

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA PROFESIONAL DEL INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“INFORME TÉCNICO EN MEJORA DE LA
CALIDAD DE SERVICIO, A TRAVÉS DEL
PROCESO DE MANTENIMIENTO, EN UNA
EMPRESA DE PROCESAMIENTO DE
BILLETES Y MONEDAS.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

JULIO FIDEL HUAMÁN VARGAS

Callao, mayo, 2017

PERÚ

DEDICATORIA

A mi madre, *In memoriam*, por su constante presencia espiritual quien, por su temprana partida, nunca pudo ver mi objetivo alcanzado.

AGRADECIMIENTO

A Silvia Espinoza, Carlos Trujillo, Burgo Meza quienes con su colaboración y críticas hicieron posible este trabajo.

INDICE TEMÁTICO

<i>Resumen</i>	p.8
<i>Abstract</i>	p.9
<i>Capítulo I: Marco teórico</i>	p.10
1.1 Indicadores de gestión.....	p.10
1.2 Gestión de mantenimiento.....	p.14
1.3 Gestión de activos.....	p.19
1.4 Gestión de procesos	p.23
<i>Capítulo II: Métodos y modelos usados para la mejora en los procesos de mantenimiento</i>	p.27
2.1 Conceptos básicos de confiabilidad	p.27
2.1.1 Definiciones preliminares.....	p.27
2.1.2 Función de densidad de probabilidad.....	p.27
2.1.3 Función de distribución acumulada.....	p.28
2.1.4 Función de confiabilidad.....	p.28
2.1.5 La tasa de falla.....	p.28
2.1.6 Tasa de falla acumulada.....	p.32
2.1.7 El valor medio de los tiempos de falla.....	p.32
2.1.8 Tasa de fallo promedio	p.33
2.1.9 Estadísticos de orden	p.33
2.2 Relaciones y Equivalencias	p.33
2.3 Modelos de distribución en Confiabilidad.....	p.35
2.3.1 Distribución Exponencial	p.35
2.3.2 Distribución Weibull	p.37
2.3.3 Distribución Normal	p.39
2.3.4 Distribución Lognormal	p.44
2.4 Estimación de parámetros por método de Máxima Verosimilitud (MV)...	p.46
2.5 Prueba del Chi-cuadrado	p.48
2.6 Test de Kolmogorov-Smirnov	p.49

<i>Capítulo III: Análisis y diagnóstico de los procesos de Producción (Procesamiento de billetes y monedas) y de Mantenimiento</i>	p.51
3.1 Descripción de la empresa.....	p.51
3.2 Descripción de los procesos a mejorar.....	p.55
3.3 Determinación de problemas.....	p.50
3.4 Priorización de problemas.....	p.62
3.5 Determinación de las causas de los principales problemas.....	p.69
 <i>Capítulo IV: Evaluación y Resultados obtenidos de las mejoras</i>	 p.75
4.1. Mejora de procesos en Mantenimiento.....	p.75
4.1.1. Implementación de Mantenimiento Autónomo.....	p.75
4.1.2. Implementación de Lean Maintenance.....	p.82
4.1.3. Mejora en gestión del recurso humano.....	p.87
4.1.4. Implementación de política de Gestión de activos.....	p.89
4.1.5. Mejora de proceso de Mantenimiento.....	p.98
4.2. Resultado de cálculos de Indicadores Integrados de Gestión.....	p.105
4.2.1. Resultado del Cálculo de confiabilidad en los activos.....	p.105
4.2.2. Resultado de cálculos de Efectividad Global del Equipo (OEE)....	p.112
4.3. Resultado del cálculo de Costos de las mejoras.....	p.117
4.4. Cronograma de ejecución de las mejoras.....	p.118
4.5. Otros Resultados.....	p.119
 <i>Conclusiones y Recomendaciones</i>	 p.120
 <i>Anexos</i>	 p.122
Anexo 1: Componentes críticos en al área de Mantenimiento.....	p.123
Anexo 2: Relación repuestos críticos.....	p.128
Anexo 3: Vida útil de activos.....	p.136
Anexo 4: Propuesta renovación de activos 2014.....	p.140
Anexo 5: Propuesta renovación de activos 2015.....	p.143
Anexo 6: Mejora del Proceso de Mantenimiento.....	p.144
Anexo 7: Análisis de criticidad de equipos.....	p.170
Anexo 8: Cálculo de frecuencia de mantenimiento por billetes/monedas procesadas.....	p.152

Anexo 9 Cálculo de mano de obra necesaria para el área de Mantenimiento ..p.156
Anexo 10 Cronograma de implementación de mejoras propuestas.....p.157
Bibliografía.....p.158

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Principales servicios de la organización.....	p.53
Tabla 3.2 Detalle reclamos en Procesamiento.....	p.63
Tabla 3.3 Inventario de máquinas del área de Procesamiento.....	p.64
Tabla 3.4 Percepción de causas de defectos en el Procesamiento de billetes.....	p.69
Tabla 3.5 Priorización de atención de causas que afectan al problema central...	p.75
Tabla 4.1 Tabla de evaluación capacidades para el personal del área de Procesamiento de billetes.....	p.76
Tabla 4.2 Pasos del Mantenimiento Autónomo.....	p.79
Tabla 4.4 Actividades del proceso de Mantenimiento.....	p.86
Tabla 4.5 Frecuencia de intervenciones de Mantenimiento por tipo de máquina de Procesamiento.....	p.88
Tabla 4.6 Duración de intervenciones de Mantenimiento por tipo de máquina de Procesamiento.....	p.89
Tabla 4.7 Inventario de máquinas.....	p.89
Tabla 4.8 Roles de los actores en la gestión de activos.....	p.93
Tabla 4.9 Matriz de evaluación para renovación de activos.....	p.95
Tabla 4.10 Detalles funcionales Mantenimiento de emergencia.....	p.102
Tabla 4.11 Parámetros a considerar en registro de nuevo formato para máquinas clasificadoras de billetes.....	p.103
Tabla 4.12 Cálculo de frecuencia de Mantenimiento.....	p.104
Tabla 4.13 Datos de valores del tiempo entre fallos (TEF).....	p.106
Tabla 4.14 Valores obtenidos para distribución Log-normal.....	p.108
Tabla 4.15 Tiempos característicos.....	p.111
Tabla 4.16 Valores de R y Q	p.111
Tabla 4.17 Máquina crítica utilizada en el área de Procesamiento de Billetes ..	p.113

Tabla 4.18 Operación de máquinas en un día del área de Procesamiento de billetes.....	p.114
Tabla 4.19 Tiempos improductivos del área de Procesamiento de billetes.....	p.115
Tabla 4.20 Cálculo del OEE del área de Procesamiento de billetes.....	p.116
Tabla 4.21 Medición del OEE.....	p.117
Tabla 4.22 Presupuesto de inversión para mejoras propuestas.....	p.118
Tabla 4.23 Tiempos estimados para la implementación de las mejoras propuestas.....	p.118
Tabla 4.24 Estudio de costos de Mantto. de la empresa en estudio vs tercerización.....	p.119
Tabla A.1 Relación de repuestos críticos.....	p.128
Tabla A.2 Lista de máquinas de billetes y monedas y manuales.....	p.136
Tabla A.3 Status renovación de máquinas autenticadoras de billetes GFS-120.....	p.138
Tabla A.4 Propuesta de renovación de activos 2015.....	p.140
Tabla A.5 Propuesta de renovación de activos 2015.....	p.142
Tabla A.6 Despliegue de actividades del proceso propuesto de Mantenimiento.....	p.146
Tabla A.7 Criterios de evaluación.....	p.152
Tabla A.8 Matriz de Criterios de evaluación.....	p.153
Tabla A.9 Equivalencia de Frecuencia diaria a Piezas procesadas en Clasificadoras de Billetes.....	p.154
Tabla A.10 Equivalencia de Frecuencia mensual a Piezas procesadas de Entubadora de Monedas.....	p.155
Tabla A.11 Equivalencia de Frecuencia quincenal a Piezas procesadas de Autenticadora de Billetes.....	p.155
Tabla A.12 Cálculo de mano de obra necesaria para el área de mantenimiento	p.156
Tabla A.13 Cronograma de implementación de mejoras propuestas.....	p.157

