizadores, líneas con sus respectiva limpieza y esterilización - CIP (clean in place)

Se inicia la evaporación con la esterilización de las líneas y del evaporador, para luego alimentar este equipo con Leche Fresca, y dar inicio a la concentración de la leche de 12 % de sólidos a 45 % de sólidos. Para ello el operador de línea va ajustando distintos parámetros, tales como presiones de vapor, caudales de leche fresca, presión de vacío, caudales en los efectos o calandrias, caudal de agua industrial, velocidades y flujos.

Para así finalmente obtener el semielaborado de 45 % de sólidos que es enfriado hasta 4° C. Luego es despachado hacia otra fábrica en cisternas isotérmicas para su posterior proceso de estandarizado, envasado y su posterior distribución al mercado.

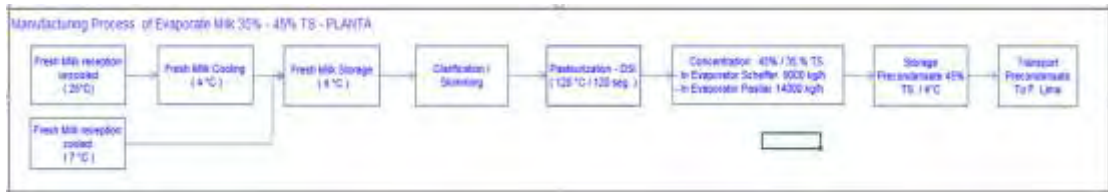


Figura 36 Diagrama de procesos de evaporación de leche.

Fuente: Elaboración propia

3.4 La Confiabilidad Operacional en la Empresa.

Actualmente no se lleva el indicador y menos aún la medición de la confiabilidad del proceso de generación de Vapor en la empresa.

Por lo cual será una tarea que se ejecutará en el paso 2 de la Metodología Lean a desarrollar.

3.4.1 Medición del Tiempo medio entre Fallas MTBF.

Un indicador que si es llevado es el Tiempo Medio entre fallas MTBF de la Planta el cual se muestra a continuación.

Mes	Horas Totales de Producción	DURACIÓN PTNP (hrs)	# PTNP (unidad)	DURACIÓN PTNP x Vapor (Hrs)	# PTNP x Vapor (unidad)	MTBF Planta
Ene-Año1	476.40	6.00	4	3.00	2	94.08
Feb -Año1	619.13	7.00	5	4.20	3	102.02
Mar-Año1	505.42	9.00	4	4.50	2	99.28
Abr-Año1	494.79	12.00	3	8.00	2	120.70
May-Año1	508.56	9.00	4	6.75	3	99.91
Jun-Año1	489.45	10.00	5	4.00	2	79.91
Jul-Año1	446.84	6.00	5	2.40	2	73.47
Ago-Año1	428.26	7.00	4	5.25	3	84.25
Set-Año1	404.78	9.00	4	4.50	2	79.16
Oct-Año1	393.77	6.50	5	3.90	3	64.55
Nov-Año1	384.86	8.00	6	4.00	3	53.84
Dic-Año1	357.61	6.00	4	4.50	3	70.32
Ene-Año2	378.87	9.00	4	6.75	3	73.97
Feb -Año2	374.10	10.00	5	4.00	2	60.68
Mar-Año2	418.00	8.50	6	2.83	2	58.50
Abr-Año2	402.00	8.00	4	4.00	2	78.80
May-Año2	402.00	6.50	4	3.25	2	79.10
Jun-Año2	448.00	7.00	4	5.25	3	88.20
Jul-Año2	457.00	6.00	3	4.00	2	112.75
Ago-Año2	437.00	4.00	3	1.33	1	108.25
Set-Año2	447.00	5.00	3	1.67	1	110.50
Oct-Año2	441.89	4.50	3	1.50	1	109.35
Nov-Año2	420.50	4.50	2	2.25	1	138.67
Dic-Año2	430.00	3.50	2	3.50	1	142.00

Tabla 2 Paros técnicos no Programados en Año 1 y Año2 respectivamente

Fuente: Elaboración propia

Donde:

NPH: Horas Netas de Producción

PTNP: Paro técnico no Programado

MTBF: Tiempo medio entre fallas

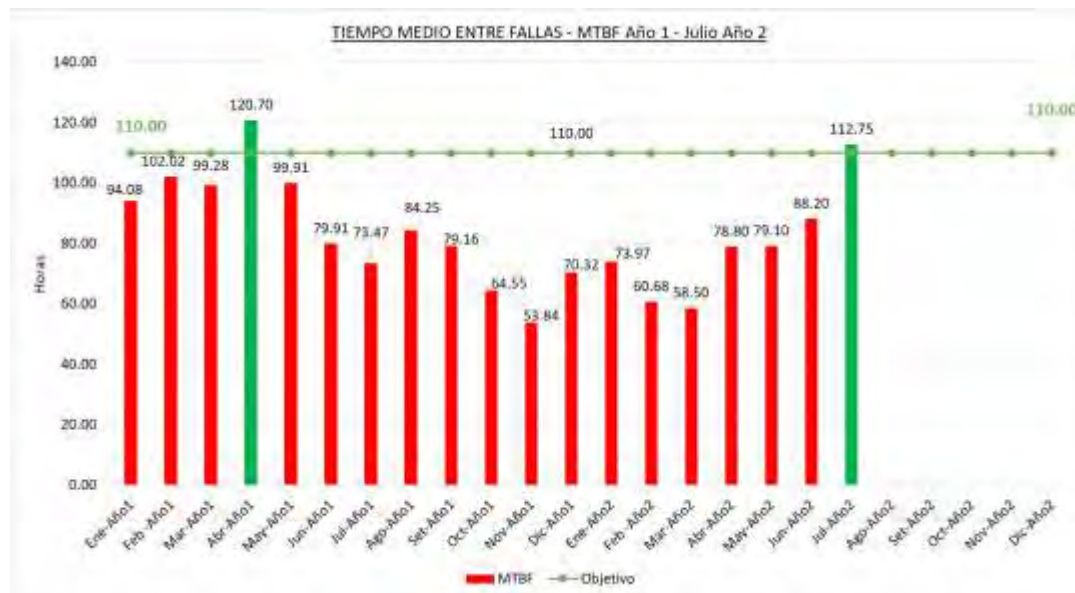


Figura 37 Tiempo medio entre fallas del proceso de evaporación.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en consideración que el promedio de las horas de producción son 15.8 horas día, y el valor promedio del MTBF es 98,7 horas entre el año 1 y año 2 - julio, esto nos indica que la probabilidad de ocurrencia de una falla es aproximadamente cada 6 días.

Año	Total Hrs NPH	Total Horas por PTNP	Nº Total de PTNP	MTBF	Total Horas por PTNP x Vapor	Horas PTNP x Vapor V/S Total Hrs PTNP
Año 1	5509.87	95.50	53	100.27	55.00	58%
Año 2 - Julio	2879.97	55.00	30	91.13	30.08	55%

Tabla 3 Total de Horas trabajadas versus total de Horas por paros técnicos no programados

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior tenemos que la Horas de parada técnica no programada por motivos o fallos en el sistema de Vapor representa el 58 % y 55 % correspondiente al año 1 y Parte del año 2 (hasta Julio).

De aquí la importancia de poder medir la confiabilidad del sistema de generación de vapor y mejorar.



Figura 38 Paros Técnicos no programados Año 1 y parte del año 2. Julio. Antes de Implementación de Lean Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 40, podemos observar como fue el promedio por mes de los paros técnicos no programados, tanto en cantidad como duración del total de planta y los que son por causa del sistema de generación y distribución de vapor has julio del año 2, fecha en la que iniciamos la implementación de centerline en planta.

3.4.2 Estado de la Implementación de Lean Manufacturing en la Empresa

La Empresa desde el 2016 ha iniciado su jornada en la implementación del Lean Manufacturing en sus plantas de Perú.

El proceso de Implementación esta esquematizado en 03 fases, 15 pasos, de estos 3 son Assessment o evaluaciones de cada Fase:

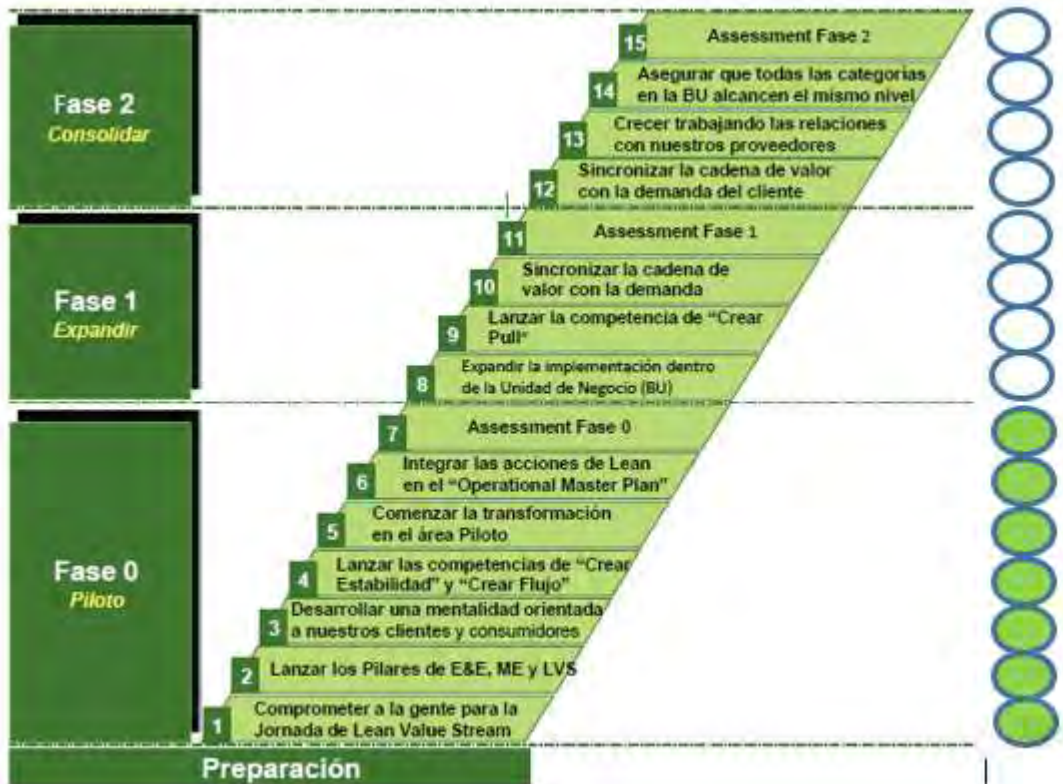


Figura 39 Fases de la implementación de Lean Manufacturing en la Empresa en Estudio
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

En la actualidad ya la empresa ha pasado de la Fase 0 hacia la Fase 1, logrando comprometer a todos de que la jornada o metodología lean manufacturing, es el camino para obtener tener mejores resultados, difundiendo y concientizando la orientación hacia el cliente - consumidor y comenzando la transformación en Líneas Pilotos para así comprender y aprender las competencias y principios de Lean Manufacturing.

De aquí se detectó que la principal preocupación del desarrollo de las competencias y herramientas Lean se dirigió hacia las líneas de producción, quedando pendiente las áreas de soporte y en específico el área de Servicios Industriales que para este caso es el corazón o fuente principal las operaciones. De aquí el objetivo y objeto del presente estudio y aplicación.

3.5 Implementación de herramienta Lean en el área de generación y distribución de vapor.

De la revisión anterior el área de servicios industriales y el de generación de vapor, depende de la correcta operación de variables o parámetros, por tanto, propondremos la aplicación de 02 herramientas Lean:

- Centerlining,
- Cadena de Ayuda

3.5.1 Centerlining

Para ahondar en la herramienta Centilining tenemos que preguntarnos:

¿Cuántos puntos podemos controlar y saber sus límites?



Figura 40 Paneles de control de Aeronaves, de la derecha más compleja que la otra
Fuente: Elaboración Propia

Entonces que es ¿Qué es Centerline?

Centerlines” son, en resumen, puntos de ajustes de:

- Posiciones fijas de ajuste basadas en las características de productos o SKUs
- Ajustes específicos para apagado, operación y encendido de máquinas.
- Ajustes precisos pre-establecidos eliminando así todas las conjeturas.
- Asegurando que el equipo esté preparado para una operación óptima.

Esto nos proporcionara:

- Estabilidad operacional.
- Mejor confiabilidad.
- Simplicidad en la operación – hace que sea más fácil hacer lo que es correcto.
- Inicio de la creación de una cultura enfocada en mejoras – Sustentabilidad.

Proceso de creación de ajuste o Centerlines.

A: Eliminando Ajustes

1° Opción - Eliminación de ajustes innecesarios. Una vez eliminado el ajuste no se requiere seguimiento.



2° Opción – Posiciones fijas de ajuste – específicos y precisos. No se requiere inspección.



3° Opción – Escalas de ajuste – (solo por excepción, último recurso). Debe ser revisada y registrada, cada cambio de turno.



3.5.2 PASO 1: Preparar a las personas para ver.

En este paso se tendrán los siguientes subprocesos y entregables:

- Alcance del proyecto.
- Definición Equipo de Trabajo
- Desarrollar la Matriz de Competencias y el Plan de Desarrollo del Equipo.
- Formular el Problema Enfocado 5W+1 H

- Definición objetivo (Gráf. Serie de tiempo) Beneficio Financiero /No Financiero.
- Gantt del Proyecto 6 pasos

3.5.2.1 Determinación del Alcance del Estudio.

- **Importancia del Vapor en el proceso de Evaporación:**

Para poder realizar la extracción del agua de la leche fresca y concéntrala hasta niveles de 45 % de sólidos, es necesario y vital el uso de vapor de agua, tanto para su tratamiento térmico de estabilizar la proteína como para la propia evaporación y concentración.

Y este vapor es generado a través de la sala de calderos, por cuanto esté es un área y equipo crítico del cual depende todas las producciones y cadena de valor del negocio. Por esta razón se elige esta área para implementar las herramientas lean que nos permitan tener alta confiabilidad en esta área.

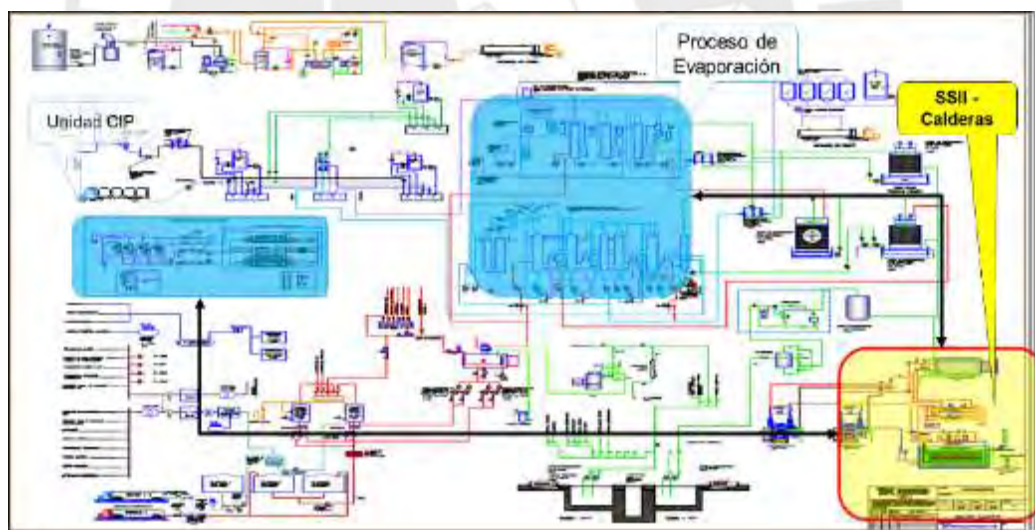


Figura 41 Flow Sheet General de Procesos
Fuente: Elaboración propia



Figura 42 Layout General de Planta
Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2 Selección del equipo de trabajo de implementación

En este caso se integrará a todos los operadores de casa fuerza y calderas más el área de instrumentación.

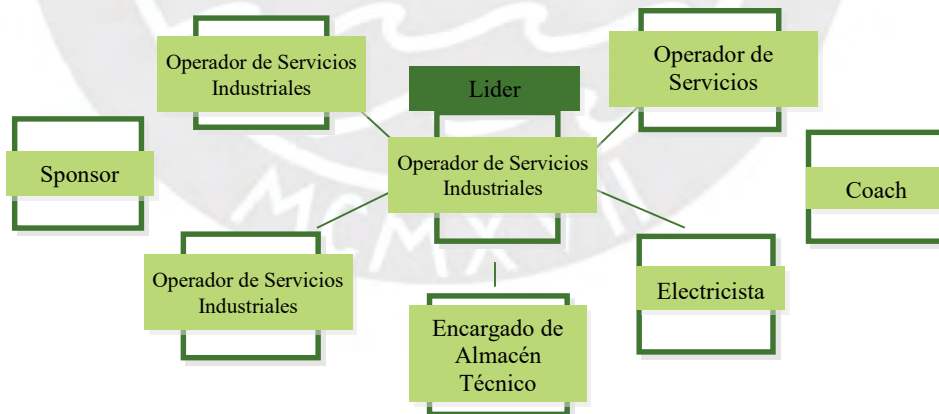


Figura 43 Equipo de Trabajo
Fuente: Elaboración propia

Este equipo deberá ser capacitado en la metodología Lean para ello se llevó a cabo una evaluación y una proyección de las competencias que requerirán en

esta implementación. Identificándose brechas entre lo deseado y lo que se requiere.

Matriz de Competencias - Definir parámetros de operación óptimos en Calderas				Priority Analysis			Desired Level according to position										
				1	3	5											
Competencia	Definición de competencias	Grupo de Trabajo					Indicadores de Priorización / Impacto en el equipo de Optimización de los Parámetros de Operación en Calderas			Leader				Member			
Centerling y Cadena de Ayuda	Trabajo Estandar	Dar a conocer los conceptos básicos de Trabajo estandar y su importancia.	2	2	4	3	13	1	1	5	4	5	3	4			
	Priorización de máquinas	Esta competencia da a conocer mediante paretos, la priorización de máquinas. Los equipos que generan pérdida, deberán estar ya mapeados.	2	2	4	3	13	1	1	5	4	5	3	4			
	Conocimiento Básico de funcionamiento de máquinas a nivel de operación	Dar a conocer la manera optima de operar los equipos. Además de los rangos de operación (Reforzar ajustes remanentes)	2	2	5	3	12	1	1	5	5	5	3	4			
	Categorización de puntos de ajuste/ 3 Tipos de Opciones	Dar a conocer las 3 opciones de ajustes para la implementación del centerling: Eliminar / Fijar y Regulable.	1	2	4	2	10	1	1	5	4	5	3	4			
	Conocimiento correcto en el registro de formatos para cumplir con los puntos de ajustes	Dar a conocer el correcto llenado del formato para sostener los puntos de ajuste. Formato deberá tener un estándar.	2	2	4	2	11	1	1	5	4	5	3	4			
	Cadena de Ayuda Overview	Dar a conocer las principales fuentes de ayuda.	1	1	4	3	10	1	1	5	4	5	3	4			
	IVPH	Dar a conocer la forma de realizar un IVPH para conseguir la causa raiz	2	2	4	2	10	1	1	5	4	5	3	4			
	Gestión de LUP's	Dar a conocer la elaboracion y practica de LUP's	2	2	4	2	10	1	1	5	4	5	3	4			
			1.7	1.9	4.2	2.4	10.9	1.0	1.0	5.0							
BRECHAS ACTUALES								56%									
BRECHAS CERRADAS								44%									

Figura 44 Matriz de Competencias del Equipo de Trabajo
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

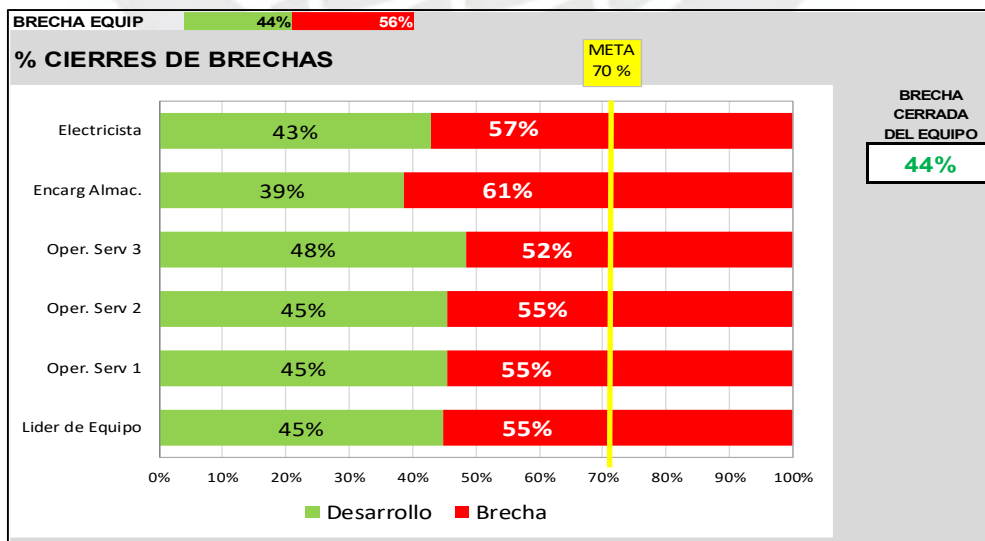


Figura 45 Análisis de brechas de las competencias del equipo de trabajo
Fuente: Elaboración propia

También se elaboró un plan de desarrollo para cerrar dichas brechas.

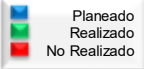
PLAN ANUAL DE DESARROLLO Y CAPACITACION							
Grupo de Trabajo: Definir parámetros de operación óptimos en Calderas							
70% Experiencia 20% Coaching 10% Cursos				Duración (h)	Coach	Tipo de Entrenamiento 70 20 10	Status
No.	Dirigido a:	Competencia a Desarrollar					
Lider de Equipo	GT Centerlining Calderas	Conceptos y Metodología Lean		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Conceptos del desarrollo de las Competencias Lean		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Gestión del Proyecto - 6 Pasos Lean		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Trabajo Estandar		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Liderar el Proyecto Lean: En Calderas		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
Miembros de Equipo	GT Centerlining Calderas	Trabajo Estandar		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Priorización de máquinas		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Conocimiento Básico de funcionamiento de máquinas a nivel de operación		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Categorización de puntos de ajuste/ 3 Tipos de Opciones		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Conocimiento correcto en el registro de formatos para cumplir con los puntos de ajustes		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Cadena de Ayuda Overview		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		MPH		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado
		Gestión de LUP's		3		70 - 20 - 10	Planeado Realizado

Figura 46 Plan de desarrollo del equipo de trabajo
Fuente: Elaboración propia

3.5.2.3 Enfocando el Problema.

Para enfocar el problema utilizamos la herramienta de 5 W (porque) + 1 H (como).

What – ¿Qué está sucediendo?

Qué

La confiabilidad de las maquinas o equipos de la sala de calderas es baja y representa más del 55 % de los paros técnicos no programados de la planta en estos dos años recientes (95.5 total horas año1 de los cuales 55 hrs a causa del sistema de generación de vapor).

How – ¿Cómo es diferente del estado actual? ¿Cómo sucede?

Cómo

Al realizar seteos fuera del rango o diferentes, durante la operación y/o mantenimientos rutinarios del sistema de generación de vapor, los componentes se deterioran y causando paradas técnicas no programadas con MTBF promedio de 95 horas.

Which - ¿Qué patrón se observa? (¿sucede del lado derecho, izquierdo, abajo, arriba, en frete, aleatoriamente?)

Cuál

En los arranques, cambios de turno y puesta a punto luego de mantenimientos rutinarios, se presentan variaciones de consumo y

efectos en el estado y condición de la caldera por mala combustión, con eficiencias en promedio de 84.3% (máx.: 85.6% y min: 82.4%).

- When** - ¿Cuándo sucede? ¿Cuándo ocurrió el problema?
Cuándo Toda vez que estamos en procesamiento de Leche para evaporar y en los ciclos de mantenimiento.
- Where** - ¿Dónde sucede?
Dónde En la sala de calderos y distribución de vapor.
- Who** - ¿Está relacionado el problema con las habilidades del operador?
Quién Depende de las habilidades del operador de turno y las calibraciones por parte del personal de mantenimiento

Del cual tenemos el siguiente enunciado:

En el proceso de generación y distribución de vapor para la evaporación se presenta paros técnicos no programados que representan hasta el 55 % del total horas de PTNP de planta. Esto debido a los diferencias o variaciones en los seteos, calibraciones o ajustes de los parámetros de operación de los equipos o máquinas de esta área; generando además ineficiencias en la combustión por debajo del estándar (n= 86%), obteniéndose máximos de 85.6 %, y mínimo hasta 82.4 %. Los cuales dependen de las habilidades del personal de mantenimiento y del operador.

3.5.2.4 Definición de Cronograma

Definimos un cronograma para el seguimiento de las actividades.

		PLAN ANUAL DE DESARROLLO Y CAPACITACION																							
		Grupo de Trabajo: Definir parámetros de operación óptimos en Calderas													Elaboró: Cayo Espinoza										
		Calderas													Fecha: Julio										
		70% Experiencia 20% Coaching 10% Cursos		■ Planeado ■ Realizado ■ No Realizado		Duración (h)	Status	Agosto			Setiembre			Octubre			Noviembre								
No.	Dirigido a:	Competencia a Desarrollar		Sem 31	Sem 32			Sem 33	Sem 34	Sem 35	Sem 36	Sem 37	Sem 38	Sem 39	Sem 40	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48	Sem 49	
Lider de Equipo	GT Centerlining Calderas	Conceptos y Metodología Lean		3	Planeado			P	P																
		Realizado																							
		Conceptos del desarrollo de las Competencias Lean		3	Planeado					P	P														
		Realizado																							
		Gestión del Proyecto - 6 Pasos Lean		3	Planeado				P			P													
Realizado																									
Miembros de Equipo	GT Centerlining Calderas	Trabajo Estandar		3	Planeado					P															
		Realizado																							
		Liderar el Proyecto Lean: En Calderas		3	Planeado						P														
		Realizado																							
		Trabajo Estandar		3	Planeado					P															
		Realizado																							
		Priorización de máquinas		3	Planeado							P													
		Realizado																							
		Conocimiento Básico de funcionamiento de máquinas a nivel de operación		3	Planeado												P					P			
Realizado																									
Categorización de puntos de ajuste/ 3 Tipos de Opciones		3	Planeado											P											
Realizado																									
Conocimiento correcto en el registro de formatos para cumplir con los puntos de ajustes		3	Planeado													P									
Realizado																									
Cadena de Ayuda Overview		3	Planeado																	P					
Realizado																									
IVPH		3	Planeado																			P			
Realizado																									
Gestión de LUP's		3	Planeado																				P		
Realizado																									

Figura 47 Cronograma de desarrollo del equipo de trabajo
 Fuente: Elaboración propia

3.5.2.5 Mediciones iniciales de Eficiencia de Generación de Vapor.

Eficiencia de Combustión.

Tomamos unas métricas de la eficiencia de combustión, para el análisis. Del cual se observa variaciones fuera de los límites de control.



Figura 48 Eficiencias de combustión de caldera Cleaver
Fuente: Elaboración propia

De las mediciones se observa la variación entre de la eficiencia de combustión desde 82.4 a 85.6 %, lo cual está debajo del estándar (86 %) y con un promedio de 84.3%.

3.5.3 PASO 2: Medir e identificar las causas raíz

En este paso tendremos los siguientes subprocesos:

- Linkear beneficios del Proyecto a los atributos de la Proposición de Valor para el Cliente (CCVP)
- Identificar que desperdicios vamos a eliminar (Sustentar con métricas)
- Determinar los parámetros, Puntos de Ajuste

3.5.3.1 Linkear beneficios a los atributos del CCVP (Sustentar vínculo)

CCVP: Valores de Nuestros Clientes y Consumidores

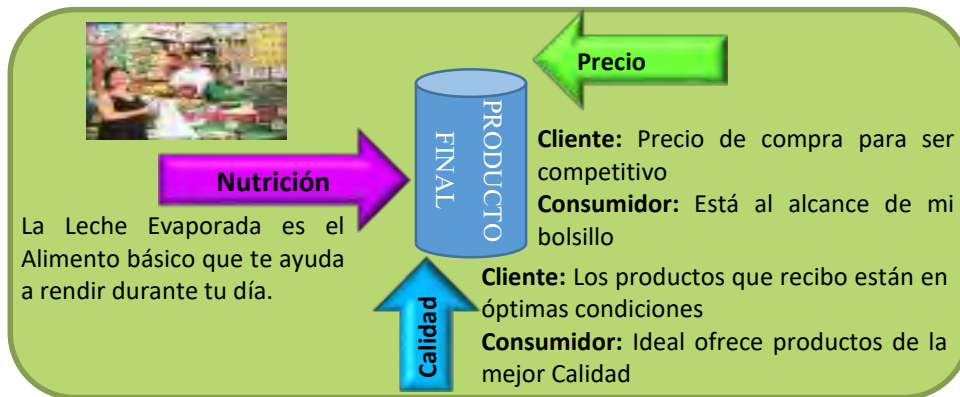


Figura 49 Atributos que el cliente considera de valor sobre el producto.
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio

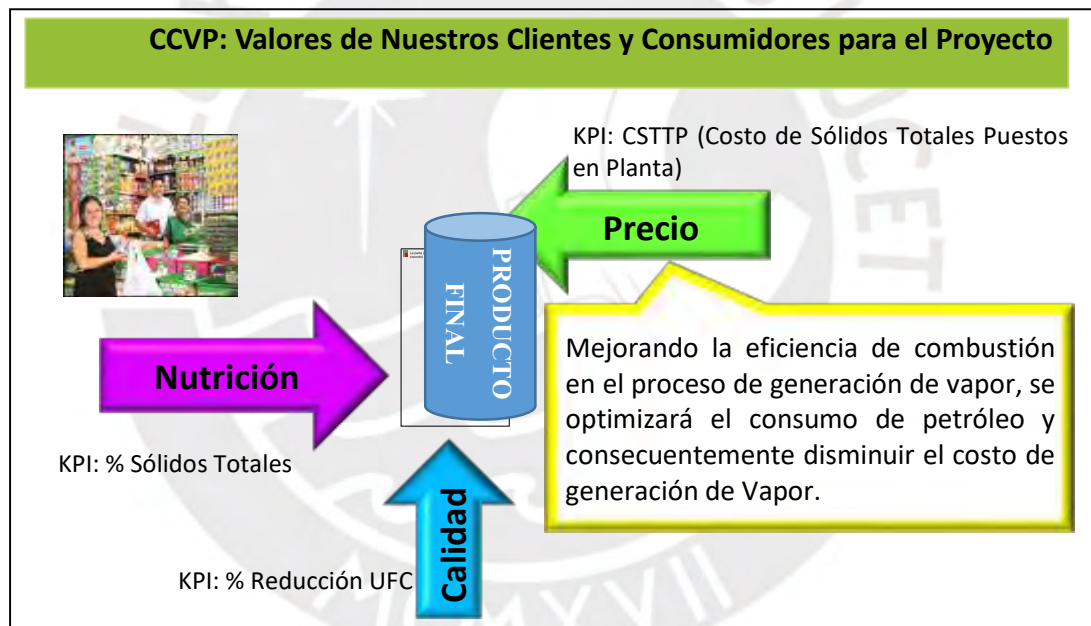


Figura 50 Vínculo con los atributos.
Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2 Identificando los desperdicios o Mudas

Se ha identificado tres principales Mudas:

- Espera: Esto dado por paradas no programadas en el caldero.

- Sobre Proceso: Dado por las veces en que un operador realiza inspecciones a los parámetros de los calderos para mantenerlos dentro de sus rangos de operación.
- Errores / Defectos / Retrabajo: Producto de la mala combustión del Petróleo residual.