INDICE DE FIGURAS

Fig 1.1 Tendencias del Mantenimiento.....	p.15
Fig 1.2 Componentes de un programa CRM.....	p.16
Fig 1.3 Flujo de trabajo en gestión de Mantenimiento.....	p.18
Fig 1.4 Ciclo de vida de un activo.....	p.21
Fig 1.5 Ciclo de vida de un activo durante su existencia.....	p.21
Fig 2.1 Curva de la bañera	p.30
Fig 2.2 Función de confiabilidad de la distribución Exponencial con $\lambda=0.5,1$...	p.36
Fig 2.3 Tasa de falla de la distribución Exponencial con $\lambda = 0.5,1$	p.37
Fig 2.4 Función de confiabilidad de la distribución Weibull $\lambda=1, \beta =0.5,1.5$...	p.38
Fig 2.5 Tasa de falla de la distribución Weibull con $\lambda = 1, \beta = 0.5, 1.5$	p.39
Fig 2.6 Limites control y su relación con la distribución normal.....	p.40
Fig 2.7 Función de confiabilidad de la distribución Normal, $\mu=5, \sigma=0.5,1,1.5$..	p.43
Fig 2.8 Tasa de falla de la distribución Normal, $\mu = 5, \sigma = 0.5,1,1.5$	p.43
Fig 2.9 Función de confiabilidad de la distribución Lognormal, $\mu = 0, \sigma=0.5,1,1.5$	p.45
Fig 2.10 Tasa de falla de la distribución Lognormal, $\mu = 0, \sigma = 0.25,0.5,1$	p.45
Fig. 3.1 Mapa de procesos de la Organización.....	p.54
Fig 3.2 Participación de mercado por facturación.....	p.55
Fig 3.3 Detalle de reclamos Ene 2014, por la sala responsable de reclamo.....	p.56
Fig 3.4 Macroproceso de administración de servicios compartidos.....	p.57
Fig 3.5 Macroproceso de mantenimiento de equipos de Procesamiento.....	p.58
Fig 3.6 Proceso de planificación.....	p.60
Fig 3.7 Proceso de programación.....	p.61
Fig 3.8 Cantidad de reclamos Procesamiento.....	p.63
Fig 3.9 Fallas de máquina del área de mantenimiento.....	p.66
Fig 3.10 Consolidado de categorías mantenimiento de máquinas de Procesamiento.....	p.67
Fig 3.11 Diagrama causa – efecto.....	p.71

RESUMEN

El presente trabajo buscó contribuir en el crecimiento del nivel de servicio al cliente (producto entregado sin defectos y a tiempo) en una empresa de procesamiento de billetes y monedas, proponiendo mejoras y soluciones desde la perspectiva del Mantenimiento.

Se concluye que el nivel de servicio percibido por el cliente se ve afectado por tres factores principales: máquina, mano de obra y material. Se identificó que el factor material (billetes y monedas) es un factor externo. No se puede controlar el origen de los defectos. Sin embargo, sí se pueden tomar medidas que disminuyan el efecto en el proceso.

Se encontró que la veta más importante está en poder elevar el nivel de disponibilidad y confiabilidad de las máquinas procesadoras. Siguiendo la secuencia lógica, si se garantiza que las máquinas estén disponibles y trabajando correctamente, los reclamos por demoras y defectos deberían disminuir. Asimismo se introdujo la confiabilidad en el mantenimiento y el cálculo del indicador Efectividad Global de Equipos (OEE) para medir los resultados de los esfuerzos integrados de mejora de las áreas de Producción y Mantenimiento.

ABSTRACT

The present work sought to contribute in the growth of the service level of customer (product delivered without defects and in time) in a company of processing of notes and coins, proposing improvements and solutions from the perspective of Maintenance.

The conclusion is that the service level perceived by customer is affected by three main factors: machine, workforce and material. Also was identified that the material factor (bills and coins) is an external factor. The origin of the defects can't be controlled. However, some actions can reduce the effect on the process

The most important is being able to raise the level of availability and reliability of the processing machines. Following the logical sequence, if the machines are guaranteed to be available and working properly, claims for delays and defects should decrease. Also, Reliability was also introduced in the maintenance and calculation of the Global Equipment Effectiveness (OEE) indicator to measure the results of integrated improvement efforts in the Production and Maintenance areas.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

En el presente capítulo se desarrolla el marco teórico, en base a conceptos que tienen relación directa con el título del presente informe técnico y son descritos a continuación:

1.1. Indicadores de Gestión

Los administradores de negocios necesitan saber que las operaciones internas se desarrollan normalmente. Necesitan saber, en solo vistazo, que las cosas están bajo control o dónde hay posibilidad de no cumplir con lo esperado. Por lo que la creación y constante revisión de un juego de indicadores bien diseñados, es esencial para este propósito.

Los indicadores pueden originarse a partir del pensamiento estratégico, o desde la necesidad de mejoras operacionales, o simplemente desde el deseo de monitorear las actividades importantes. [1]

Los indicadores claves de gestión (o KPIs, por las iniciales en inglés, Key Performance Indicators) son métricas cuantificables que reflejan el desempeño de una organización en el logro de sus metas y objetivos. Los KPIs reflejan los direccionadores claves de valor, en vez de sólo medir procesos y actividades de negocio no críticas. Asimismo, los KPIs alinean todos los niveles de la empresa con

propósitos, bien definidos y difundidos, y con puntos de referencia, con la finalidad de crear compromiso y monitorear el progreso.

Kent Bauer sostiene que los KPIs deben medir esas pocas actividades y procesos vitales que monitorean la salud de la organización, y que deben ser definidos en términos comunes a toda la empresa. [2]

Según David Parmenter, demasiadas compañías están trabajando con las medidas erróneas, muchas de las cuales son llamadas incorrectamente KPIs. [3]

La medición de un KPI de manera mensual es infrecuente porque en esta etapa ya es muy tarde para hacer las correcciones requeridas. Por lo tanto los KPIs son mediciones actuales o mediciones del futuro.

La vasta investigación realizada por Parmenter, le ha permitido llegar a la conclusión de que existen tres tipos de medidas de desempeño: (a) Los *key result indicators* (KRIs) muestran los resultados de la gestión desde el punto de vista de un factor crítico de éxito o desde una perspectiva del tablero de control; (b) los *performance indicators* (PIs) indican a los empleados y a los encargados de la gestión qué es lo que se debe hacer; y (c) los *key performance indicators* (KPIs) indican qué hacer para mejorar el desempeño drásticamente. [3]

A pesar que los PIs no son claves para el negocio, sí son cruciales para que los equipos se alineen con los resultados deseados por la compañía, y para ayudarlos a enfocarse en las actividades diarias que están de acuerdo con la estrategia organizacional.

De acuerdo a Richard Butler, una vez que un indicador ha sobrevivido a su propósito, debe ser inmediatamente reemplazado. [1]

Aún hay pocas compañías que administran el mantenimiento de manera exitosa y con los costos adecuados. Esto se debe principalmente que no existen mediciones adecuadas ni sistemas de control. Dado que esta función tiene tremendo impacto en la capacidad ofertada por los activos de capital, urge la necesidad de desarrollar los indicadores que midan adecuadamente el desempeño del mantenimiento, y por una jerarquía que entrelace con los indicadores corporativos. [4]

Los indicadores amarrados con la estrategia corporativa y con los objetivos corporativos de largo plazo, facilitan el mantenimiento proactivo, el cual reduce costos, incrementa la capacidad e incrementa el margen de ganancia.

La efectividad del mantenimiento y su calidad necesitan ser medidos para justificar la inversión en mantenimiento. Esto se materializa implementando y usando un sistema de medición de desempeño adecuado. Los criterios de medición pueden ser cuantitativos y cualitativos.

En un sistema de Medición de Desempeño de Mantenimiento (*Maintenance Performance Measurement* system o MPM) hay un número de criterios u objetivos, que deben ser considerados desde diferentes puntos de vista de las partes interesadas. Estos criterios pueden ser disgregados en diferentes indicadores de mantenimiento. Estos últimos deben ser integrados desde el nivel operacional hasta el nivel estratégico. [5]

Parida y Chattopadhyay proponen un sistema MPM que ha sido diseñado de manera balanceada, considerando diferentes criterios, una visión holística de toda la organización e integrando la estructura para alcanzar la efectividad interna y externa. Han tomado en cuenta 7 criterios:

1. Indicadores relacionados a equipos

- Disponibilidad, tasa de rendimiento, calidad, número de paradas menores y mayores, tiempo de inactividad por paradas, reprocesos

2. Indicadores relacionados a la labor de mantenimiento

- Calidad para las tareas de mantenimiento, tiempo de cambio, tareas de mantenimiento planeadas (mantenimiento preventivo), tareas de mantenimiento no planeadas (mantenimiento correctivo), tiempo de respuesta de mantenimiento

3. Indicadores relacionados a costos

- Costo unitario de mantenimiento, costo unitario de producción, retorno sobre las inversión en mantenimiento

4. Impacto en satisfacción de clientes

- Número de quejas de calidad, retornos de baja calidad, satisfacción de cliente, retención de clientes, número de nuevos clientes

5. Aprendizaje y crecimiento

- Número de nuevas ideas generadas, destrezas y competencias

6. Seguridad, Salud y Medio ambiente (HSSE)

- Número de accidentes/incidentes, número de casos legales, número de casos de compensación , número de quejas HSSE