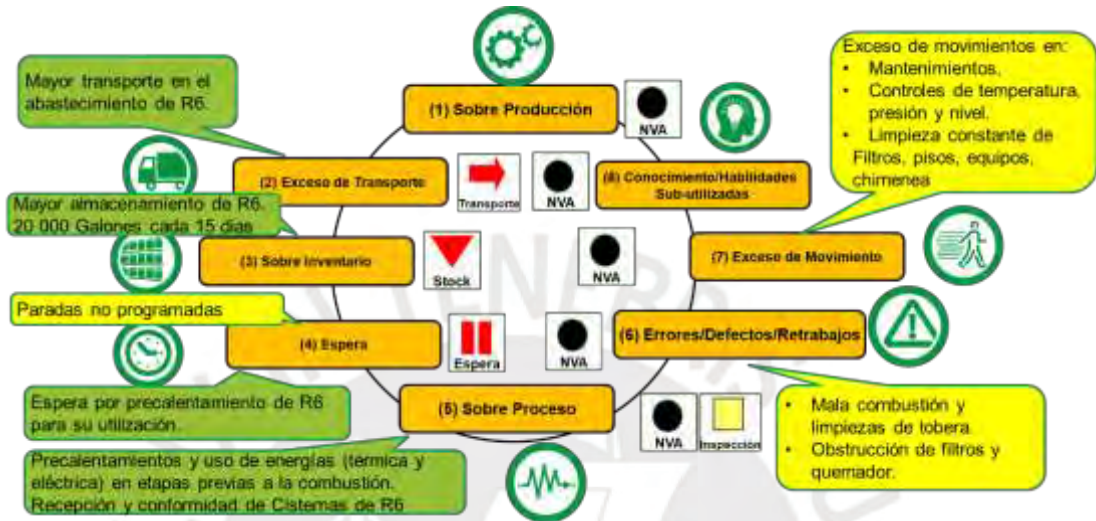




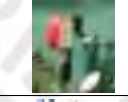



Figura 51 Mudras del proceso de generación de vapor.
Fuente: Elaboración propia

3.5.3.3 Listado de Puntos de Ajuste

Se revisó y se listo todos los parámetros que inciden en una correcta y buena combustión y generación de vapor para los procesos.

Siendo esto los siguientes:

Equipo			Sistema					
N° de Ajuste	Nombre	Función	Rango de Ajuste	Acción Correctiva	Que se monitorea	Foto	Ajuste actual	Consecuencia Desvío del Ajuste
QUEMADOR								
1	Quemador	Generar la combustión para provocar el calor y generar vapor	Sin Estandar	Intervinir el quemador y hacer los ajustes correspondientes.	Ajuste de pernos de sujeción y centrado de la brida al cuerpo de la caldera. Carrera de engranaje de los servomotores		No estandarizado	Atascamiento de engranajes. Que se apague o no encienda el caldero.
2	Generador de arco eléctrico	Generar el arco eléctrico a 6 KV. Encender llama piloto	Presión de gas de 25 a 27 MH2O.	Verificar voltage en tramo de alimentación al electrodo. Verificar estado de cerámica. Cambio de electrodo en caso de avería.	Generación de arco eléctrico. Generación de llama piloto. Posición y estado de cerámica.		Visual	No genera el arco eléctrico Crea arco eléctrico pero no genera llama piloto por falta de gas o por ahogamiento. No arranca el caldero No generamos vapor en el tiempo programado Falta de respuesta a la demanda
3	Atomizador de Petróleo	Atomiza el petróleo para lograr una mezcla de combustible y aire adecuada. Difundir la salida del petróleo en el quemador	Sin Estandar	Regular la posición de la lanza Limpieza de tobera. Cambio de piezas en mal estado	Estado físico del remoltenador. Posición longitudinal de lanza		Visual	Desviación de la llama principal. Deterioración de refractario afectado. Formación de carbón en el quemador. Implosión del quemador por daños al hogar.
4	Servomotor de alimentación de aire de combustión	Completa la combustión e impulsa los gases calientes	3% a 6%	Regulación de compuerta de ingreso de aire (damper), o revisión de engranajes en servomotor.	% de aire de combustión		Referencial	Por exceso de aire humo blanco mala combustión, deficiencia y fatiga del caldeo. Presencia de humo negro por falta de aire, derrame de
5	Servomotor regulador de ingreso y retorno de petróleo	Modula el ingreso de petróleo al quemador	Movimiento de pistón.	Regulación de pistón de admisión y corte de combustible accionado por servomotor.	Movimiento o carrera de pistón.		Referencial	Mala combustión, derrame de combustible en hogar. Emisiones de humo blanco o negro. Desviación de llama. Implosiones.
6	Controlador de combustible	Regula las presiones de ingreso y retorno de petróleo al quemador	Ingreso 36-42 psi Retorno 28-32 psi	Ajuste de presión de ingreso Ajuste de presión de retorno	Presiones de petróleo al ingreso entre 36 y 42 psi y retorno entre 28 y 32 psi		Referencial	Mala combustión, derrame de combustible en hogar. Emisiones de humo blanco o negro. Implosiones.

Equipo			Sistema					
N° de Ajuste	Nombre	Función	Rango de Ajuste	Acción Correctiva	Que se monitorea	Foto	Ajuste actual	Consecuencia Desvío del Ajuste
AGUA ALIMENTACION TANTO DE CALDERO								
7	Controlador de Temperatura tanque desareador	Detecta la temperatura del agua	32-35 °C	Apertura de válvulas de ingreso de vapor calentando el agua.	Temperatura del agua en el tanque		No estandarizado	La salida de agua se enciende a menor temperatura de la necesaria por lo que se enfría más combustible en la caldera para cumplir con demanda de vapor
8	Controlador de nivel tanque desareador	Detecta el nivel de agua en el tanque	40% (H)	Revisar fugas de alimentación de agua.	Nivel de agua en el tanque		Referencial	Al no haber suficiente agua no se quiere llenar con la demanda de vapor. El operador avisa el Servicio al Cliente de agua.
AGUA DE INGRESO A CALDERO - SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN								
9	PS (PSI) Manómetro ingreso agua a Calderas (antes de válvula reguladora)	Indica la presión de agua a la entrada antes de la válvula reguladora	Max 250 PSI En operación normal (calderas entre 150 a 250 psi) de 250 a 250 psi. 20% más que la presión del cilindro.	Revisar conexiones, revisar la bomba, revisar y calibrar el manómetro, cambio de manómetro.	Presión del agua en la línea.		No estandarizado	El agua no podrá vencer la presión de la caldera por lo que no podrá ingresar.

Equipo			Sistema					
N° de Ajuste	Nombre	Función	Rango de Ajuste	Acción Correctiva	Que se monitorea	Foto	Ajuste actual	Consecuencia Desvío del Ajuste
AGUA DE ALIMENTACIÓN								
22	Regulador de presión de aire de atomización	Regula la presión de aire para la atomización de la combustión	25psi (Válvulas reguladoras) (2-25 Manómetros)	Regular a la presión deseada. Revisar línea y filtros. Enviar a calibrar, cambio de manómetro.	Presión de aire de atomización		Referencial	Mala combustión, atascamiento, humo negro o blanco. Fugas de caldero.
23	Válvula de línea de aire	Permite o impide el flujo de aire en la línea.	N/A (Inherentemente Abierta)	Colocar la válvula en la posición deseada	Posición de la válvula		No estandarizado	No tiene flujo de aire en la línea.
ALIMENTACIÓN DIRECTA DE COMBUSTIBLE								
24	Controlador de temperatura tanque banco de pernos	Indica la temperatura del combustible en el tanque	80-100 °C	Revisar válvula de ingreso de vapor	Temperatura de combustible en el tanque		No estandarizado	Mala combustión y/o paradas frecuentes de caldero. Fuga de caldero
25	Sensor de nivel tanque banco de petróleo	Detecta el nivel de agua en el tanque	Mínimo 75% Máximo 90%	Encender bomba manualmente	Nivel de petróleo residual en el tanque banco.		Referencial	Caida de presión de petróleo por ausencia de petróleo, humo blanco y paradas de caldero.

Equipos			Sistema					
Nº de Ajuste	Nombre	Función	Rango de Ajuste	Acción Correctiva	Que se evidencie	Foto	Ajuste actual	Comentarios Desde el Ajuste
ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE A CALDERA								
24	Regulación de presión de petróleo	Regula la presión de petróleo	76 a 100 psi (Valvula reguladora) 86-100 psi (Manómetro)	Regular la presión de petróleo sobre la combustión. Evitar el sobrepeso/daño de quemador	Presión de petróleo en línea de alimentación a unidades		Relevancia	Emisión de humo blanco o grisáceo de caldera por alta presión de petróleo. Emisión de humo negro por exceso de petróleo, mala calidad de llama, formación de coque en el refractario. No avanza el cargador
25	Visión de línea de petróleo	Permite a indicar el nivel de petróleo en la línea.	N.A. (Instrumento Absente)	Colocar la vista en la posición deseada	Posición de la vista		No entendido	Se muestra el nivel de combustible
26	TI-107-71 Indicador de temperatura	Indica la temperatura del combustible	90-115 °C	Regular petróleo hasta normal temperatura y revisar línea de agua y/o cable eléctrico	Temperatura de combustible. Verificar conexión del sensor		No entendido	Deficiencia en el cableo, sustrato o mermas. Calentamiento excesivo.

Equipos			Sistema					
Nº de Ajuste	Nombre	Función	Rango de Ajuste	Acción Correctiva	Que se evidencie	Foto	Ajuste actual	Comentarios Desde el Ajuste
ENCENDIDO DE LLAMA - APUYADO								
27	Regulación de presión de gas	Regular la presión de gas para generación de llama.	Mínimo 30 psi en botella. Al ingresar a la caldera de 25 a 27 MmHg	Regularización, si falta revisar peso del normal. Revisar filtros de línea. Cambiar el balón alérgico. Verificar la presión de gas y/o ajustar válvula reguladora de gas a la presión deseada	Presión de gas al quemador. Presión de gas al ingreso de la caldera		No ajustado	Falta de gas para llama piloto
CAUDERA								
28	Sensor de nivel nivel máximo	Detonar y evitar que el nivel del agua alcance por debajo de los tubos o torceda un nivel	5cm y 25.2cm sobre las tuberías.	Permitir el ingreso de más agua en caso de encuentro bajo el nivel al ingreso de agua hasta de llegar al nivel	El nivel de agua en la caldera		Relevancia	Fallas de unidad por falta de agua, operación deficiente por exceso de agua. Por sobre nivel, ingreso de agua en tuberías y fallas en evaporación
29	PI-178-71 Manómetro del agua caldera control	Indica la presión de agua	Esaporador 1 Proceso 190-202 psi OP Esaporador 1 150-160 psi Esaporador 2 Proceso 190-206 psi OP Esaporador 2 90 psi N/A Esaporador 3 250 psi	Verificar la unidad si la presión está baja, en caso la presión sea mayor del rango parar la caldera.	Al operación según demanda		No entendido	Al estar sobre el rango máximo la caldera podría sufrir daños.

Tabla 4 Parámetros de operación de la generación de vapor
Fuente: elaboración propia

Equipo		Categorización	
N° de Ajuste	Nombre	Tipo de Parámetro	Tipo de Centerlining
QUEMADOR			
1	Quemador	Manual	Fijar
2	Generador de arco electrico	Manual	Fijar
3	Atomizador de Petroleo	Manual	Fijar
4	Servomotor de alimentacion de aire de combustion	Manual	Fijar
5	Servomotor regulador de ingreso y retorno de petróleo	Manual	Fijar
6	Controlador de combustible	Manual	Fijar
AGUA ALMACENAMIENTO TANQUE DESAIREADOR			
7	Controlador de Temperatura tanque desaireador	Indirecto	Fijar
8	Controlador de nivel tanque desaireador	Indirecto	Fijar
AGUA DE INGRESO A CALDERO - SIST MODULANTE			
9	PI-181-71 Manometro ingreso agua a caldera(antes de valvula)	Indirecto	Fijar
AIRE DE ATOMIZACION			
10	Regulacion de presion de aire de atomizacion	Manual	Fijar
11	Valvula de linea de aire	Manual	Fijar
ALMACENAMIENTO DIARIO DE COMBUSTIBLE			
12	Controlador de Temperatura tanque diario de petroleo	Indirecto	Fijar
13	Sensor de nivel tanque diario de petroleo	Automatico	Fijar
ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE A CALDERA			
14	Regulacion de presion de petroleo	Manual	Fijar
15	Valvula de linea de petroleo	Manual	Fijar
16	TI-197-71 Indicador de temperatura	Automatico	Fijar
ENCENDIDO DE LLAMA - ARRANQUE			
17	Regulacion de presion de gas	Indirecto	Fijar
CALDERA			
18	Sensor de nivel level master	Automatico	Fijar
19	PI-178-71 Manometro salida caldera Cleaver	Manual	Graduar

Tabla 5 Clasificación de variables
Fuente: Elaboración propia

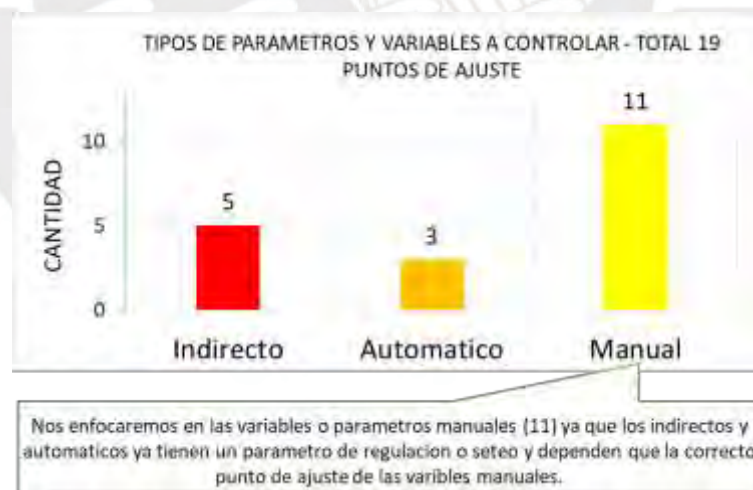


Figura 52 Clasificación de los parámetros de operación por tipo de ajuste.
Fuente: Elaboración propia

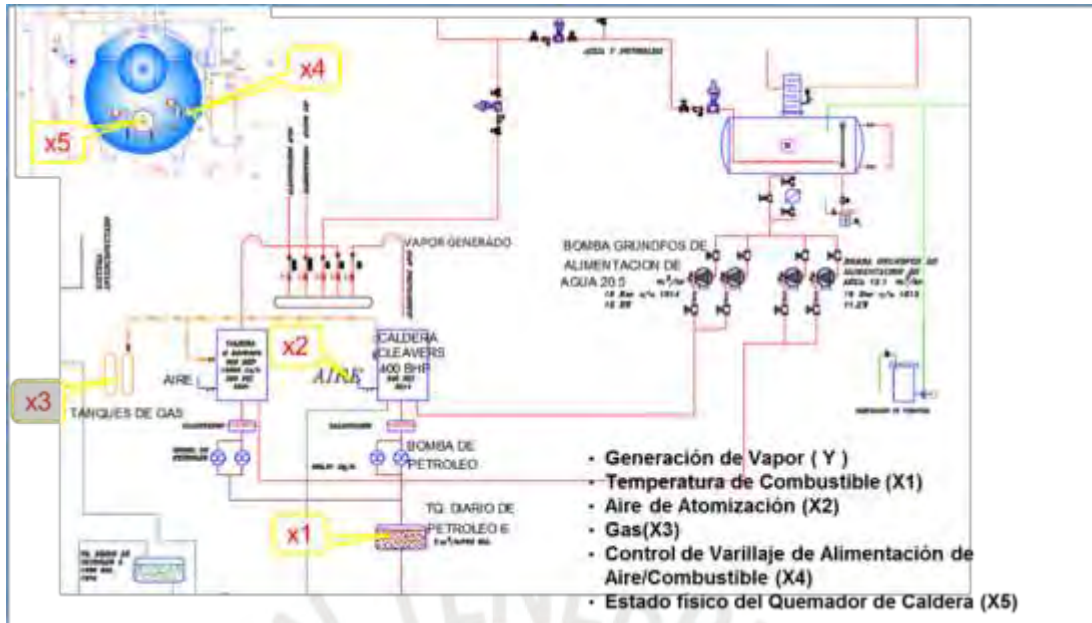


Figura 53 Identificación de parámetros (variables) en flow sheet de generación de vapor.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.4 Problema Enfocado.

Las variables o parámetros en la generación de vapor son 19, de su correcto ajuste dependerá la operatividad y conservación durante su vida útil. Esto conlleva la confiabilidad de dicho sistema para soportar los procesos de evaporación – producción de la planta.

Cada uno de estas variables son ajustadas ya sea por el operador o el personal de mantenimiento sin tener un estándar, lo que conlleva en varias ocasiones, en el año 1 de observación se tiene 30 PTNP a causa del vapor con un tiempo perdido de 55 horas. De los 19 puntos de ajuste, se han identificado que 11 son manuales, las cuales de estas 5 son de mayor impacto.

What – ¿Qué está sucediendo?

Qué El proceso de generación de vapor no es confiable, en el acumulado de 19 meses, se ha perdido 85 horas en 46 PTNP.

How – Cómo es diferente del estado actual? ¿Cómo sucede?

Cómo Las paradas suceden por variaciones en los ajustes de los parámetros de operación y en las calibraciones o puesta a punto luego de los mantenimientos de rutina.