7. Satisfacción de empleados

- Absentismo de empleados, quejas por el año, beneficios

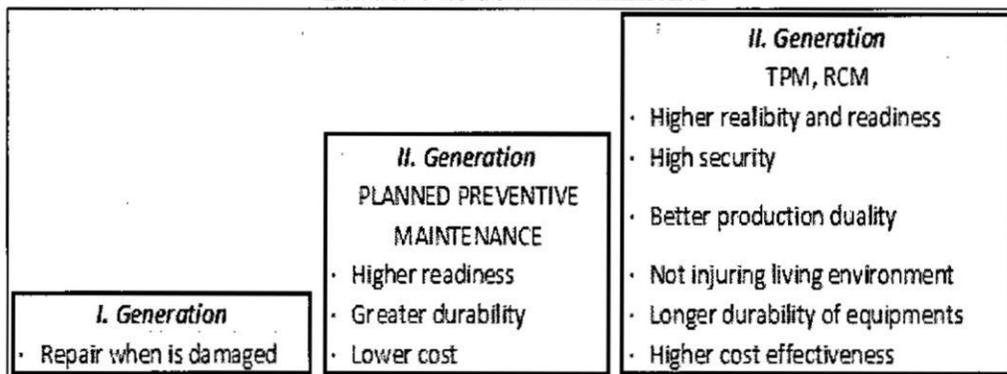
1.2. Gestión de Mantenimiento

El mantenimiento es definido como la combinación de todas las acciones administrativas y técnicas asociadas para retener un ítem o restaurar éste a un estado en el cual pueda realizar su función requerida [6]. El mantenimiento en este nuevo siglo, continúa con la orientación alcanzada en la década de los 90's, conocida con el nombre de "Mantenimiento clase mundial", elevándolo a un nuevo concepto que toma en cuenta la siguiente orientación: valor, enfoque de calidad, cambio cultural y gerencia de la incertidumbre. A principios de la década de los 50's, se conocía sólo la práctica de mantenimiento correctivo, que consistía en reparar los equipos una vez que fallaban [7].

La tendencia del mantenimiento describe la orientación de los procesos en una organización; por ejemplo, la tercera generación de mantenimiento está orientada en la confiabilidad, seguridad, calidad, costos, ambiente y durabilidad, [8] ver figura 1.1.

El Reliability-Centered Maintenance (RCM) es una combinación óptima de mantenimiento reactivo, basado en el tiempo o intervalo, basado en la condición y las prácticas de mantenimiento proactivo, como se muestra en la figura 1.2 de la página 16. Todos los enfoques de mantenimiento son usados. [9].

Figura N° 1.1
Tendencias de mantenimiento

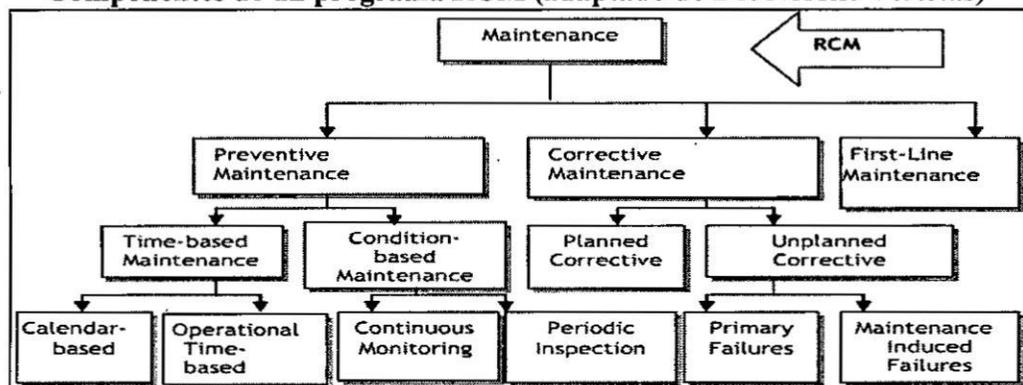


Fuente: Faculty of Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Feb 2013

Estas principales estrategias de mantenimiento son integradas para tomar ventaja de sus respectivas fortalezas, para maximizar confiabilidad del equipo, mientras se minimiza los costos dentro de ciclo de vida. Todas estas técnicas son parte de una filosofía de mantenimiento integrado [9].

Por otro lado, la gestión de mantenimiento es la encargada de poseer las estrategias para optimizar la funcionalidad y conservación de toda la estructura productiva. La gestión del mantenimiento también constituyen un diagnóstico de los procesos que influyen en el desempeño de los trabajadores y la satisfacción a los clientes, observación que se puede apreciar desde el punto de vista del producto tangible o intangible que se genere. Es por esta razón que el hombre ha utilizado la actividad de mantenimiento como una herramienta para mantener los procesos de las diferentes empresas existentes en el mundo de los negocios, con el único fin de incrementar la vida útil de sus activos y optimizar los recursos sin desmejorar dichos procesos, por el contrario, mejorándolos cada día más. [10]

Figura N° 1.2
Componentes de un programa RCM (adaptado de Det Norske Veritas)



Fuente: South African Journal of industrial Engineering

La innovación de la gestión de mantenimiento es un proceso sistemático, planeado, gerenciado, ejecutado y acompañado bajo el liderazgo de la alta administración, involucrando y comprometiendo a todos los gerentes, responsables y personal operacional de la organización. El punto de inicio es una evaluación de la importancia de la función mantenimiento dentro de la empresa, y debe ser analizada

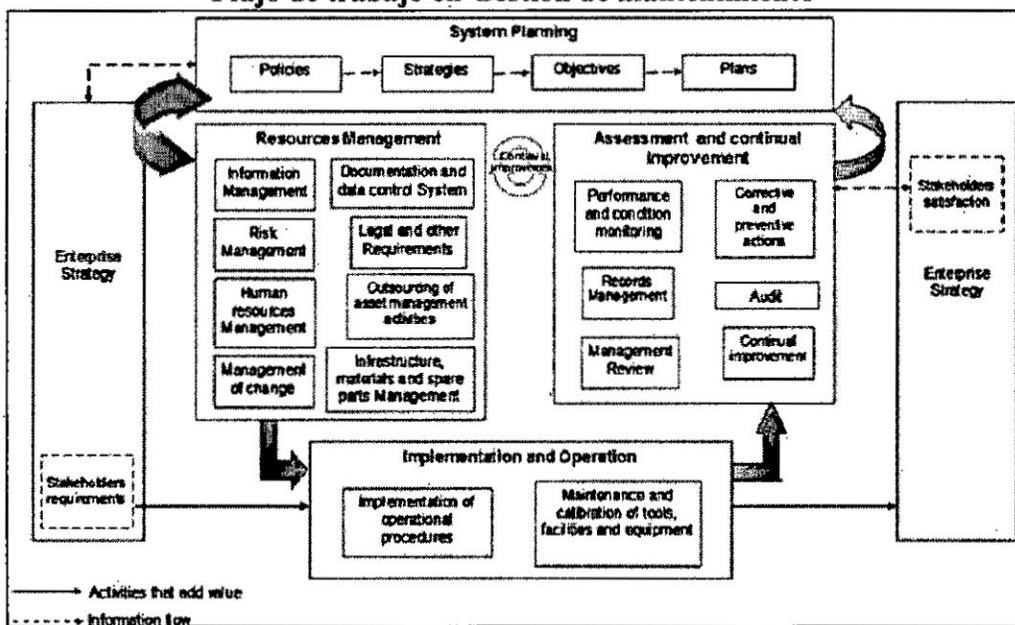
en confrontación con los requisitos que son impuestos para atender el conjunto de equipos de acuerdo con el nivel de confiabilidad requerido. Esto debe conducir a la definición de la concepción del mantenimiento [11].

Un modelo de gestión del mantenimiento debe ser eficaz, eficiente y oportuno, es decir, debe estar alineado con los objetivos impuestos en base a las necesidades de la empresa, minimizando los costos indirectos de mantenimiento (asociados a las pérdidas de producción). A su vez, debe ser capaz de operar, producir y lograr los objetivos con el mínimo costo (minimizando los costos directos de mantenimiento), generando a su vez actividades que permitan mejorar los indicadores claves del proceso de mantenimiento, asociados a mantenibilidad y confiabilidad. Además, para generar un modelo de mantenimiento robusto y eficaz se deben considerar factores relacionados con la disponibilidad de recursos y su respectiva gestión [12].

El modelo más recomendado para la gestión de mantenimiento sugiere utilizar el proceso de flujo original de PAS55, con requerimientos generales. Ver figura 1.3 de la página 18. El modelo inicia y termina con los requerimientos y satisfacción de los stakeholders, este modelo considera cuatro módulos o macroprocesos: planificación del sistema, gestión de recursos, implementación y operación, y evaluación y mejora continua [13]. La estructura de este modelo habilita un enlace entre la función de mantenimiento y las otras funciones organizacionales.

Sin embargo, enfrentar un proceso de innovación en la forma de hacer la gestión de mantenimiento trae consigo riesgos asociados a las múltiples tareas que hay que llevar a cabo, que emergerán durante la etapa de levantamiento de los requerimientos para atender los objetivos de negocios de la empresa hasta el último paso que es la valoración de los beneficios que traerá consigo la innovación propuesta [11].

Figura N° 1.3
Flujo de trabajo en Gestión de mantenimiento



Fuente: Quality & reliability Engineering International

Para incrementar las posibilidades de éxito de un sistema innovador, es necesario conocer la definición de la misión de la función de mantenimiento conforme a las estrategias y tácticas de la organización, definida para alcanzar sus objetivos de negocios [11].