Which - ¿Qué patrón se observa? (¿sucede del lado derecho, izquierdo, abajo, Cuál arriba, en frete, aleatoriamente?)

El operador de turno o el mecánico/electricista regula, posiciona, y opera con su criterio y experiencia los 19 parámetros, de los cuales 11 son de operación manual y susceptible a error.

When - ¿Cuándo sucede? ¿Cuándo ocurrió el problema?

Cuándo Toda vez que estamos en procesamiento de Leche para evaporar y en los ciclos de mantenimiento rutinario.

Where - ¿Dónde sucede?

Dónde En la sala de calderos y distribución de vapor.

Who - ¿Está relacionado el problema con las habilidades del operador?

Quién Depende de las habilidades del operador de turno y las calibraciones por parte del personal de mantenimiento

Del cual tenemos el siguiente enunciado:

El proceso de generación de vapor no es confiable, en el acumulado de 19 meses, se ha perdido 85 horas en 46 PTNP. Tanto el operador de turno como el personal de mantenimiento calibran, o ajustan 19 parámetros o variables durante el proceso de producción llegando a generar un acumulado de 85 horas en 46 PTNP. De los 19 parámetros, 11 son manuales que son más susceptibles a error que no nos permiten alcanzar mejores eficiencias. Eficiencia estándar (n= 86%), máximos obtenido 85.6 %, y mínimo hasta 82.4 %.

3.5.4 PASO 3: Identificar y Eliminar las Causas Raíz

En este paso se tomarán las variables o parámetros priorizados para establecer los puntos de ajuste.

3.5.4.1 Priorización de Puntos de Ajuste.

Se trabajará la metodología de Centerlining en los 19 puntos de ajuste de tipo manual de la Caldera Cleaver. Siendo 8 de estos puntos los que tienen mayor impacto en la eficiencia de combustión.

N° de Ajuste	Nombre	Tipo de Parámetro	Tipo de Centerlining	Seguridad	Calidad	Paros Menores	Total	Pareto
2	Generador de arco electrico	Manual	Fijar	1	5	5	30	12%
4	Servomotor de alimentacion de aire de combustion	Manual	Fijar	1	5	5	30	24%
5	Servomotor regulador de ingreso y retorno de petróleo	Manual	Fijar	1	5	5	30	37%
1	Quemador	Manual	Fijar	1	5	5	30	49%
3	Atomizador de Petroleo	Manual	Fijar	1	5	5	30	61%
6	Controlador de combustible	Manual	Fijar	1	3	5	20	69%
12	Controlador de Temperatura tanque diario de petroleo	Indirecto	Fijar	1	3	5	20	77%
13	Sensor de nivel tanque diario de petroleo	Automatico	Fijar	1	3	5	20	85%
8	Controlador de nivel tanque desareador	Indirecto	Fijar	1	3	1	4	87%
11	Valvula de linea de aire	Manual	Fijar	1	3	1	4	89%
14	Regulacion de presion de petroleo	Manual	Fijar	1	3	1	4	90%
15	Valvula de linea de petroleo	Manual	Fijar	1	3	1	4	92%
7	Controlador de Temperatura tanque desareador	Indirecto	Fijar	1	3	1	4	93%
10	Regulacion de presion de aire de atomizacion	Manual	Fijar	1	3	1	4	95%
18	Sensor de nivel level master	Automatico	Fijar	1	3	1	4	97%
19	PI-178-71 Manometro salida caldera Cleaver	Manual	Graduar	1	1	1	2	98%
16	TI-197-71 Indicador de temperatura	Automatico	Fijar	1	1	1	2	98%
9	PI-181-71 Manometro ingreso agua a caldera(antes de	Indirecto	Fijar	1	1	1	2	99%
17	Regulacion de presion de gas	Indirecto	Fijar	1	1	1	2	100%

Tabla 5 Listado de parámetros y su priorización.

Fuente: Elaboración propia.

Factores de Priorización

Los factores de priorización de cada parámetro son:

Seguridad (X): Estos refieren a los modos de operación.

- Modo 1, Cero accesos: Valor: 1
- Modo 2, A través de un interlock: Valor: 2.
- Modo 3, A través de un interlock y trava: Valor: 3.
- Modo 4, Trabajando con energía viva: Valor: 4

Calidad (Y): Refiere a las características o cualidades del servicio o bien.

- Percibido por el cliente y puede afectar su salud: Valor: 5.
- Percibido por el cliente, pero no afecta a su salud: Valor: 3

Tipo de Paro (Z): Refiere si es que se provocase una intervención o para del sistema, maquina y/o infraestructura.

- Rutinario, Cuando la parada del equipo es dentro de un programa de mantenimiento preventivo:
Valor: 1.
- No planeado, Cuando la parada del equipo es por un mantenimiento correctivo.
Valor: 5

El valor o peso ponderado se utilizará la siguiente formula: $Total = Z \times (X + Y)$

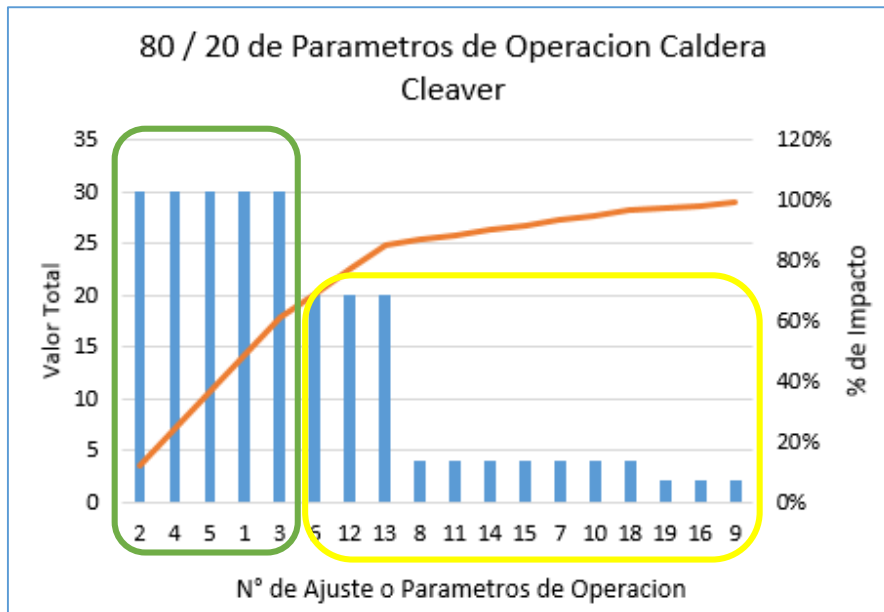


Figura 54 Pareto de impacto esfuerzo de las variables de operación del caldero
Fuente: Elaboración propia.

Para la aplicación de la Herramienta del Centerline se debe tener en cuenta el siguiente proceso:

Proceso de eliminación de Ajustes

Para esto se tiene el siguiente orden de accionabilidad:

- 1° Opción: Eliminación de ajustes innecesarios. Se debe eliminar o hacer punto fijo.
- 2° Opción: Posiciones fijas de ajuste - específicas y precisas. La idea es que no se requiere inspección ni manipulación.
- 3° Opción: Escalas de ajuste: Debe ser revisada y registrada, cada cambio de turno.

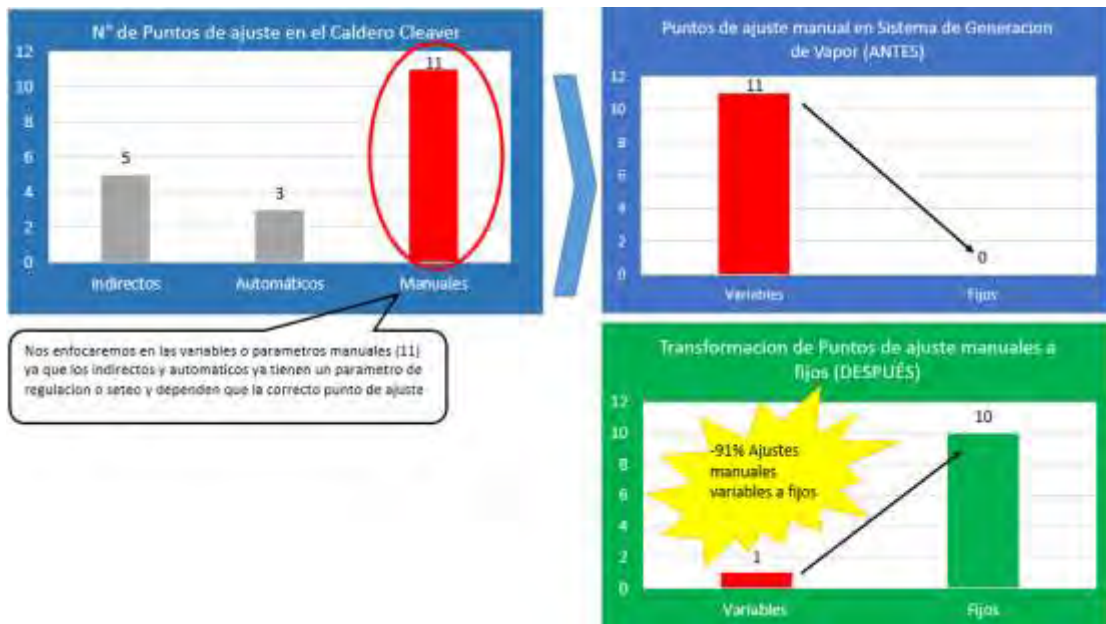


Figura 55 Propósito y transformación de variables.
Fuente: Elaboración propia.

Para lograr esta transformación se tiene que trazar un plan de acción con cada variable, con la herramienta de 5W + 1 H.

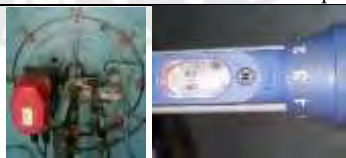
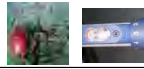













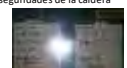

Código de la variable del Ajuste		1
Nombre		Quemador
QUE	Definir medida que previene ocurrencia de causa raíz	Revisión de tolerancias de ajuste y recorrido de tuercas de tapa o brida del quemador.
PORQUE	Razón de la acción	Se tiene que controlar valores para detectar alguna anomalía durante el montaje y puesta en operación de quemador.
COMO	Tareas para realizar la acción	Medición en campo al realizar el desmontaje y montaje del quemador. Mejorar procedimiento de Mtto de quemador
DONDE	Donde realizar las tareas	En el quemador de la Caldera Cleaver.
QUIEN	Responsable de ejecutar las tareas	Operadores de Casa Fuerza y Calderos
CUANTO	Cuánto cuesta implementar	Sin Estimación
CUANDO	Cuando terminaremos las tareas	Con fin de Proyecto
ESTATUS		En progreso
Descripción de la Alternativas de Ajuste		 <p>Ajustar cada tuerca bajo un standard utilizando un torqui metro.</p>
Responsables		Área Técnica

Tabla 6 Propósito y transformación de variables.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro de Plan de Acción.

PLAN DE ACCION CENTERLINE										
Cod. de Ajuste	Nombre	QUE	PORQUE	COMO	DONDE	QUIEN	CUANTO	CUANDO	STATUS	Descripción de la Alternativas de Ajuste
1	Quemador	Revisión de tolerancias de ajuste y recorrido de tuercas de tapa o brida del quemador.	Se tiene que controlar valores para detectar alguna anomalía durante el montaje y puesta en operación de quemador.	Medición en campo al realizar el desmontaje y montaje del quemador. Mejorar procedimiento de Mitto de quemador	En el quemador de la Caldera Cleaver	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	Completo	Ajustar cada tuerca bajo un estándar utilizando un torquímetro 
2	Generador de arco eléctrico	Definir la posición óptima para el Electrodo y condiciones básicas.	Para asegurar que exista la generación del arco eléctrico.	Probar a distintas distancias respecto al referencial de la posición del electrodo, y dar alternativas de fijación.	En el electrodo	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Implementar un tope similar a la lanza del atomizador 
3	Atomizador de Petróleo	Definir la posición óptima para la lanza y el estándar de condiciones básicas.	Para asegurar la correcta formación de la llama, respecto al cono refractario.	Probar a distintas distancias respecto al referencial de la posición del electrodo, y dar alternativas de fijación.	En la lanza	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Indicador visual del rango donde ubicar el tope 
4	Servomotor de alimentación de aire de combustión	Definir la posición óptima de los engranajes respecto al nivel de apertura de la compuerta de aire.	Para evitar el exceso y escases de aire.	Probar las posiciones de los engranajes y plantear alternativas de fijación.	En los engranajes	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Hacer agujeros en el eje en la dirección de los prisioneros 
5	Servomotor regulador de ingreso y retorno de petróleo	Definir la posición óptima de la leva y del pistón.	Para asegurar una buena formación de la leva y del pistón.	Evaluar las posiciones de la leva y el pistón y plantear alternativas de fijación.	Leva y pistón	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Hacer agujeros en el eje en la dirección de los prisioneros 
6	Controlador de combustible	Definir el rango de presiones de ingreso y retorno que se trabajará.	Para asegurar una correcta caudal y presión de la alimentación de petróleo y optimizar la combustión.	Se definirá el rango de presiones que permita la mejor operación. Y plantear alternativas de fijación.	En la válvula reguladora y control visual en el manómetro	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Se fijara en una posición mediante una barra que intersectara al agujero ubicado en una plancha soldada en el parte superior del perno y a la vez intersectara al agujero de una plancha fija.  Control visual en el manómetro indicando el rango en el que trabaja en verde e indicando en rojo cuando esta fuera del margen 
7	Controlador de Temperatura tanque desareador	Definir el rango de presión en el tanque desareador para influir en la temperatura del agua.	Se evitara consumir más recursos de los necesarios para calentar el agua en la caldera y cumplir con la demanda de vapor.	Se evaluara los rangos que se usan en operación seleccionando el más adecuado. Plantear instalación de alarma	En el panel view	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Control visual en el panel view, números en color rojo cuando salen del rango y en verde cuando esta dentro del limite. Paralelamente la instalación de una alarma que se activara cuando salga del rango aceptable. 
8	Controlador de nivel tanque desareador	Definir el rango del nivel del agua en el tanque que se necesita para trabajar.	Para asegurar que el tanque mantenga el agua suficiente para poder cumplir con el abastecimiento del agua en la caldera.	Se evaluara el nivel del agua en el tanque para que pueda desarear y el suficiente para abastecer a la caldera.	En el panel view	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Alarma bajo nivel, Medidor en el panel view 
9	PI-181-71 Manómetro ingreso agua a caldera (antes de válvula)	Definir el rango de presión con el cual el agua ingresara a la caldera.	Para asegurar que la presión de ingreso del agua sera mayor que la del caldero por lo que podrá ingresar sin inconvenientes.	Evaluando la presión de la caldera y la capacidad de la bomba ambos en operación se podrá definir un rango de presiones.	Manómetro ingreso agua a caldera.	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	Completo	Control visual en el manómetro indicando el rango en el que trabaja en verde e indicando en rojo cuando esta fuera del margen 
10	Regulación de presión de aire de atomización	Definir la presión del aire de atomización.	Para prevenir una mala combustión que originara humo negro o blanco y/o paradas de caldero.	Evaluando el rango de presiones con el que se trabaja y seleccionando el más adecuado.	Válvula reguladora de aire. Manómetro PI-187-71	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Control visual en el manómetro indicando el rango en el que trabaja en verde e indicando en rojo cuando esta fuera del margen  Añadir un capuchón a la válvula reguladora para impedir su manipulación. 
11	Válvula de línea de aire	Definir la posición correcta de la válvula.	Para permitir el flujo correcto de aire en la línea.	Evaluando en que posición se necesitara la válvula para una correcta operación y dar alternativas de fijación.	Válvula de línea de aire	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Añadir un seguro que impida que la válvula cambie de posición.  Añadir un tope que impida el cambio de posición 
12	Controlador de Temperatura tanque diario de petróleo	Definir la temperatura del petróleo en el tanque diario	Para mantener el petróleo en una temperatura óptima para la combustión	Se evaluara los rangos que se usan en operación seleccionando el más adecuado. Plantear instalación de alarma	Calentador de tanque diario	Operadores servicios industriales	Sin estimación	Según cronograma	En Proceso	Habilitar seguridades de la caldera  Visualización en el panel view Implementación de alarma al tener temperatura por debajo del limite 