1.3. Gestión de Activos

El Institute of Asset Management (IAM, 2010) define la gestión de activos como “actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas a través del cual una organización óptima y sostenible gestiona sus activos y sistemas de activos, el rendimiento asociado, los riesgos y costos durante su ciclo de vida con el fin de lograr el plan estratégico organizacional” [14] La gestión de activos ha evolucionado desde la gestión de mantenimiento hasta suministrar un enfoque holístico para gestionar la vida de un activo físico.

EFNMS Asset Management Committee (2011) define la gestión de activos como una visión holística sobre la ingeniería de los activos (físicos) de una compañía. El concepto toma en cuenta consideraciones de capacidad, diseño, inversiones y mantenimiento de equipos de producción. Una de las principales tareas de gestión de activos es garantizar que el cambio de los requerimientos del negocio y los activos de la ingeniería coinciden juntos de manera óptima teniendo en cuenta todos los aspectos del ciclo de vida del equipo. El negocio y entorno natural hacen la gestión de activos llegue a convertirse en uno de los principales retos de las organizaciones empresariales [14].

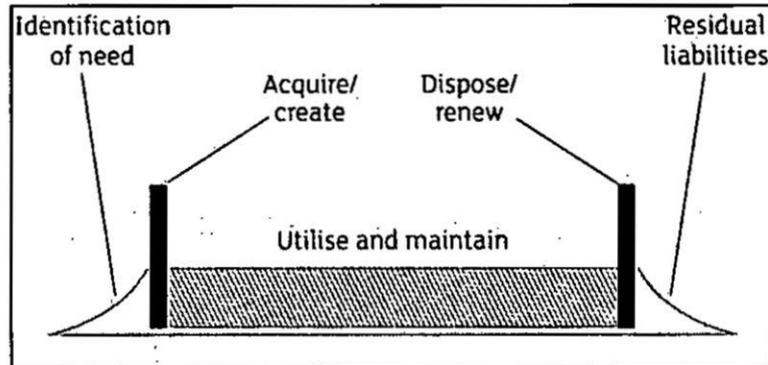
La gestión del ciclo de vida es esencial para el proceso de gestión del activo. Tener un plan debería considerar el ciclo de vida de un activo, desde la adquisición, la utilización, el mantenimiento y finalmente hacia la disposición del activo. Durante

este ciclo de vida, el riesgo también debe estar asociado con las especificaciones del activo y las consecuencias de este riesgo. [15][16].

Con la incorporación del costo de ciclo de vida, mejora de una manera simple la toma de decisiones estratégica de activos con consecuencias financieras a largo plazo. Mediante el cálculo del valor presente neto de todos los costos esperados de un activo durante su tiempo de vida, una organización será capaz de determinar si una máquina costosa con mantenimiento de bajo costo es mejor que una opción de una máquina de bajo costo con alto costo de mantenimiento [15]. Asimismo, algunos activos son desechados cuando ellos posiblemente aún pueden permanecer en buen servicio. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se utilizan hasta el punto donde las empresas incurren en costos excesivos de mantenimiento comparado con el reemplazo [16]

El ciclo de vida, desde la perspectiva de gestión del activo de PAS55, ha sido definido desde el reconocimiento de la necesidad hasta la disposición y riesgos residuales o período sucesivo de responsabilidad, (ver figura 1.4 de la página 21). Esto resultó ser un buen catalizador hacia el "largo plazo" y una mejor consideración de los requerimientos de activos en el primer lugar. Y esto sin duda ha ayudado a romper las barreras entre el diseño de ingeniería, proyectos, adquisiciones, operaciones o uso del activo, mantenimiento, y renovaciones o desguace [17].

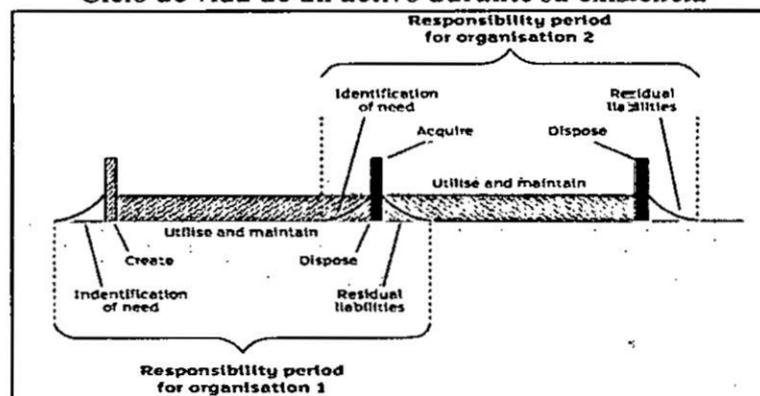
Figura N° 1.4
Ciclo de vida de un activo



Fuente: Assets Magazine

Sin embargo, cuando un activo pasa de una organización a otra – por ejemplo, compra y venta (ver la figura 1.5). O de hecho, para lo cual la responsabilidad del activo podría estar dividida, y derechos de uso por otros (leasing), existe la necesidad de distinguir entre el período de existencia física de un activo (quien posee o administra) y el período de responsabilidad, durante el cual las diferentes actividades deben optimizarse para ofrecer el mejor valor del dinero por una organización específica. Claramente, también se restringe el término del ciclo de vida a uno u otro de estos puntos de vista, porque no puede ser utilizado para ambos sin causar confusión. [17]

Figura N° 1.5
Ciclo de vida de un activo durante su existencia



Fuente: Assets Magazine

No hay una fórmula recomendable para implementar una estrategia de gestión de activos. Las interpretaciones y soluciones varían ampliamente. La gestión de activos en PAS55 e ISO55000 son conceptos que ayudan a la implementación en una organización. Existen cinco preguntas claves que son necesarios responder en la implementación de un enfoque de gestión de activos:

- ¿Cuál es la condición actual de la infraestructura?

Requiere inventariar los activos físicos existentes, evaluar la condición y valor actual, tomando en cuenta la vida útil restante prevista y el costo de reemplazo

- ¿Qué nivel de rendimiento se puede esperar de la infraestructura?

La respuesta requiere una comprensión de los objetivos de rendimiento de cada interesado, de los requerimientos legales y contractuales y de los niveles actuales de rendimiento.

- En el actual sistema, ¿Cuáles son los componentes más críticos que salvaguardarán el rendimiento requerido de manera sostenible?

Esto requiere el análisis para conocer bajo qué circunstancias se producen las fallas, cómo se producen y con qué probabilidad. También es necesario comprender los costos de reparación y evaluar las consecuencias de cada modo de falla.

- ¿Cuáles son los costos mínimos sobre el ciclo de vida que será permitido?

Es necesario identificar los principales costos directos e indirectos al presupuesto, para estimar sus respectivos montos. Debe también tenerse en mente que los costos de operaciones y mantenimiento pueden no ser

constantes durante el ciclo de vida, porque la probabilidad de algunas formas de falla se incrementa con la edad del activo. Esta fase de implementación estratégica de gestión de activos consiste en determinar la inversión actual, operacional y las prácticas de mantenimiento y analizar las opciones de gestión alternativa más viables para la organización en cuestión

- ¿Cuál es la estrategia de inversión a largo plazo a ser adoptada?

Para responder esta pregunta requiere una inversión en planificación e identificar cómo será financiado.

Las respuestas a las preguntas anteriores pueden asumir un mayor o menor grado de sofisticación. De hecho, cualquier enfoque integrado de gestión de activos debe estar basado en los principios del plan-do-check-act (PDCA) y estar organizado en tres niveles: planificación estratégica, táctica y operativa. Las principales actividades a realizar deben estar en cada uno de estos niveles. [18]

1.4. Gestión de Procesos

Muchas compañías están comprometidas en evaluar maneras con las que su productividad, calidad de producto, y operaciones pueden ser mejoradas. Un área relativamente nueva para lograr esas mejoras es la Gestión de Procesos de Negocios (*Business Process Management* o BPM).

Los procesos son una secuencia de actividades pre-definidas ejecutadas para alcanzar un tipo o rango pre-especificado de salidas.

Es importante notar que los procesos de negocio tienen medidas de eficacia y eficiencia, donde eficacia se refiere a qué tan bien los procesos cumplen con los requerimientos del cliente, y eficiencia se refiere al esfuerzo requerido en convertir entradas en salidas. Estas características son críticas para entender cómo la investigación y desarrollo de una arquitectura de procesos de negocio puede ayudar al rendimiento del negocio. [19]

Los procesos de negocio pueden ser clasificados en Operativos, Soporte y de Gestión. Según lo expuesto por Mackanet *al.* (2008), los procesos operativos son los que generan valor para el cliente externo, es decir, entregan un producto o servicio que es apreciado por el cliente y que por el cual está dispuesto a pagar el precio. Los procesos operativos crean la ventaja competitiva.

Los procesos de soporte existen para proveer los recursos que soportan a los procesos de creación de valor y las condiciones en las cuales los procesos operativos pueden funcionar efectivamente. Hacen posible la ventaja competitiva y la creación de valor entregando salidas de valor agregado a su cliente interno, los procesos operativos.

Los procesos de gestión dirigen y controlan la empresa. Son los que sostienen la ventaja competitiva al reconocer y responder a los cambios. Identifican dónde puede crearse el mayor valor en el futuro y dirigir el negocio para asegurar que los procesos operativos y de soporte adecuados se ejecuten.

El mapeo de procesos es un paso fundamental para entender el flujo de la información y de los recursos a través de los procesos de la cadena de valor interna. También puede ayudar a entender las relaciones entre los procesos, y dimensiona y enfoca la atención en los procesos y actividades que más impactan en el desempeño de las dimensiones críticas competitivas.

La evaluación del desempeño es esencial para diagnosticar las causas raíces de los problemas o debilidades, así como para determinar qué áreas o actividades son los puntos débiles que necesitan ser redireccionados. Información sobre el *performance* de los procesos puede ser reunida con evaluación cualitativa de la situación actual, usando diagramas causa-efecto, por citar un ejemplo. También se puede usar información cuantitativa, por lo que el enfoque de gestión de mejora propone la implementación de un sistema de medidas enfocadas en los direccionadores de desempeño.

Una vez que las acciones de mejora específicas son concebidas, se fijan los objetivos de desempeño y se llevan a cabo la implementación y las revisiones de progreso. [20]

Ciertamente, los procesos de negocios son generalmente *cross-functional*, horizontales por naturaleza, fuera de la común estructura vertical y jerárquica de la compañía, y una persona no es responsable del proceso entero. BPM intenta alinear los procesos de negocio con los objetivos estratégicos y las necesidades de los clientes, pero requiere que la compañía cambie de una orientación funcional a una por procesos. [21]

Con la información contenida en el presente capítulo, el cual sirve de base para entender cada concepto de los temas a abarcar en el presente informe técnico, se procede a desarrollar el segundo capítulo de este estudio.

CAPÍTULO II

MÉTODOS Y MODELOS USADOS PARA LA MEJORA EN LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO

En este capítulo se presentan los conceptos básicos utilizados en el análisis de confiabilidad, así como algunos de los modelos de distribución utilizados para modelar tiempos de falla.

2.1 Conceptos básicos de confiabilidad

2.1.1 Definiciones preliminares

Se dice que una falla ocurre cuando un componente o unidad deja de funcionar como es requerido. Considerese a T como una variable aleatoria que representa el tiempo a la falla de un componente o sistema, la cual toma valores en el intervalo $[0, +\infty)$; esta puede ser tiempo real, número de horas de vuelo, número de ciclos de operación, etc.

2.1.2 Función de densidad de probabilidad

La función de densidad f de la variable aleatoria T se define como la probabilidad que tiene un componente de fallar en un instante t . Para esta función continua se cumple que:

- $f(t) \geq 0, \forall t \in [0, +\infty)$
- $\int_0^{\infty} f(t) dt = 1$

2.1.3 Función de distribución acumulada

La función de distribución acumulada F de la variable aleatoria T , representa la probabilidad acumulada de fallo hasta el tiempo t , es decir

$$F(t) = P(T \leq t), \forall t \in [0, +\infty)$$

La función $F(\cdot)$ es una función continua y monótona no decreciente, para la cual se verifica que

- $\lim_{t \rightarrow -\infty} F(t) = 0$
- $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$

A partir de la función de distribución $F(t)$, se puede definir la función de densidad $f(t)$ como

$$f(t) = F'(t) = \frac{d}{dt} F(t)$$

2.1.4 Función de confiabilidad

La confiabilidad se define como la probabilidad de que una unidad o componente realice la función para la cual fue diseñado, bajo ciertas condiciones de uso especificadas, por un periodo de tiempo determinado. Las condiciones de uso son importantes para definir la confiabilidad, por ejemplo: no duran lo mismo unos neumáticos si se usan en autopista, que si se usan en un camino rural.

La función de confiabilidad $R(t)$, es la probabilidad de que la variable aleatoria T sea mayor a t :

$$R(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(u) du = 1 - F(t), \quad \forall t \in [0, +\infty)$$

Esta función es continua y monótona decreciente. Para ésta se cumple que:

- $R(0) = 1$
- $R(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} (1 - F(t)) = 0$

Por su definición, la función de confiabilidad se utiliza en otras disciplinas tales como: Medicina o Finanzas en las que se realizan análisis de supervivencia. En estas disciplinas, la función de confiabilidad se conoce como función de supervivencia.

2.1.5 La tasa de falla

Otra de las funciones importantes para modelar tiempos a la falla es la función de riesgo o tasa de falla $h(t)$. Esta función representa la probabilidad instantánea, por unidad de tiempo, que tiene un componente de fallar en un instante t , dado que había funcionado hasta el instante anterior. Analíticamente se expresa por la razón:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

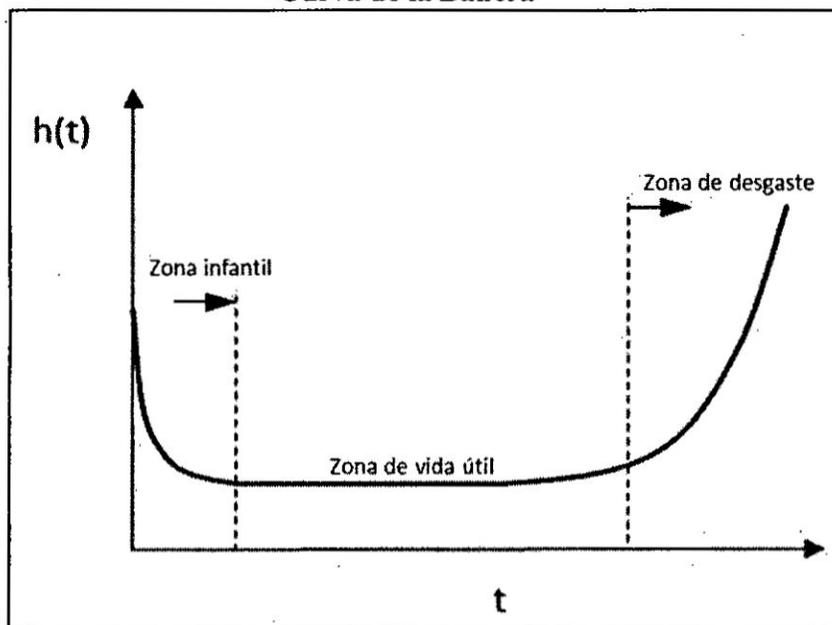
Siempre que $R(t) \neq 0$.

Esta razón se puede interpretar como la proporción de fallas en el instante t relativo sólo a los componentes que no han fallado hasta ese instante.

A diferencia de esta función, la función de densidad $f(t)$ representa la proporción de fallas en el instante t , pero respecto al total de la muestra. La tasa de falla se obtiene a partir del límite, cuando $\Delta t \rightarrow 0$, de la probabilidad condicionada de que el componente falle antes del tiempo $t + \Delta t$, dado que había funcionado hasta el instante t . De esta forma

$$\begin{aligned}
 h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} \\
 &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t, T > t) / P(T > t)}{\Delta t} \\
 &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{\Delta t P(T > t)} \\
 &= \frac{1}{R(t)} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \\
 &= \frac{f(t)}{R(t)}
 \end{aligned}$$

Figura N° 2.1
Curva de la Bañera



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Óptimo en el Control de Calidad , 2014

Los expertos de confiabilidad, en algunos casos, utilizan la curva de la bañera para describir el comportamiento de la tasa de falla en los componentes o sistemas. En la Figura 2.1 de la página 30, se muestra la gráfica de la función que caracteriza la tasa de falla a través del tiempo. Se muestran tres zonas: zona infantil, zona de vida útil y zona de desgaste. En la primer zona, de corta duración, se puede apreciar una tasa de falla alta pero decreciente, se observa en componentes cuya probabilidad de fallo es menor a medida que aumenta el tiempo. Aquí las fallas aparecen inmediatamente y al cabo de poco tiempo de poner en funcionamiento el sistema; la mayoría de las veces, como consecuencia de defectos de fabricación. En la segunda zona se observa una tasa de falla constante; esta indica que la probabilidad de falla instantánea es la misma en cualquier momento, es decir, el proceso no tiene memoria, ya que la posibilidad de falla estando funcionando es idéntica en cualquier momento de la vida del sistema. Las fallas en esta zona son originadas por causas inexplicables y fenómenos naturales imprevistos. En la zona de desgaste se observa una tasa de falla creciente. Esta se presenta en la mayoría de los casos por desgastes u obsolescencia del ítem, es decir, por un proceso de envejecimiento. La tasa de falla creciente en la zona de desgaste indica que la probabilidad de falla instantánea, teniendo en cuenta que el componente está funcionando, se incrementa a medida que aumenta el tiempo.