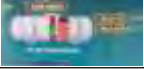








PLAN DE ACCION CENTERLINE										
Cod. de Ajuste	Nombre	QUE	PORQUE	COMO	DONDE	QUIEN	CUANTO	CUANDO	STATUS	Descripcion de la Alternativas de Ajuste
13	Sensor de nivel tanque diario de petroleo	Definir el rango del nivel del combustible en el tanque que se necesita para trabajar.	Para asegurar que el tanque mantenga el petroleo suficiente para poder cumplir con el abastecimiento de combustible a la caldera.	Se evaluara el nivel de combustible en el tanque para que pueda precalentarse el combustible y tener la cantidad suficiente para abastecer a la caldera.	En el tanque diario	Operadores servicios industriales	Sin estimacion	Según cronograma	En Proceso	Implementar control de nivel por medio de transmisor de presion funcionamiento similar al tanque desareador, usar el switch activando una alarma sonora por exceso de nivel 
14	Regulacion de presion de petroleo	Definir el rango de presion del petroleo cuando alimenta al quemador	Para prevenir parada de caldera o humo blanco por baja presion de petroleo, humo negro por exceso de presion y formacion de coque en el refractario.	Evaluando el rango de presiones con el que se trabaja seleccionando el más adecuado.	Valvula reguladora de petroleo. Manometro de presion de petroleo de alimentacion.	Operadores servicios industriales	Sin estimacion	Según cronograma	En Proceso	Se fijara en una posicion mediante una barra que intersectara al agujero ubicado en una plancha soldada en el parte superior del perno y a la vez intersectara al agujero de una plancha fija.  Control visual en el manometro indicando el rango en el que trabaja en verde e indicando en rojo cuando esta fuera del margen. 
15	Valvula de linea de petroleo	Definir la posicion correcta de la valvula.	Para permitir el flujo correcto del combustible en la linea.	Evaluando en que posicion se necesitara la valvula para una correcta operacion y dar alternativas de fijacion.	Valvula de linea de petroleo	Operadores servicios industriales	Sin estimacion	Según cronograma	En Proceso	Añadir un seguro que impida que la valvula cambie de posicion.  Añadir un tope que impida el cambio de posicion 
16	Ti-197-71 Indicador de temperatura	Definir la temperatura de ingreso de combustible al caldero	Para evitar deficiencias en el caldero, inquemados, mermas y asegurar el encendido del caldero	Evaluando el rango de temperatura en el que se trabaja seleccionando el más adecuado.	Tablero de control	Operadores servicios industriales	Sin estimacion	Según cronograma	En Proceso	Visualizacion en el panel view, alarma por baja temperatura 
17	Regulacion de presion de gas	Definir el rango de presiones en el que debe estar el gas.	Para asegurar la presencia de gas para generacion de la llama piloto	Evaluando el rango de presiones en el que se trabaja seleccionando el más adecuado.	Manometro de almacenamiento Valvular reguladora Manometro ingreso a la caldera	Operadores servicios industriales	Sin estimacion	Según cronograma	Completo	Control visual en los manometro indicando el rango en el que trabaja en verde e indicando en rojo cuando esta fuera del margen. 
18	Sensor de nivel level master	Definir el rango de nivel que el agua estara en la caldera	Para evitar paros de caldera y asegurar una operacion optima	Se evaluara el rango de nivel optimo para la operacion en caldera	Sensor de nivel level master	Operadores Servicios industriales	Sin estimacion	Según cronograma	Completado	Control visual indicando el rango 
19	PI-178-71 Manometro salida caldera Cleaver	Definir el rango de presiones en el que debe estar la presion de salida de la caldera para cada proceso	Al estar en una presion muy elevada la caldera podria sufrir daños. Al estar fuera del rango de trabajo no cumpliria con la demanda correspondiente.	Considerando el nivel maximo de presion que no dañara al caldero y la presion que se demanda.	Manometro salida caldera cleaver	Operadores servicios industriales	Sin estimacion	Según cronograma	Completo	Control visual indicando el rango que se trabajara para cada proceso. 

Tabla 7 Planes de acción de cada variable.
Fuente: Elaboración propia.

Propuestas de Puntos de Ajuste

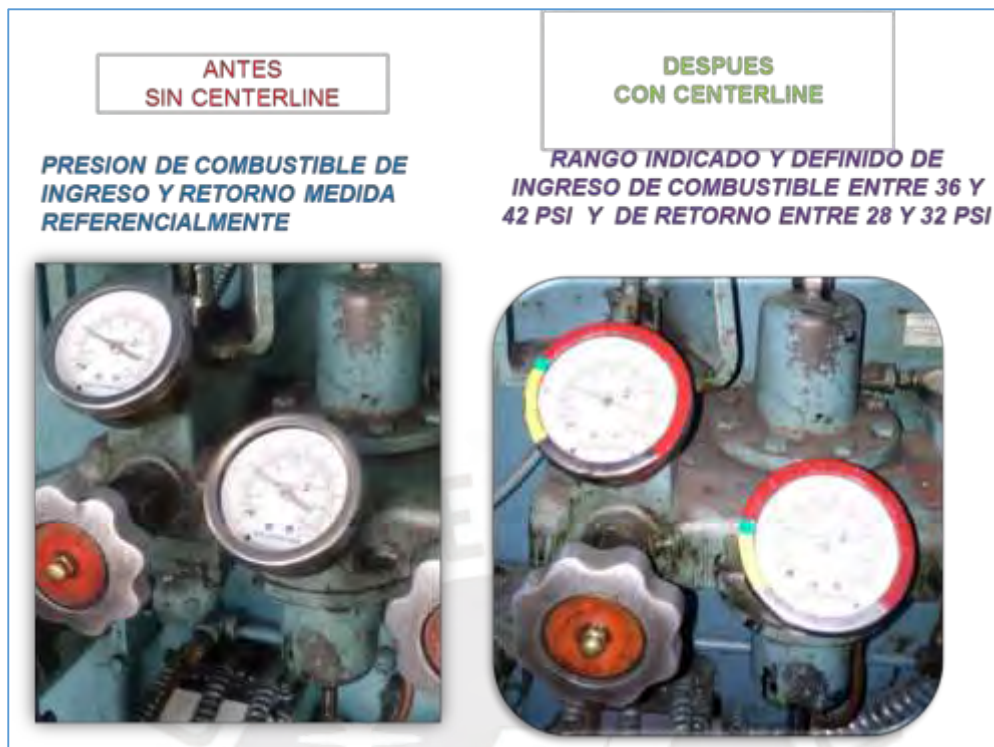


Figura 56 Centerline de control de presiones de combustión.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 57 Control de montaje y ajuste de cuerpo de quemador.
Fuente: Elaboración propia.

Cod. de Ajuste			
Nombre	Atomizador de Petróleo		
Propósito:	Manual		
Estado Inicial con Centerline		Estado Final con Centerline	
			
ANTES:	La ubicación del tope de la lanza es referencial	DESPUES:	La ubicación del tope se encuentra definida
Función	Atomiza el petróleo para lograr una mezcla de combustible y aire adecuada. Difuminar la salida del petróleo en el quemador	Función	Atomiza el petróleo para lograr una mezcla de combustible y aire adecuada. Difuminar la salida del petróleo en el quemador
Consecuencia del Ajuste	Desviación de la llama principal. Deterioración de refractario afectado. Formación de carbón en el quemador. Implosión del quemador por daños al hogar.	Consecuencia del Ajuste	Se evita la desviación de la llama

Figura 58 Centerlining Atomizador de petróleo.
Fuente: Elaboración propia.

Cod. de Ajuste	ii		
Nombre	Servomotor de alimentación de aire de combustión		
Propósito:	Manual		
Estado Inicial con Centerline		Estado Final con Centerline	
			
ANTES:	Los engranajes se encuentran medianamente sueltos	DESPUES:	Las engranajes se encuentran fijos
Función	Completa la combustión e impulsa los gases calientes	Función	Completa la combustión e impulsa los gases calientes
Consecuencia del Ajuste	Por exceso de aire humo blanco mala combustión, deficiencia y fatiga del caldeo. Presencia de humo negro por falta de aire, derrame de combustible en el hogar.	Consecuencia del Ajuste	Se evita el exceso o la falta de aire

Figura 59. Centerlining posición y control de servomotor de atomizador de aire.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.5 PASO 4: Estandarizar la Nueva Forma de Trabajo

En este paso se tomarán las variables o parámetros priorizados para establecer los puntos de ajuste.

Sobre esta variable, este será su estándar de operación con el cual cualquier operador de sala de calderas deberá respetar y cumplir durante el proceso de productivo:

Por ejemplo, tenemos:

Variable: Presión de Vapor a la salida de la Caldera.

Punto de Ajuste (Cod de Ajuste)	19
Nombre	PI-178-71 Manometro salida caldera Cleaver
Foto de Referencia / Punto de Ajuste	
Parámetro a ser controlados	Presion de vapor a la salida de la caldera
N° de LUP	
Variable	x
Fijo	
Parametro	PSI
Rango	Pasilac Proceso 190-192 psi Pasilac CIP 150-180 psi STORK Proceso 190-196 psi STORK CIP 50 psi Max. 200 psi
Frecuencia de inspeccion	Cada hora (en operación)

Figura 60. Centerlining Atomizador de petróleo.
Fuente: Elaboración propia.

Así Tendremos una matriz con todas los centerlining que forman parte del estándar de operación de sala de Calderas:

Punto de Ajuste (Cod de Ajuste)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nombre	Quemador	Generador de arco electrico	Atomizador de Petróleo	Servomotor de alimentación de aire de combustion	Servomotor regulador de ingreso y retorno de petróleo	Controlador de combustible	Controlador de Temperatura tanque desarmador	Controlador de nivel tanque desarmador	PI-131-71 Manometro ingreso agua a calderas (antes de válvula)
Foto de Referencia / Punto de Ajuste									
Parámetro a ser controlados	Ajuste de pernos de sujetón.	Posición y estado de cerámica	* Estado físico del remolnizador. * Posición longitudinal de lanza	% de aire de combustion	Movimiento o carrera de pistón.	Presiones de petróleo al ingreso y retorno	Temperatura del agua en el tanque	Nivel de agua en el tanque	Presion del agua en la línea
N° de LUP									
Variable	x								
Fijo		x		x	x	x	x	x	x
Parametro	N.m	mm	mm	mm	mm	PSI	Temperatura(°C)	Niaguá en el tanque	PSI
Rango	3Nm, Usando un torquemetrio	Primer Tope: 640mm Segundo Tope: 684 mm Referencia: Desde la punta al tope.	724mm de la punta al tope	2mm	2mm	Ingreso: 36-42 psi Retorno: 28-32 psi	92-99 °C	40% mín	En operación normal (caldera entre 190 a 200 psi) de 230 a 250 psi, 20% más que la presión del calderero.
Frecuencia de inspeccion	Semanal - Fr. MTO de Quemador	01 vez por Turno	01 vez por Turno	Semanal	Semanal	01 vez por Turno	02 vez por Turno	01 vez por Turno	01 vez por Turno

Tabla 8 Centerlining de parámetros o variables de operación de la generación de vapor.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.6 PASO 5: Crear e implementar las rutinas para sostener los Estándares

Para el entrenamiento nos apoyaremos en la herramienta de “Lecciones de Un Punto – LUPs”.

Las LUP es una herramienta para compartir conocimientos de una manera fácil, rápida, y objetiva.

04 Tipos de Lecciones de un Punto - LUP:

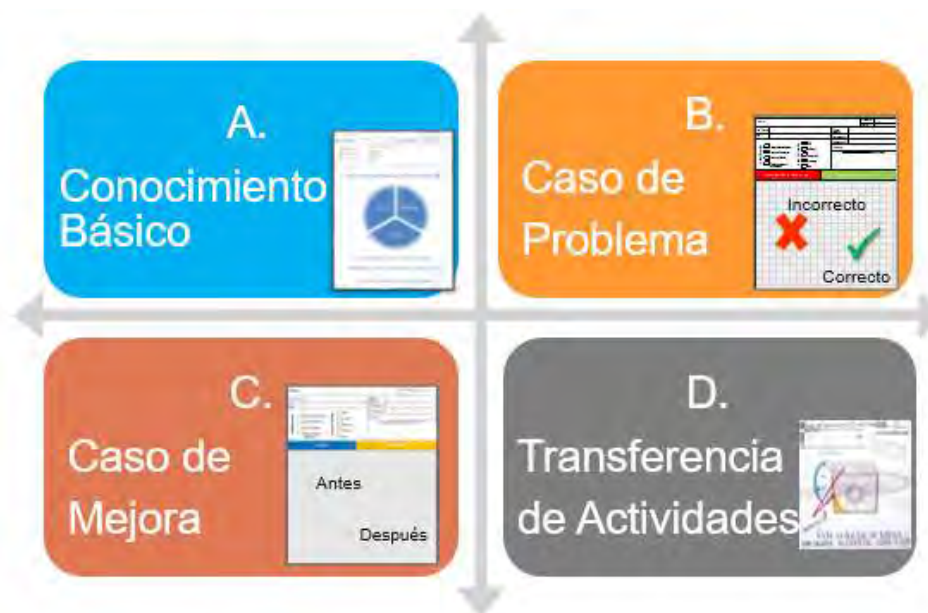


Figura 61 Tipos de Lección de un Punto – LUP
Fuente: Manual de teoría Lean Manufacturing de la empresa en estudio.

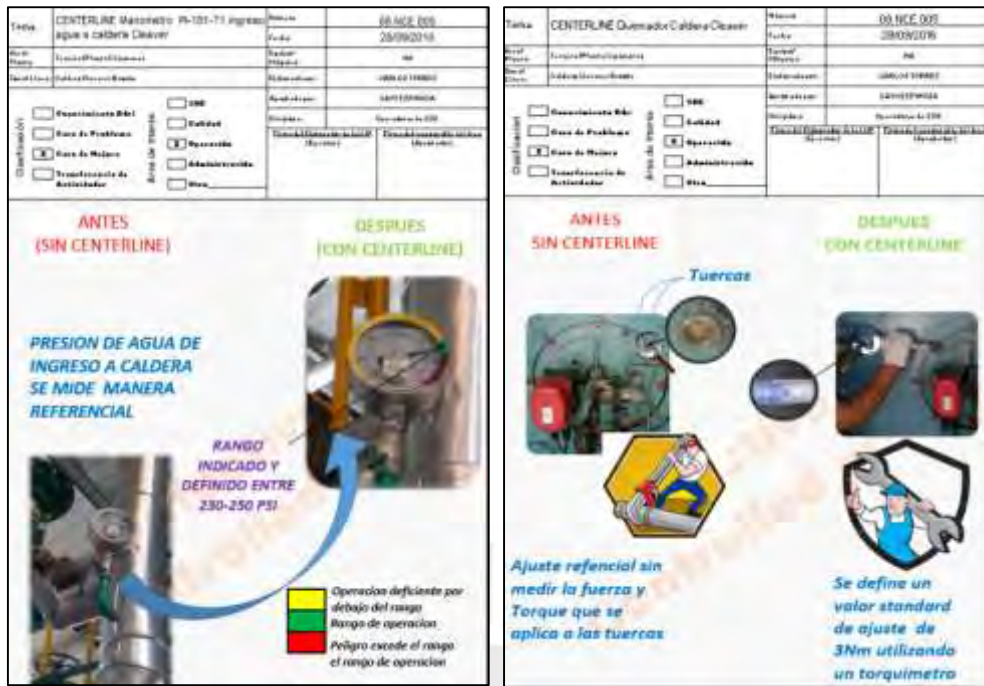


Figura 62 Lección de un punto del Centerlining
Fuente: Elaboración propia

Creación de la Rutina Estándar.

Y para llevar un sostenimiento de estos estándares se realiza una rutina, que consta de un ciclo de 4 pasos.

1. Crear o actualizar el estándar.
2. Comunicar y entrenar a las personas.
3. Verificar la aplicación del estándar.
4. Resolver problemas ante una desviación.



Figura 63 Proceso de rutina estándar para la sostenibilidad del control de los centerlines
Fuente: elaboración propia

De aquí un formato y paso importante es la verificación de la aplicación del estándar, siguiendo con el ejemplo anterior el formato es:


Pr Productiv		Parámetros Graduales Caldera Cleaver Brooks		SHO SS II		IDEAL	
LINEA				Prioridades de la Planta Lácteos		Categoría	
INDICADOR				SEGURIDAD: Conductas de seguridad		S	G
OBJETIVO				GENTE: Lograr empoderamiento y liderazgo		Ca	Pr
SEMANA				EXCELENCIA EN LA EJECUCIÓN: sostenibilidad operaciones		A	
				COSTOS COMPETITIVOS: Optimizar costos de producción		Co	
Parámetro a ser controlados	Foto de Referencia	N° de LUP	Rango	Frecuencia de inspección	Acción correctiva	Día	Hora
Presion de vapor a la salida de la caldera		11.ENV.011	Pasilac Proceso 190-192 psi Pasilac CIP 150-180 psi STORK Proceso 190-196 psi STORK CIP 50 psi Max. 200 psi	Cada hora (en operación)	Encender la caldera si la presion esta baja, en caso la presion sea mayor del rango parar la caldera.	Lunes	7am 3pm 11pm
						Martes	8am 4pm 12pm
						Miércoles	9am 5pm 1am
						Jueves	10am 6pm 2am
						Viernes	11am 7pm 3am
						Sabado	12am 8pm 4am
						Domingo	1pm 9pm 5am
							2pm 10pm 6am
Dentro del estándar ●		Fuera del estándar ●					

Figura 64 Indicador de seguimiento de los Centerlines
Fuente: Elaboración propia



Figura 65 Tablero de cambio de turno en servicios industriales – sala de calderos.
Fuente: De empresa en estudio

Aquí fue necesario la implementación de otra herramienta más de Lean:

3.5.6.1 Cadena de ayuda.

La cadena de ayuda es una forma sistemática de escalar una anomalía que no es posible resolverlo por el primer eslabón, siendo el primer eslabón el operador de calderas.

Así tenemos el siguiente estándar.

CADENA DE AYUDA - SERVICIOS INDUSTRIALES									
NIVEL	TIEMPO ACUM.	FUNCION	TURNO	ÁREA	MÁQUINA	MÉTODO	MANO DE OBRA	MATERIA PRIMA	MATERIAL (EMBALAJE/DESPACHO)
1	5	Operador SSI	1* 2* 3*	Ir al Gemba (Línea de Producción / Área de SSI)	Maquinista	Maquinista	Maquinista	Maquinista	Maquinista
2 (Mantener al coordinador de producción al tanto de las anomalías)	20	Operador de Servicios Industriales	1*	Servicios Industriales	Op. de Servicios Industriales 976 821 208 /Anexo: 3059	Op. de Servicios Industriales 976 821 208 /Anexo: 3059	Op. de Servicios Industriales 976 821 208 /Anexo: 3059	Op. de Servicios Industriales 976 821 208 /Anexo: 3059	--
				Mantenimiento Mecánico y Reparación	Mecánico de Planta Anexo: 985956406	Mecánico de Planta Anexo: 985956406	Mecánico de Planta Anexo: 985956406	--	
				Electricidad y Control	Electricista / Instrumentista 976 967 082 Anexo: 3027	Electricista / Instrumentista 976 967 082 Anexo: 3027	--	--	
				Producción	Operador de Producción ANEXO: 3050	Operador de Producción ANEXO: 3050	Operador de Producción ANEXO: 3050	--	
				Calidad	--	Especialista de Calidad Anexo: 3515 / 3526	--	--	
				Seguridad	--	Especialista SHE 986 676 916 Anexo:3608	Especialista SHE 986 676 916 Anexo:3608	--	
3	20	Especialista e Ingeniero de Procesos	1* 2* 3*	Producción	--	Asesor de Proceso 971 452 250 Anexo 3814	--	--	--
				Electricidad y Control	Especialista de Electricidad y Control 976893331 Anexo: 3802	Especialista de Electricidad y Control 976893331 Anexo: 3802	--	--	
				Almacén Técnico	--	--	Encargado de Almacén Tec. 976 632 929 Anexo: 4510	--	
				Calidad	--	Encargado de Calidad 992 059 746 Anexo: 5004	--	--	
4	10	Jefes	1* 2* 3*	Técnica	Jefe de Mantenimiento 996141413 Anexo: 5013	Jefe de Mantenimiento 996141413 Anexo: 5013	Jefe de Mantenimiento 996141413 Anexo: 5013	Jefe de Mantenimiento 996141413 Anexo: 5013	--
				Técnica	--	Coordinador de Mantenimiento 981199574 Anexo: 5009	Jefe SHE 957353363	--	
5	10	Jefe de Planta	1* 2* 3*	Todas las Áreas	Jefe de Planta 978 820 130 Anexo: 7000	Jefe de Planta 978 820 130 Anexo: 7000	Jefe de Planta 978 820 130 Anexo: 7000	Jefe de Planta 978 820 130 Anexo: 7000	Jefe de Planta 978 820 130 Anexo: 7000
					--	--	Controller Fabrica 959 706 152 Anexo: 8000	--	--
!! ATENCIÓN !!		En caso de un EVENTO CRÍTICO de:				Llamar INMEDIATAMENTE a:			
Eventos Críticos		Seguridad - PRIMER AUXILIO				Jefe de Planta 978320130 y/o Especialista SHE: 986676916 Asesor de Procesos 971 452 250			
Calidad de Evaporación		Llamar directamente a Controlador de Calidad de Turno				Asesor de Procesos 986 676 805			

Tabla 9 Cadena de ayuda de servicios industriales
Fuente: elaboración propia


DIRECTORIO CADENA DE AYUDA - SALA DE CALDEROS							
Criterios de Gatillo: ¿En qué casos debemos activar la cadena? Cuando pase....							
MÁQUINA	✓	Falla Mecánica	 <p>SE INICIA EN EL NIVEL 2 SI LA PARADA DURA MÁS DE 5 MINUTOS ACTIVE LA CADENA DE AYUDA</p>				
	✓	Falla Eléctrica					
	✓	Servicios industriales, agua, vapor y aire					
MÉTODO	✓	Cambios en el estándar de trabajo					
MANO DE OBRA	✓	Falta de personal					
	✓	Incidente de seguridad					
MATERIA PRIMA	✓	Disponibilidad de stock					
	✓	Fuera de estándar o desviación / parametro					
	✓	Liberación de material					
MATERIAL (EMBALAJE / DESPACHO)	✓	Disponibilidad de stock					
	✓	Fuera de estándar o desviación					
	✓	Liberación de material					
Directorio ¿A quién debo acudir a pedir ayuda? Resolvamos el problema juntos!							
Nivel	Posición	Nombre	Teléfono	Nivel	Posición	Nombre	Teléfono
Nivel 2	Operador de Produccion	Operador 01	Anexo: 3006 / 3058	Nivel 3	Asesor de Procesos	Asesor N1	971 452 260 Anexo: 3006
		Operador 02			Especialista de sistemas de calidad	Esp. Calidad 01	992 059 746 Anexo: 3004
		Operador 03			Especialista de Electricidad y Control	Esp. Elec & Control	976893331 Anexo:3002
	Operarios de Servicios Industriales	Operador Serv Ind 1	Anexo: 3059		Encargado de Almacen Tecnico	Enc Almace 1	976 632 929 Anexo: 3010
		Operador Serv Ind 2					
		Operador Serv Ind 3					
		Operador Serv Ind 4					
	Mecánico de Planta	Mec 1	979542451	Nivel 4	Jefe de Mantenimiento Mecánico	JJ MMTO	996141313 Anexo: 5013
		Mec 2			Coordinador de Mantenimiento	Cord Mto	981199685 Anexo: 5009
	Electricista / Instrumentista	Electricista	Anexo: 4027				
	Especialista de Calidad de Planta	Calidad 1	Anexo: 4015	Nivel 5	Line Manager Planta Cajamarca	J. Pit	967762130 Anexo: 7000
		Calidad 2	Anexo: 4026		Controller	J. Finanz	972706041 Anexo: 7017
Calidad 3		Anexo: 4023					
Especialista SHE	Espe SOMA	966934764 Anexo: 3021					

Tabla 10 Directorio de cadena de Ayuda.
Fuente: elaboración propia

3.5.6.2 Mejora de la Eficiencia de la Combustión.

Con el uso de las herramientas Lean se logró mejorar la operación y control de los parámetros esto se ve reflejado en dos indicadores de paros técnicos y del MTBF, lo que consecuentemente mejora la confiabilidad de la planta:

Eficiencia de combustión:



Figura 66 Eficiencia de combustión antes y después de implementación de Centerline
Fuente: elaboración propia

De la gráfica se observa que se logró incrementar el valor promedio de la eficiencia de: 85.4 % a 86.3 %, por lo tanto, hay un diferencial incremental de 1.6 % puntos porcentuales sobre los promedios de los dos escenarios momentos de la eficiencia de combustión.

El consumo promedio día de combustible hasta Julio es 81.79 galones por hora y después entre agosto y diciembre es de es: 80.00 galones por hora. Ver anexo N 01

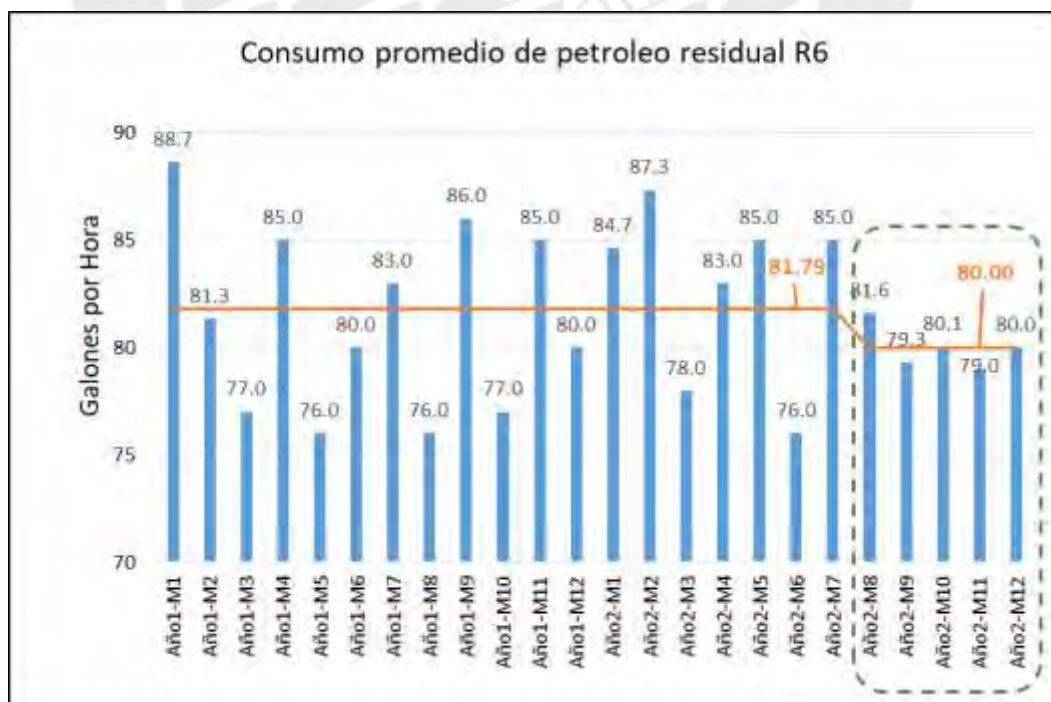


Figura 67 Consumo promedio antes y después de la implementación de Centerline
Fuente: Elaboración propia

Tiempo medio entre fallas con la Implementación de Centerline:

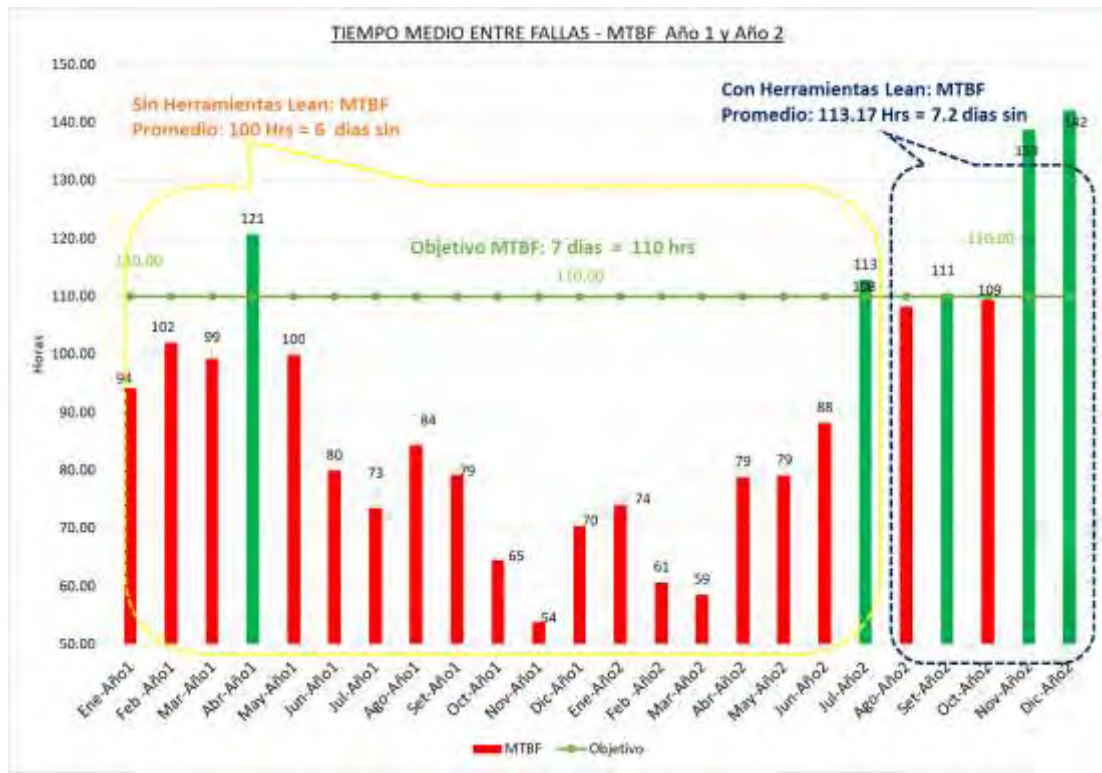


Figura 68 MTBF antes y después de la implementación de Centerline
Fuente: Elaboración propia

De la gráfica y gracias a la aplicación de Centerline se logró mejorar el MTBF promedio de 100 horas a 113 horas en lo que va de la implementación.

3.5.7 PASO 6: Integrar las competencias y la mejora continua.

En este paso se recopila todos los aprendizajes y próximos pasos para continuar con la mejora continua y excelencia de las operaciones. También se realiza un Self assement para conocer las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

3.5.7.1 Próximos pasos y aprendizajes

- Establecer frecuencia de cambio de componentes desgastados de acuerdo al manual y mantenimientos de la caldera Cleaver (Mantenimiento Preventivo).
- Al pasar a usar Gas en remplazo de Petróleo Residual, es necesario revisar en conjunto todos los puntos de Ajuste.

- Replicar herramienta Centerlining en otros equipos o máquinas, Central CIP, Compresores de Amoniaco, Recepción de Leche, planta de tratamiento de agua.

FODA centerlining caldera Cleaver.

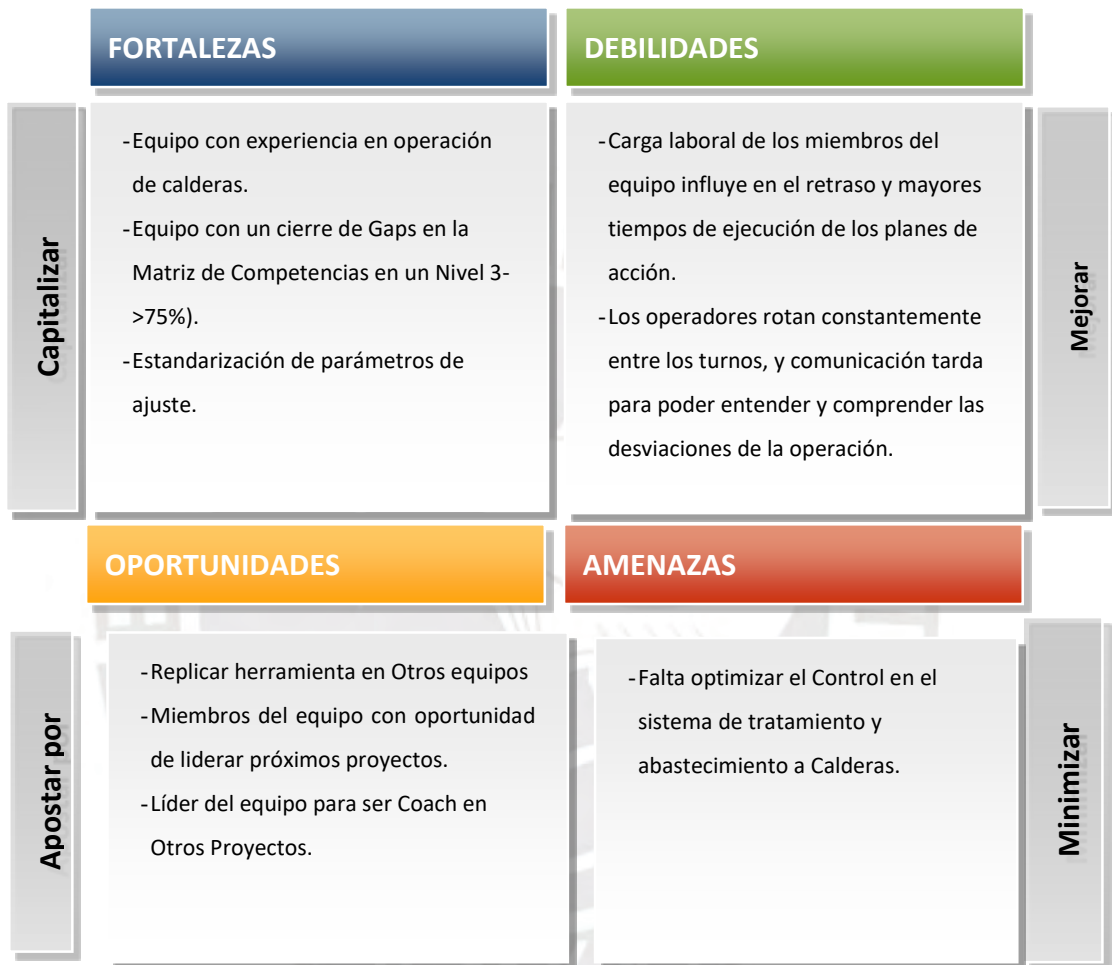


Figura 69 FODA del área de Servicios Industriales

Fuente: De empresa en estudio.

CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN EL ÁREA DE GENERACIÓN DE VAPOR

4.1. Beneficios financieros.

Para observar la influencia del uso de la herramienta lean – Centerline, los beneficios financieros se darán en dos ámbitos:

La primera al reducir las paradas técnicas no programadas; y la segunda al mejorar los ajustes, seteos o calibraciones de los parámetros de operación, traducidos en la eficiencia de combustión.

4.1.1 Beneficios por reducir las pérdidas por parada técnica o fallo.

Una parada técnica no programada - PTNP, durante producción tiene un impacto en calidad, seguridad y en costo, para efecto del presente trabajo se supondrá que no tenemos impacto en las características del producto final, y que no afectamos a la salud o bienestar de trabajador alguno.

Luego de una parada técnica, se tiene que hacer un arranque y volver a los parámetros de producción para continuar con la evaporación, este tiempo es de 35 minutos por cada parada (equivale a 0.58 hrs).

Para el año 2 tenemos una reducción de 9 PTNP x vapor que equivale a 5.25 hrs (= 9 PTNP x 35mi/PTNP).

Por tanto, se cuantificará el costo o gasto de las energías utilizadas que se usan para restablecer el proceso, luego de haber ocurrido un paro técnico no programado, manteniendo como unidad de medida la hora de paro técnico.

Realizamos el cálculo de gasto por 01 hora de energía.

Descripción	Cantidad	Unidad	Cost. Unit	Unidad	Cost. Total S/.
Gasto de Agua Blanda	4.98	M3/hr	3.28	S/. / m3	16.33
Gasto de energía Eléctrica Sala de Calderos	39.58	Kw/hr	0.40	S/. / Kw	15.83
Gasto de energía Eléctrica Sala Evaporador	450.00	Kw/hr	0.40	S/. / Kw	180.00
Gasto por Consumo de combustible	81.79	Gl/hr	5.36	S/. /Gl	438.39
Total, S/.					650.55

Y con la disminución de las horas de PTNP = 5.25 Hrs por el costo de la hora, tendremos el ahorro del año 2 logrado en las primeras fases de implementación del Centerline.

- Ahorro x PTNP_(reducidos el año2) = 650.55 S/./hr x 5.25 hr = **S/. 3415.39**

Año	Total NPH	Total # PTNP (Und)	Total Horas PTNP	Total # PTNP x Vapor (Und)	Total Horas PTNP x Vapor	MTBF
Año 1	5509.87	53	95.50	30.00	55.00	100.27
Año 2	5056.36	43	77.00	21.00	38.83	113.17
Año 2 agosto-diciembre	2176.39	13	29.00	5.00	8.75	153.39

Tabla 11 Disminución en Horas y número de PTNP
Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior si no tuviéramos paros técnicos a causa del sistema de generación de vapor el ahorro es:

- Horas de arranque por PTNP_(causa vapor) = 21 paradas año2 x 0.58 horas de arranque = 12 hrs
- Ahorro x PTNP_(reducidos al año) = 650.55 S/./hr x 12 hr = **S/. 7 806.60**

A todo esto, en las siguientes figuras se observa que la tendencia de bajar o disminuir las PTNP es a cero (0) por lo cual el uso de la herramienta demuestra aplicabilidad y mejoras en la planta:



Figura 70 Mejora en horas en los paros técnicos no programados - PTNP con la implementación de Lean
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 71 Mejora en números de Paros Técnicos No Programados con la implementación de Lean
Fuente: Elaboración Propia.

Entonces y recalcando que para el acumulado anual se ha disminuido en 09 PTNP referidos al sistema de generación de vapor y con una reducción en horas de 16.17 horas.

4.1.2 Beneficios por mejora en el ajuste de los parámetros de operación

Para la determinación de cuan bien está operando la caldera tenemos el indicador de la eficiencia de combustión y en referencia para el cálculo de dicha eficiencia se utilizará el código “ASME PTC 4 2008 Fired Steam Generators”, este documento establece dos métodos para determinar la eficiencia energética de la caldera: método de entrada – salida y método de eficiencia de balance de energía.

Método Entrada - Salida

La American Society of Mechanical Engineers (2008) señala que para la determinación de la medición exacta de la eficiencia se requiere una medición directa y exacta de toda la producción (salida), así como de todos los insumos (entradas).

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100$$

o

$$\text{Eficiencia de la caldera} = \frac{\text{Calor que sale con el vapor producido}}{\text{Calor suministrado por el combustible}} \times 100$$

Para nuestro caso:

El calor que sale con el vapor será el requerido para el proceso de evaporación:

El Calor suministrado está dado por: $Q_{\text{suministrado}} = m_{\text{combustible}} \times PC$ (poder calorífico)

Entonces al evaluar el mismo combustible tenemos la siguiente relación:

- Eficiencia 1 sin Lean:

$$n_1 = 84.26 \% = Q_{\text{requerido}} / (m_{1\text{combustible R6}} \times PC_{\text{combustible R6}}) = 84.26 \% \dots (1)$$

- Eficiencia 2 con Lean:

$$n_2 = 85.84 \% = Q_{\text{requerido}} / (m_{2\text{combustible R6}} \times PC_{\text{combustible R6}}) = 85.84 \% \dots (2)$$

De aquí igualamos los $Q_{\text{requerido}}$ para ambas ecuaciones

- Siendo el $m_{1\text{combustible R6}} = 81.79$ galones de R6

Remplazando en las ecuaciones (1) y (2) se obtiene que por efecto de eficiencia tenemos un consumo por hora de: 80.28 galones hora. Por tanto, la diferencia de galonea por hora es: 1.51 galones por hora.

Considerando que en el año 2 se tubo 5056.36 hrs de operación o evaporación, tendríamos un ahorro de S/. 40 887.74 al año (costo del galón de petróleo R6 a finales del 2018 S/. 5.36).

Por tanto, sumando los ahorros estimados para un año de operación y con las consideraciones mencionadas tendríamos.

- Ahorro por mejora de eficiencia de generación de vapor: S/.40 887.74
- Ahorro por disminución de PTNP: S/. 7 806.60
- Total, de Ahorro estimado por año: S/. 48 694.34

Inversión para la Implementación

Para la implementación, se estima costo operativo de disponibilidad de personas y diversos materiales e insumos.

Así en la parte de personal se ha empleado horas hombre en reuniones y lecciones de aprendizaje en promedio 4 horas semanales con todo el equipo. Recordar que el equipo operativo está compuesto por 06 personas. El arranque e implementación se estima que

durara 4 meses o 16 semanas, luego de esto debe ser parte de la rutina de trabajo. Se considera jornadas normales y el costo por hora de un técnico en S/. 12.00 / hora.

Y la implementación propia de los puntos de ajuste se estima 11 semanas (01 semana por cada punto de ajuste) semanas adicionales, y para esto se necesitará realizar con los miembros del equipo y con un tiempo semanal de 3 horas semanales.

En cuanto a materiales, se ha empleado materiales de oficina. También por cada punto de ajuste se estima un costo de implementación de S/ 300. Y se dará como prioridad a 11 puntos de ajuste.

De esto tenemos es siguiente cuadro:

Ítem	Descripción	Unidad Medida	Costo Unit. S/.	Cantidad	Costo Total S/.
1	Costo mano de obra, del equipo de trabajo (6 técnicos, 5 horas semanales y a S/. 12 por hora/ técnico) en las coordinaciones y aprendizaje de Centerline - Herramientas Lean	Semanas	360.00	16	5760.00
2	Costo mano de obra de Implementación de Puntos de Ajuste (6 técnicos, 3 horas semanales y a S/. 12 por hora/ técnico)	Semana	216.00	11	2376.00
3	Costo de Materiales por cada punto de Ajuste	Global	350.00	11	3850.00
	Total, de inversión de implementación estimada S/.				11986.00

Por tanto, para el primer año de implementación se estima un ahorro por la implementación de Centerline en el sistema de generación de vapor de:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual implementación Centeline} &= 48\,694.34 - 11\,986.00 \\ &= \text{S/. } 36\,708.34 \end{aligned}$$

4.2 Beneficios No financieros.

Los beneficios no financieros están dados por.

4.2.1 Beneficios medioambientales.

Al trabajar en las óptimas condiciones de operación, significa que estaremos a una mejor eficiencia de combustión. Esto nos da una mejor emisión de gases de efecto invernadero. Teniendo como relación entre la generación de Kg de CO₂ y Petróleo residual R6 igual a la relación es de 3.1324 kg de CO₂ por kg de PI n°6.

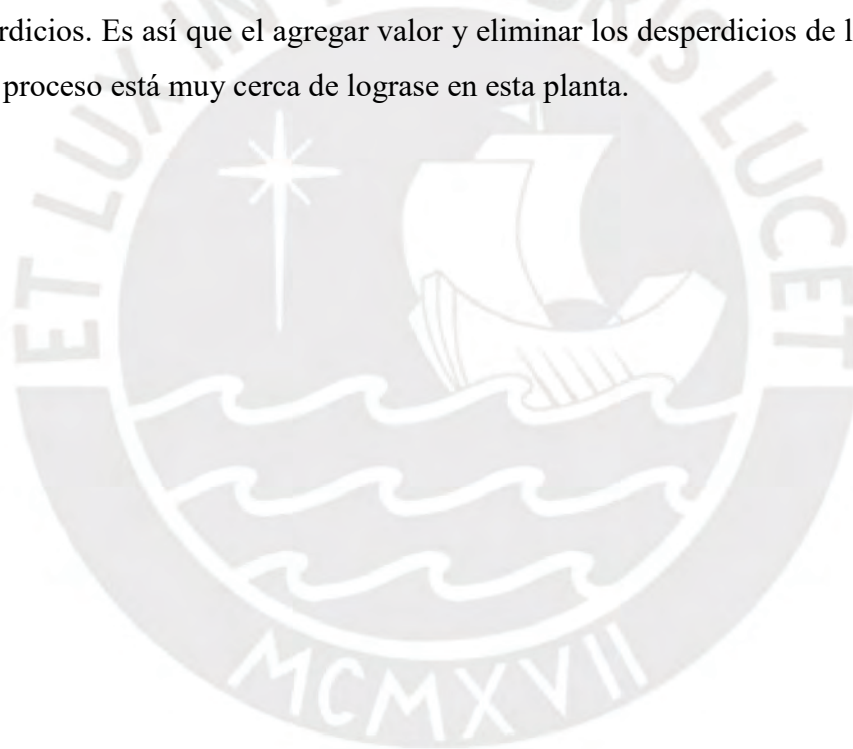
Al año tendremos 27 619.92 kg de petróleo R6 menos que nos son combustionados, esto nos da 86 516.62 kg menos de CO₂ emitidos a la atmosfera.

4.2.2 Beneficios en seguridad industrial.

También al tener los parámetros de operación controlados, se atenúa o disminuye el riesgo de quemaduras, golpes, caídas a nivel, ya que tendremos menos intervención o PTNP (paradas técnicas no programadas).

4.2.3 Aprendizajes y mejora de la actitud.

En el equipo de trabajo al introducir los principios de Lean el personal ha cambiado su forma de ver y comportarse en el trabajo tal es así que de iniciativa del equipo se tiene realizar replicas en toda la planta y en diferentes áreas donde exista las mudas o desperdicios. Es así que el agregar valor y eliminar los desperdicios de las actividades de un proceso está muy cerca de lograrse en esta planta.



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- No debemos dejar de lado las áreas de servicios industriales dentro de la implementación o uso de Lean Manufacturing y otras herramientas de optimización.
- Con el uso de la herramienta Lean: Centerline y Cadena de Ayuda se logra mejorar la confiabilidad del área o del proceso de generación de vapor, disminuyendo notoriamente las paradas técnicas no programadas. Se ha estimado que es posible bajar los 30 PTNP a un mínimo e inclusive cero. Ya que en los últimos meses del año 2 se redujo en 9 PTNP referidos al sistema de generación de vapor, mejorando de un MTBF año 1: 100.27 horas a 113 horas, y con influencia de implementación solo en los primeros 5 meses.
- Al mantener las variables de operación dentro de un estándar, se logra disminuir el uso de energía, se aumenta la eficiencia de combustión y consecuentemente disminuir el consumo de petróleo residual 6 para así tener un ahorro económico. El cual se estima que conservadoramente en S/. 48 694.34, dado la mejora de la eficiencia en la combustión de 84.26 a 85.84 en promedio.
- El disminuir el uso de petróleo residual 6 disminuimos directamente las emisiones de CO₂ que son contaminantes y causan el efecto invernadero. Con un estimado de reducción de emisiones de 86 516.62 kg de CO₂
- Mantener bajo control e identificar rápidamente cualquier desviación de los parámetros de operación, mejora la seguridad de los operadores.
- Un importante aporte de es la transformación y mejora de la actitud y competencias del equipo de personal que directa e indirectamente involucradas en este proyecto. Logrando internalizar los principios Lean y en marcha al cambio de cultura de hacer más con menos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es importante mantener y ser disciplinados en el cumplimiento de la rutina estándar es ahí donde encontraremos nuevas oportunidades y la sostenibilidad del Centerline en el Sistema de Generación de Vapor.
- Se recomienda que al iniciar un proceso de implementación se comprometa y motive al grupo de trabajo de tal manera que se mantenga un ambiente de compromiso, empoderamiento y mente abierta para lograr la transformación del área de trabajo.
- Es importante que la alta gerencia también este comprometida ya que es la que nos brindara los recursos y espacios para la implementación.
- Realizar la réplica de esta herramienta en otras áreas tales como: Sistema de refrigeración, Sistemas de Agua industrial – Potable, Sistema de generación de Aire Comprimido, Sistema de Tratamiento de Aguas residuales.
- Al lograr eficiencias y eliminar desperdicios es decir sobre la generación de ahorros, la gerencia debe decidir en dar incentivos a quienes trabajaron y sumaron activamente en la implementación de las Herramientas Lean.

BIBLIOGRAFÍA

BALUIS, Carlos

2013 *Optimización de procesos en la fabricación de termas eléctricas utilizando herramientas de lean manufacturing*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

CENGEL, Yunus y Michael BOLES

2012 *Termodinámica. Un enfoque a la Ingeniería* Mexico Séptima edición
Editorial: Mcgraw-hill/interamericana editores, s.a. de c.v.

DA COSTA, Martin

2010 *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

ENGINEERING RELIABILITY AND MANAGEMENT - ERM

“Confiabilidad operacional como soporte del mantenimiento. Consulta: 20 mayo 2017.

<https://ereliabilitym.com/confiabilidad.htm>

ESPINOSA, Fernando

2015 *Confiabilidad operacional de equipos: metodologías y herramientas*. Santiago de Chile: Fondo editorial Universidad de Talca.

FLORES, Eduardo

“Manufactura Esbelta. Consulta: 10 Julio de 2017.