2.1.6 Tasa de falla acumulada

Una vez definida la tasa de falla, se define la tasa de falla acumulada $H(t)$, que como su nombre lo indica, acumula la tasa de falla a lo largo del tiempo.

$$H(t) = \int_0^t h(u) du.$$

2.1.7 El valor medio de los tiempos de falla

Se pueden considerar dos situaciones, dependiendo de la unidad o dispositivo que se trate.

Si se considera un dispositivo o sistema el cual una vez que falla es restaurado a su estado de funcionamiento, se define el tiempo medio entre falla, en inglés *MTBF* (Medium Time Between Failure). Matemáticamente se tiene

$$MTBF = \int_0^{\infty} t f(t) dt$$

El *MTBF* también se puede expresar en términos de la función de confiabilidad,

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt(1.2)$$

En el otro caso, si el dispositivo no es reparado una vez que falla, como es el caso de un foco, es usual definir el tiempo medio para la falla, en inglés *MTTF* (Medium Time To Failure). Al igual que el *MTBF*, si $R_{sr}(t)$ indica la confiabilidad del sistema que es no restaurado una vez que falla, se puede escribir

$$MTTF = \int_0^{\infty} R_{sr}(t) dt$$

2.1.8 Tasa de fallo promedio

Otra definición de gran interés es la tasa de fallo promedio entre los instantes t_1 y t_2 , que denotaremos por $AFR(t_1, t_2)$,

$$AFR(t_1, t_2) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} h(u) du}{t_2 - t_1}$$

2.1.9 Estadísticos de orden

En algunos estudios, como los ensayos de vida, en los que se analiza el tiempo de falla o duración de ciertos componentes, los datos correspondientes a los tiempos de falla de un conjunto de componentes son más relevantes si se presentan en un orden no decreciente.

De esta forma, si $t_{(1)} \leq t_{(2)} \leq \dots \leq t_{(n)}$ representa la muestra t_1, t_2, \dots, t_n ordenada de menor a mayor, entonces $t_{(k)}$ es el estadístico de orden k -ésimo. A los estadísticos $t_{(1)}$ y $t_{(n)}$ se les llama mínimo y máximo respectivamente.

2.2 Relaciones y equivalencias

De las funciones que se definieron anteriormente, se pueden establecer las siguientes relaciones.

1. Relación entre la función de densidad, función de distribución y función de confiabilidad.

$$f(t) = \frac{d}{dt} F(t)$$

$$f(t) = \frac{d}{dt} (1 - R(t))$$

$$f(t) = -R'(t)$$

2. Relación entre tasa de falla y función de confiabilidad

$$h(t) = -\frac{R'(t)}{R(t)}$$

$$= -\frac{d}{d(t)} \ln R(t)$$

3. Relación entre tasa de falla acumulada y función de confiabilidad.

$$\begin{aligned} H(t) &= \int_0^t h(u) du \\ &= \int_0^t \frac{d}{du} -\ln R(u) du \\ &= -\ln R(t) \end{aligned}$$

Por tanto

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-\int_0^t h(u) du} \\ &= e^{-H(t)} \end{aligned}$$

4. Relación entre función de densidad y tasa de falla

$$f(t) = h(t) e^{-\int_0^t h(u) du}$$

$$= h(t)e^{-H(t)}$$

$$= h(t)R(t)$$

La importancia de conocer las relaciones y equivalencias entre las funciones f , h , F y R , se deriva del hecho de que si sólo se conoce una de estas funciones, se pueden deducir cualesquiera de las otras.

2.3 Modelos de distribución en Confiabilidad

En la literatura se consideran los modelos que mejor han ajustado en los problemas de confiabilidad. Estos coinciden con los modelos de tiempo de vida en el Análisis de Supervivencia.

2.5.1 Distribución Exponencial

Esta distribución es utilizada para modelar tiempos de falla que presentan una tasa de falla constante, es decir, que la probabilidad de fallo, condicionada a que el elemento o componente esté en uso no varía con el tiempo. Ver figuras 2.2 y 2.3 de las páginas 36 y 37 respectivamente. Los sistemas electrónicos como por ejemplo, sistemas de generación de estados de cuenta bancarios y cajeros automáticos son sistemas cuyos tiempos de falla se modelan con esta distribución.

Función de densidad

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t), \quad t \geq 0, \lambda > 0$$

Función de distribución

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t), t \geq 0, \lambda > 0$$

Función de confiabilidad

$$R(t) = \exp(-\lambda t), t \geq 0, \lambda > 0$$

Tasa de falla

$$h(t) = \lambda, t > 0$$

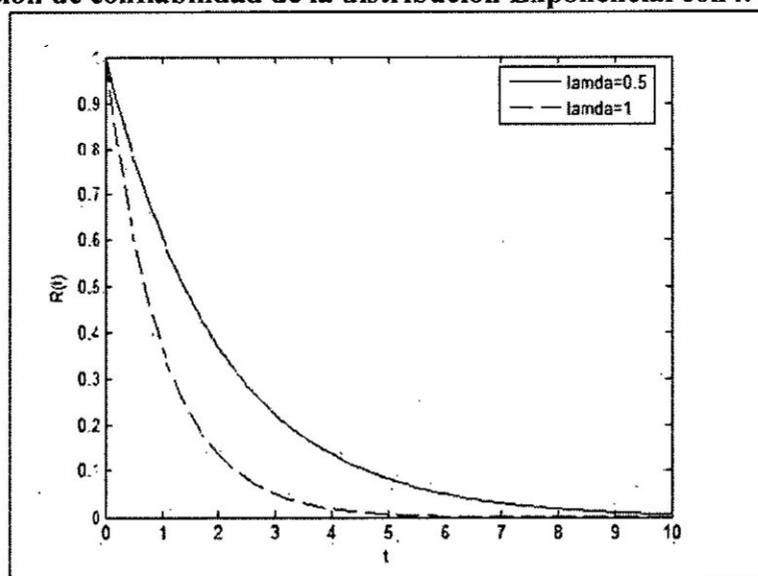
Tiempo medio entre falla (MTBF)

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

Función p-cuantil

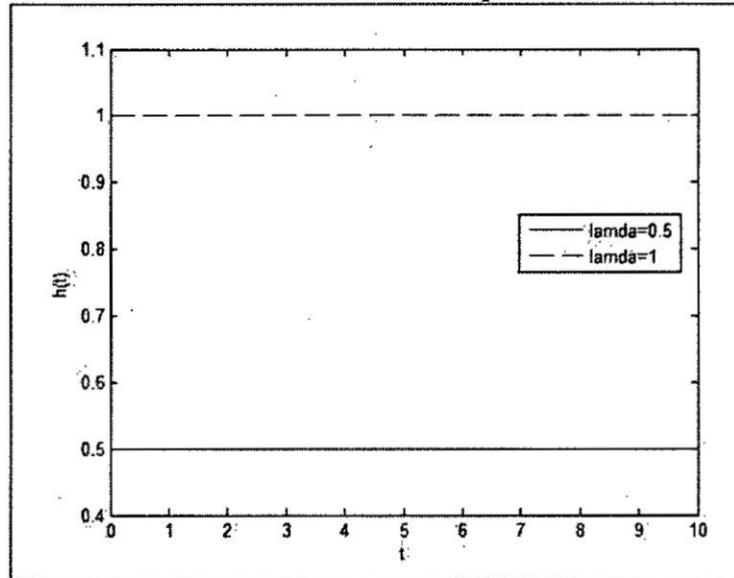
$$t_p = \frac{-\ln(1-p)}{\lambda}$$

Figura N° 2.2
Función de confiabilidad de la distribución Exponencial con $\lambda = 0.5, 1$



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Óptimo en el Control de Calidad, 2014

Figura N° 2.3
Tasa de falla de la distribución Exponencial, $\lambda = 0.5, 1$



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Optimo en el Control de Calidad , 2014

2.5.2 Distribución Weibull

Esta distribución es utilizada para modelar tiempos de falla que presentan una tasa de falla que no es constante. Ahora esta se define a partir de dos parámetros λ , que es el parámetro de escala y β , el parámetro de forma. Según sean los valores del parámetro β , esta distribución puede presentar tasas de falla crecientes, decrecientes o constantes. Por ejemplo:

- Cuando $\beta = 1$, se tiene el caso del modelo exponencial, que tiene una tasa de falla constante.
- Cuando $\beta > 1$, se tiene una tasa de falla creciente.
- Cuando $\beta < 1$, se tiene una tasa de falla decreciente.

Función de densidad

$$f(t) = \lambda\beta(\lambda t)^{\beta-1} \exp(-\lambda t)^\beta, \quad t \geq 0, \lambda > 0, \beta > 0$$

Función de distribución

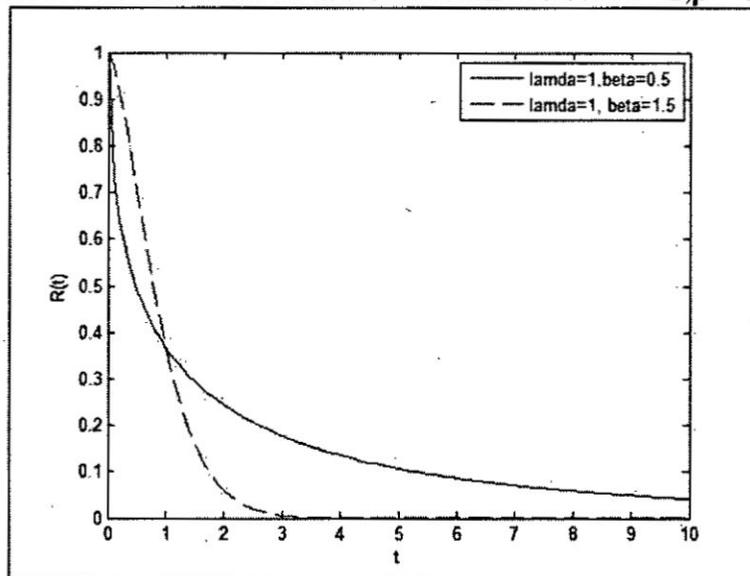
$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t)^\beta$$

Función de confiabilidad

$$R(t) = \exp(-\lambda t)^\beta$$

Ver la figura 2.4 la gráfica de la función confiabilidad

Figura N° 2.4
Función de confiabilidad de la distribución Weibull $\lambda = 1, \beta = 0.5, 1.5$.



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Optimo en el Control de Calidad, 2014

Tasa de falla

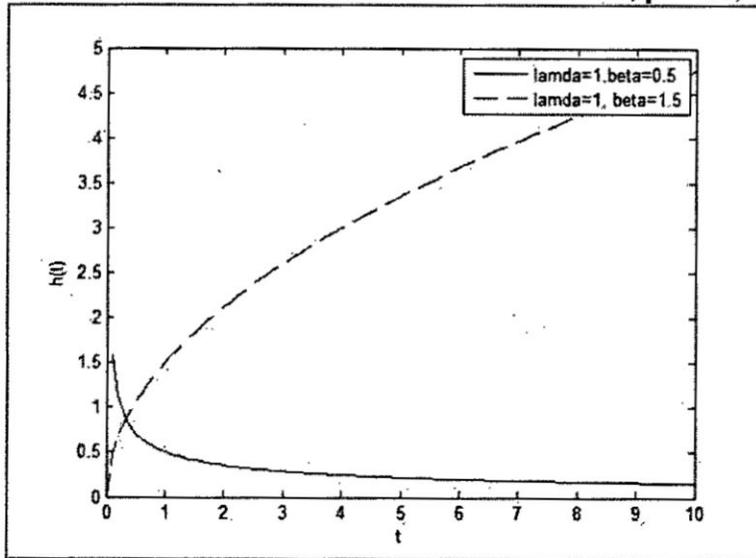
$$h(t) = \lambda\beta(\lambda t)^{\beta-1}$$

Función p-cuantil

$$t_p = \frac{1}{\lambda} (-\ln(1-p))^{\frac{1}{\beta}}$$

Ver la figura 2.5 de la página 39, la gráfica de la tasa de fallos.

Figura N° 2.5
Tasa de falla de la distribución Weibull con $\lambda = 1, \beta = 0.5, 1.5$.



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Óptimo en el Control de Calidad, 2014

Tiempo medio entre falla (MTBF)

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

donde $\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt$. Se define $\Gamma(x) = (x-1)\Gamma(x-1)$ y para n entero

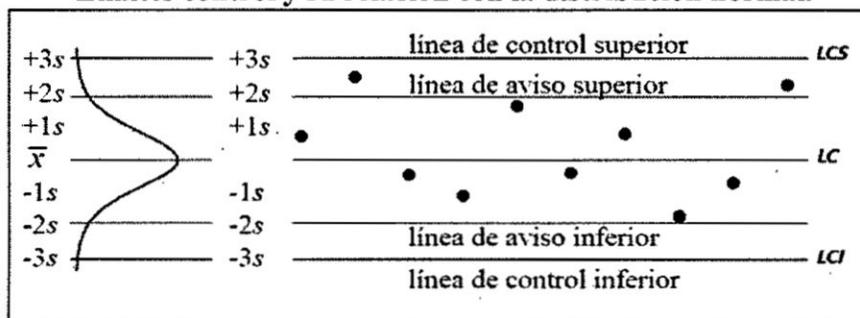
$$\Gamma(n) = (n-1)!$$

2.5.3 Distribución Normal

La distribución normal es una de las distribuciones más utilizadas, debido a que puede representar muchos fenómenos de la vida cotidiana. Esta distribución se define a partir de dos parámetros, la media μ que indica la tendencia central de un conjunto de datos, y la desviación estándar σ que cuantifica el grado de dispersión de los datos respecto de la media.

En el área de ingeniería esta distribución es utilizada para construir Gráficas de Control de Procesos, las cuales fueron desarrollados por Shewhart (1931). Una gráfica de control es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, para detectar causas no naturales de variación en el proceso. Se puede decir, que para todo proceso en el que sólo existe variación inherente o no causada los resultados siguen las características de una distribución normal. Es decir, aproximadamente el 67% de los resultados van a encontrarse dentro del intervalo $\pm 1s$ donde s es la desviación estándar muestral. Aproximadamente el 95% de los resultados se encuentran dentro del intervalo $\pm 2s$ y aproximadamente el 99% de los resultados se encuentran dentro del intervalo $\pm 3s$.

Figura N° 2.6
Límites control y su relación con la distribución normal.



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Óptimo en el Control de Calidad , 2014

La gráfica de control (ver figura 2.6) consiste en: una línea central LC y dos pares de líneas límite espaciadas por encima y por debajo de la línea central, que se denominan Límite de Control Inferior LCI y Límite de Control Superior LCS . Estos se establecen de tal manera que los valores situados entre los límites puedan

atribuirse a la dispersión inherente del proceso, mientras que los que caigan fuera puedan interpretarse como una carencia de control del proceso. Si todos los puntos caen dentro de los límites de control, pero se observan tendencias, entonces también el proceso está fuera de control.

En la construcción de una gráfica de control para medias \bar{X} y rangos R , el cual se utiliza para controlar los dos parámetros básicos de un proceso: la media y la variación. El rango R , se define como la diferencia entre los valores máximo y mínimo de un conjunto de datos.

Para construir la gráfica se deben estimar la media y la desviación estándar. En la práctica el rango se utiliza como medida de dispersión.

Los límites de control, que se establecen a 3 desviaciones estándar, y la línea central son:

Para gráfica de medias:

$$LCI = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

$$LCS = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Para la gráfica de rangos:

$$LCI = D_4 \bar{R}$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

Donde $\bar{X} = \sum_{i=1}^n \bar{X}_i$, $\bar{R} = \sum_{i=1}^n R_i$ y n es el número de muestras. Los valores A_2 y

D_4 son constantes que dependen del tamaño de la muestra. Se recomienda utilizar un tamaño de muestra igual a 5 y un número de muestras no menor a 25.

Aquí las diferentes funciones que caracterizan la distribución Normal.

Función de densidad

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right), \quad -\infty < t < \infty, \mu \geq 0, \sigma > 0$$

Función de distribución

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(x) dx = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

Donde Φ es la función de distribución normal estándar, cuyos parámetros son $\mu = 0$ y $\sigma = 1$.

Función de confiabilidad

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right) dx = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

Tiempo medio entre falla (MTBF)

$$MTBF = \mu$$

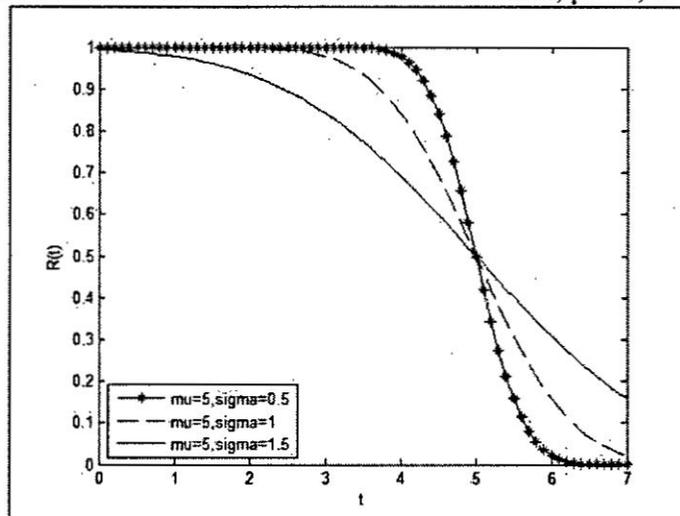
Función p-cuantil

$$t_p = \mu + \sigma\Phi^{-1}(p)$$

donde Φ^{-1} es la función inversa de la distribución normal estándar acumulada.