<http://easyleanmfg.blogspot.com/2015/08/mejora-continua-kaizen-kaisen.html>

HERNANDEZ, Juan y Antonio VIZAN

2013 *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.

LEAN MANUFACTURING10

“Estandarización de trabajos: Qué es, cómo se implementa y sus beneficios.

Consulta: 05 Julio de 2017.

[https://leanmanufacturing10.com/estandarizacion-trabajos-se-implementa-beneficios.](https://leanmanufacturing10.com/estandarizacion-trabajos-se-implementa-beneficios)

LEAN MANUFACTURING10

“Estandarización de trabajos: Qué es, cómo se implementa y sus beneficios”.

Consulta: 05 Julio de 2017.

[https://leanmanufacturing10.com/estandarizacion-trabajos-se-implementa-beneficios.](https://leanmanufacturing10.com/estandarizacion-trabajos-se-implementa-beneficios)

LEMA, Hilda

2014 *Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura esbelta.*

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

PALOMINO, Miguel

2012 *Aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes.* Tesis para optar el

Título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

RAJADELL, Manuel y José SANCHEZ

2010 *“El concepto de lean manufacturing”* Lean manufacturing - la evidencia de una necesidad. Madrid: Díaz de Santos, pp 1-13.

Consulta: 01 agosto de 2017.

<https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/>

REPSOL COMERCIAL S.A.C.

“Lista de precios de Combustibles “

Consulta: 02 de noviembre de 2018

https://portalperu.repsol.com/WebRelapa/Reporte_Precios_Lima.aspx

ROBLES, Ana

2015 *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en la gestión de activos físicos de grúas pórtico*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

ROBLES, José

2012 *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Secretaría de Energía - SENER

2009 *Eficiencias en calderas de combustión: Volumen V.1.2*. Mexico: Comisión nacional para el uso eficiente de energía.

SPIRAX SARCO

S/f La caldera y el vapor [diapositiva] Consulta: 14 de julio de 2017.

4LEAN

"*Leans Tools*". Consulta: 20 mayo de 2017.

<http://www.4lean.net/es/lean-tools/>

WIKIPEDIA

"*Milk run*". Consulta: 20 mayo de 2017.

https://es.wikipedia.org/wiki/Milk_run

ANEXOS

Anexo 01: Datos Históricos de análisis de Combustión

Fecha	Semana	Caldero	Eficiencia de Combustión %
Año 1 - S1	1	CLEAVER	83.5
Año 1 - S2	2	CLEAVER	85.2
Año 1 - S3	3	CLEAVER	84.2
Año 1 - S4	4	CLEAVER	84.4
Año 1 - S5	5	CLEAVER	84.4
Año 1 - S6	6	CLEAVER	84.2
Año 1 - S7	7	CLEAVER	83.9
Año 1 - S8	8	CLEAVER	84.1
Año 1 - S9	9	CLEAVER	83.5
Año 1 - S10	10	CLEAVER	85.3
Año 1 - S11	11	CLEAVER	83.4
Año 1 - S12	12	CLEAVER	83.7
Año 1 - S13	13	CLEAVER	83.5
Año 1 - S14	14	CLEAVER	84
Año 1 - S15	15	CLEAVER	84.4
Año 1 - S16	16	CLEAVER	84
Año 1 - S17	17	CLEAVER	83.7
Año 1 - S18	18	CLEAVER	83.7
Año 1 - S19	19	CLEAVER	85
Año 1 - S20	20	CLEAVER	85.2
Año 1 - S21	21	CLEAVER	85.3
Año 1 - S22	22	CLEAVER	85.4
Año 1 - S23	23	CLEAVER	85.1
Año 1 - S24	24	CLEAVER	83.7
Año 1 - S25	25	CLEAVER	83.5
Año 1 - S26	26	CLEAVER	84.4
Año 1 - S27	27	CLEAVER	84
Año 1 - S28	28	CLEAVER	83.7
Año 1 - S29	29	CLEAVER	83.7
Año 1 - S30	30	CLEAVER	85
Año 1 - S31	31	CLEAVER	85.1
Año 1 - S32	32	CLEAVER	85.2
Año 1 - S33	33	CLEAVER	84.9
Año 1 - S34	34	CLEAVER	85.2
Año 1 - S35	35	CLEAVER	83
Año 1 - S36	36	CLEAVER	84.1
Año 1 - S37	37	CLEAVER	85
Año 1 - S38	38	CLEAVER	85.6
Año 1 - S39	39	CLEAVER	83.5
Año 1 - S40	40	CLEAVER	85.1
Año 1 - S41	41	CLEAVER	83.4
Año 1 - S42	42	CLEAVER	83
Año 1 - S43	43	CLEAVER	84.5
Año 1 - S44	44	CLEAVER	85
Año 1 - S45	45	CLEAVER	84.5
Año 1 - S46	46	CLEAVER	85.6
Año 1 - S47	47	CLEAVER	85
Año 1 - S48	48	CLEAVER	83
Año 1 - S49	49	CLEAVER	85.4

Año 1 - S50	50	CLEAVER	85
Año 2 - S1	1	CLEAVER	85.3
Año 2 - S2	2	CLEAVER	83.5
Año 2 - S3	3	CLEAVER	83.2
Año 2 - S4	4	CLEAVER	83
Año 2 - S5	5	CLEAVER	82.8
Año 2 - S6	6	CLEAVER	82.7
Año 2 - S7	7	CLEAVER	83.8
Año 2 - S8	8	CLEAVER	84.6
Año 2 - S9	9	CLEAVER	85
Año 2 - S10	10	CLEAVER	85.2
Año 2 - S11	11	CLEAVER	84.2
Año 2 - S12	12	CLEAVER	84.4
Año 2 - S13	13	CLEAVER	84.4
Año 2 - S14	14	CLEAVER	84.2
Año 2 - S15	15	CLEAVER	83.9
Año 2 - S16	16	CLEAVER	84.1
Año 2 - S17	17	CLEAVER	83.5
Año 2 - S18	18	CLEAVER	85.3
Año 2 - S19	19	CLEAVER	83.4
Año 2 - S20	20	CLEAVER	83.7
Año 2 - S21	21	CLEAVER	83.5
Año 2 - S22	22	CLEAVER	84.4
Año 2 - S23	23	CLEAVER	84
Año 2 - S24	24	CLEAVER	83.7
Año 2 - S25	25	CLEAVER	83.7
Año 2 - S26	26	CLEAVER	82.4
Año 2 - S27	27	CLEAVER	84.5
Año 2 - S28	28	CLEAVER	85.3
Año 2 - S29	29	CLEAVER	85.2
Año 2 - S30	30	CLEAVER	85.5
Año 2 - S31	31	CLEAVER	85.4
Año 2 - S32	32	CLEAVER	85.5
Año 2 - S33	33	CLEAVER	85.6
Año 2 - S34	34	CLEAVER	85.8
Año 2 - S35	35	CLEAVER	86.1
Año 2 - S36	36	CLEAVER	85.9
Año 2 - S37	37	CLEAVER	86
Año 2 - S38	38	CLEAVER	86.2
Año 2 - S39	39	CLEAVER	85.8
Año 2 - S40	40	CLEAVER	85.7
Año 2 - S41	41	CLEAVER	86.3
Año 2 - S42	42	CLEAVER	85.7
Año 2 - S43	43	CLEAVER	85.6
Año 2 - S44	44	CLEAVER	85.5
Año 2 - S45	45	CLEAVER	85.6
Año 2 - S46	46	CLEAVER	85.8
Año 2 - S47	47	CLEAVER	85.9
Año 2 - S48	48	CLEAVER	86.1
Año 2 - S49	49	CLEAVER	86.3
Año 2 - S50	50	CLEAVER	85.7
Año 2 - S51	51	CLEAVER	85.9
Año 2 - S52	52	CLEAVER	86.1

Anexo 02: Consumo de Petróleo Residual R6 por Mes, Hora & Producción de pre condensado.

Mes	Precondensado, Kg	Horas Producción Día	Consumo R6 - Mes	Consumo R6 - Gl/ Hr
Año1-M1	2,295,340.00	15.94	42,394.66	88.66
Año1-M2	2,272,570.00	15.78	38,507.76	81.33
Año1-M3	2,407,210.00	16.72	38,615.66	77.00
Año1-M4	2,372,240.00	16.47	42,008.42	85.00
Año1-M5	2,419,620.00	16.80	38,310.65	76.00
Año1-M6	2,396,910.00	16.65	39,948.50	80.00
Año1-M7	2,342,220.00	16.27	40,500.89	83.00
Año1-M8	2,185,180.00	15.17	34,598.68	76.00
Año1-M9	2,024,820.00	14.06	36,278.03	86.00
Año1-M10	1,992,870.00	13.84	31,968.96	77.00
Año1-M11	1,973,700.00	13.71	34,950.94	85.00
Año1-M12	1,895,690.00	13.16	31,594.83	80.00
Año2-M1	1,979,269.00	13.74	34,907.47	84.66
Año2-M2	2,005,730.00	13.93	36,493.43	87.33
Año2-M3	1,926,180.00	13.38	31,300.43	78.00
Año2-M4	2,202,570.00	15.30	38,086.11	83.00
Año2-M5	2,245,990.00	15.60	39,772.74	85.00
Año2-M6	2,224,080.00	15.45	35,214.60	76.00
Año2-M7	2,269,500.00	15.76	40,189.06	85.00
Año2-M8	2,177,130.00	15.12	37,006.62	81.59
Año2-M9	2,223,390.00	15.44	36,744.75	79.33
Año2-M10	2,201,560.00	15.29	36,718.54	80.06
Año2-M11	2,095,280.00	14.55	34,487.74	79.01
Año2-M12	2,140,460.00	14.86	35,674.33	80.00

Anexo 03: Ficha técnica del Petróleo Industrial R6



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Conforme al Reglamento CE Nº 1272/2008 - REACH y Reglamento CE Nº 1272/2008 - CLP
Petróleo Industrial R6

SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA

1.1 **Identificador del producto:**

Nombre comercial	Petróleo Industrial R6
Nombre Químico	Residual de petróleo
Sinónimos	Petróleo residual, Resaca
Nº CAS	68476-33-5
Nº CE (EINECS)	272-075-5
Nº Index (Anexo II)	
Reglamento CE Nº 1272/2008	345-104-00-0
Nº Registro	NP
Nº Autorización	NP

1.2 **Uso(s) pertinente(s), identificadas de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados.**
 Destinada para motor (motor de cadena, bomba y otros equipos de combustión).

1.3 **Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**

Empresa: REFINERÍA LA PAMPILLA, S.A.S.
 Dirección: Cas 81 Pacho 11244 km 26 Carabobo Venezuela y ma 1 PERU
 Teléfono: (+51) 817-2227153 / (+51) 817-2222
 Fax: (+51) 817-22258
 Correo electrónico: NP

1.4 **Teléfono de emergencia**
 Casachen 24: +34 9 1114 2323
 Casachen 26: +44 (0) 1253 339 670

SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla Clasificación Reg. (CE) 1272/2008 (CLP)	2.2 Elementos de la etiqueta Etiquetado
--	---



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

<p>Toxicidad aguda: Tox. ag. 4 Toxicidad para la reproducción: Rep. 2 Carcinogenicidad: Carc. 1B Toxicidad específica en determinadas categorías: STOT 000, 2 Peligros para el medio ambiente: Aquatic Acute H400, H410, 1</p>	<p>Pictogramas de advertencia GHS07, GHS09, GHS10</p>	  
<p>Frases de advertencia de peligro</p>	<p>Peligro</p> <p>H302: Nocivo en caso de ingestión. H312: Se sospecha que causa irritación. H330: Puede provocar daños a los órganos por inhalación. H335: Puede provocar irritación de las vías respiratorias. H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos crónicos severos.</p>	
<p>Información suplementaria</p>	<p>H410: La sustancia o mezcla puede provocar la muerte o la morbilidad de los peces en la piel.</p>	
<p>Consejos de precaución</p>	<p>P201: Leer las instrucciones especiales antes de usar. P202: No respirar el polvo/aerosol/neblina/gas/vapores/aerosoles. P273: Evitar la liberación al medio ambiente. P280: Usar guantes/lentes/ropa protectora de protección. P501: Eliminar el contenido/residuos en el contenedor etiquetado para el efecto conforme a un plan de gestión.</p>	

2.3 **Elementos suplementarios que deben figurar en las etiquetas:**
 NP

2.4 **Requisitos especiales de envasado**
 No aplica.
Advertencia de peligro local:
 No aplica.

2.8 **Otros peligros**
 Los riesgos de la reacción PST y el nivel de producto de combustión que los tarros establecen en el anexo III del reglamento REACH, se pueden consultar en la sección 10.3 de esta FDS.
 La información relativa a otros peligros, diferentes a los de los identificados por los pictogramas, se puede consultar en la sección 9 de esta FDS.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

6.2 **Control de la exposición**

Evitar el contacto prolongado o repetido y la inhalación de vapores.

Equipos de protección personal

Protección respiratoria: Máscara de protección respiratoria en presencia de vapores o aerosol solamente en altas concentraciones.

Protección cutánea: Guantes de PVC. Calzado de seguridad antistático.

Protección ocular: Gafas de seguridad. Lavarlos.

Otros protectores: Duchas en el área de trabajo.

Prácticas higiénicas en el trabajo: La ropa empapada de producto debe ser lavada convenientemente y preferentemente lavarla bien para evitar el riesgo de contaminación y ser retirado lo más rápidamente posible, fuera del radio de acción cualquier fuente de ignición. No fumar, comer o beber en las zonas donde se manipule el producto. Seguir métodos de lavado en fregadero de la piel, lavado con agua y jabón frecuentemente y apartado como costumbre.

Condiciones mínimas apropiadas por la exposición: Prácticas respiratorias y técnicas dermatológicas. No se debe ingerir alcohol dado que compromete la absorción intestinal de los tóxicos.

Control de exposición medioambiental:
 El producto no debe liberarse al medio a través de desagües ni del alcantarillado. Las medidas a adoptar en caso de vertido accidental se pueden consultar en la sección 6 de esta FDS.

SECCIÓN 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

9.1 **Información sobre propiedades físicas y químicas básicas:**

Apariencia: Líquido, espeso y viscoso.
 Olor: Característico.
 Líquido: Incoloro, NP.
 Color: Negro.
 Valor pH: NP.
 Punto de fusión/punto de congelación: NP.
 Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición: FIE: 220 °C, PE: 350%: 500 °C.
 Punto de ebullición: 33,5 °C/min. (ASTM D-163)
 Tasa de evaporación: NP.
 Inflamabilidad (líquido, gas): NP.
 Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosión: Lim. inferior explosivo: 1,3% LHV, superior explosivo: 9%.
 Presión de vapor: 0,025 a 0,03 atm.
 Densidad de vapor: 3,4 (aire: 1).
 Densidad: 0,870 g/cm³ a 15 °C (ASTM D-155)



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Solubilidad: En disolventes del petróleo.
 Coeficiente de reparto: no aplicable. NP.
 Temperatura de auto-ignición: 406 °C.
 Temperatura de decomposición: NP.
 Viscosidad: (10 °C) 80 - 85 cSt (ASTM D-445)
 Presión de vapor: NP.
 Propiedades comburentes: NP.

9.2 **Información adicional**
 Tensión superficial: 25 din/cm a 20 °C.
 Punto de fusión: 27 °C. Mts. **Color de combustión: +1855 azul (ASTM D-544), Acarón: 3,2% mts. (ASTM D-4294)**
 Hidrosolubilidad: Muy baja.

SECCIÓN 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1. **Reactividad:** NP.

10.2. **Estabilidad química:** Material combustible. Velocidad de combustión: 4 mm/min.

10.3. **Potencial de reacciones peligrosas:** Sustancias oxidantes fuertes.

10.4. **Condiciones que deben evitarse:** Exposición a llama, calor o electricidad estática.

10.5. **Materiales incompatibles:** NP.

10.6. **Productos de descomposición peligrosos:** CO2, H2O, CO (por contaminación por plomo). También puede producir SOx. Por descomposición térmica pueden emitirse sustancias tóxicas o corrosivas. Trazas de sulfuro de hidrógeno se pueden producir por descomposición térmica.

SECCIÓN 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1. **Información sobre los efectos toxicológicos**

La información toxicológica facilitada resulta de la aplicación de los índices H y A del reglamento 1807/2006 (REACH).

Toxicidad aguda: Nocivo en caso de ingestión.
Corrosión o irritación cutáneas: NP.
Lesiones o irritación ocular graves: NP.
Sensibilización respiratoria o cutánea: NP.
Mutagenicidad en células germinales: NP.