Ver en la figura 2.7 la gráfica de la función confiabilidad

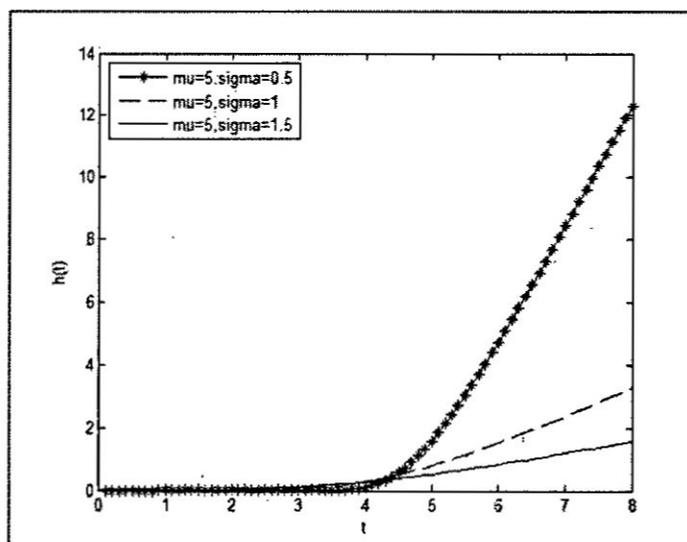
Figura N° 2.7
Función de confiabilidad de la distribución Normal, $\mu = 5, \sigma = 0.5, 1, 1.5$



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Optimo en el Control de Calidad , 2014

Ver en la figura 2.8 la gráfica de la Tasa de falla

Figura N° 2.8
Tasa de falla de la distribución Normal, $\mu = 5, \sigma = 0.5, 1, 1.5$



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Optimo en el Control de Calidad , 2014

2.5.4 Distribución Lognormal

La distribución Lognormal se relaciona con la distribución normal de la siguiente forma: si X es una variable aleatoria normal con media μ y desviación estándar σ , entonces la variable aleatoria $Y = e^X$ tiene una distribución lognormal con parámetros $T_{50} = e^\mu$ y σ . Es decir, el logaritmo de una variable aleatoria lognormal cuyos parámetros son la mediana $T_{50} = e^\mu$ y σ , tiene distribución $N(\mu, \sigma)$. La variable aleatoria T no asume valores iguales a cero ya que $\ln T$ no está definida para $T = 0$.

La distribución Lognormal es útil en diversas áreas: en Confiabilidad se utiliza para modelar tiempos de reparación; en Medicina se utiliza para modelar el tiempo de supervivencia en pacientes con alguna enfermedad como cáncer y en Economía se usa para modelar la distribución personal de la renta y la distribución de ventas.

Función de densidad

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t - \ln T_{50}}{\sigma}\right)^2\right), \quad t > 0, \mu \geq 0, \sigma > 0$$

Función de distribución

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(x) dx = \Phi\left(\frac{\ln t - \ln T_{50}}{\sigma}\right)$$

Función de confiabilidad

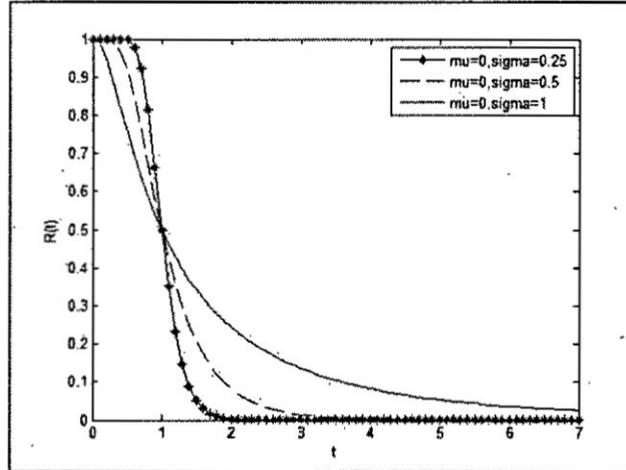
$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2\right) dx = 1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \ln T_{50}}{\sigma}\right)$$

Tiempo medio entre falla (MTBF)

$$MTBF = \exp\left(T_{50} + \frac{\sigma^2}{2}\right) = T_{50} \exp\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)$$

Figura N° 2.9

Función de confiabilidad de la distribución Lognormal, $\mu = 0, \sigma = 0.5, 1, 1.5$

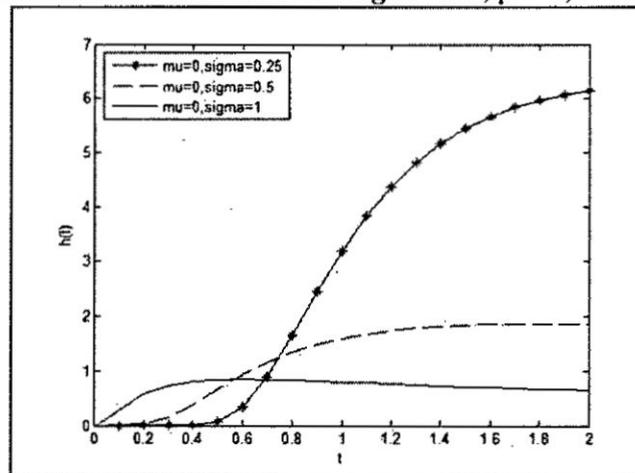


Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Optimo en el Control de Calidad , 2014

Ver en la figura 2.9 y 2.10 las gráficas de la función confiabilidad y Tasa de falla respectivamente.

Figura N° 2.10

Tasa de falla de la distribución Lognormal, $\mu = 0, \sigma = 0.25, 0.5, 1$



Fuente: La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Optimo en el Control de Calidad , 2014

Función p-cuantil

$$t_p = T_{50} \exp(\sigma \Phi^{-1}(p))$$

2.4 Estimación de parámetros por método de Máxima Verosimilitud (MV)

Cuando se conoce la forma de la función de distribución del tiempo de falla es posible estimar los parámetros que la definen a partir de una muestra dada. Los estimadores más frecuentes son los de máxima verosimilitud. Un estimador de máxima verosimilitud del parámetro de una distribución se obtiene a partir de una muestra y es el valor del parámetro que da a la muestra la máxima probabilidad de ocurrencia.

Supóngase que $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, las cuales representan los tiempos de falla t_1, t_2, \dots, t_n de n unidades. Sean f la función de densidad y $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ los parámetros a estimar. La función de verosimilitud se define como la función de probabilidad conjunta de las variables $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$, evaluada en t_1, t_2, \dots, t_n .

Si todas las observaciones t_i son completas, la función de verosimilitud L va a estar dada por el producto de las densidades individuales evaluadas en cada observación, como a continuación se indica:

$$L(\theta) = \prod_{i:n} f(t_i)$$

No obstante, hemos visto que las observaciones pueden estar incompletas, es decir, que pueden presentar algún tipo de censura. El caso más común es el de censura por la derecha, en este caso se supone que en el tiempo en el que se inician las observaciones, $t = 0$, los componentes se encuentran funcionando.

Para poder caracterizar la función de verosimilitud para observaciones censuradas por la derecha, se define para cada unidad la función indicadora de censura en el tiempo v_i como

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{si } t_i \leq v_i \\ 0, & \text{si } t_i > v_i. \end{cases}$$

Es decir, si t_i es una observación de tiempo de falla, $\delta_i = 1$, y es una observación censurada si $\delta_i = 0$ y en este caso se toma $t_i = v_i$ como el último momento en que la unidad fue observada y seguía funcionando. De esta forma, se tiene que las observaciones estarán representadas por la parejas (t_i, δ_i) .

A partir de lo anterior, la función de verosimilitud para observaciones censuradas por la derecha va a estar dada por

$$L(\theta) = \prod_{i:n} f(t_i)^{\delta_i} R(t_i)^{1-\delta_i}$$

Entonces, si la observación es completa contribuye a la función de verosimilitud con su función de densidad, y si es censurada, contribuye con su función de confiabilidad. Cuando las observaciones son censuradas por la izquierda la función de densidad se reemplaza por la función de distribución y el caso en el que existen observaciones censuradas por intervalo, la función de densidad se sustituye por la probabilidad de falla en ese intervalo.

Finalmente, las estimaciones de los parámetros de la distribución se obtienen maximizando la función $L(\theta)$.

2.5 Prueba Chi Cuadrado

Muchas veces los resultados obtenidos a partir de muestras no coinciden de manera exacta con los resultados teóricos esperados. De esta forma, a menudo nos interesa saber si las frecuencias observadas difieren significativamente de las frecuencias esperadas.

El estadístico X^2 proporciona una medida de la discrepancia existente entre la frecuencia observada y la frecuencia esperada y está dada por:

$$X^2 = \frac{(o_1 - e_1)^2}{e_1} + \frac{(o_2 - e_2)^2}{e_2} + \dots + \frac{(o_k - e_k)^2}{e_k} = \sum_{j=1}^k \frac{(o_j - e_j)^2}{e_j}$$

o_j = Valor observado del evento j.

e_j = Valor esperado del evento j.

De esta forma, si las frecuencias observadas tienden a ser muy similares a las frecuencias esperadas, entonces la X^2 tenderá a ser pequeña.

La aproximación de la X^2 se corresponde con $(k-m-1)$ grados de libertad, donde:

k = la cantidad de frecuencias o intervalos

m = la cantidad de parámetros poblacionales que deben estimarse para realizar la prueba.

De esta forma, la prueba ji- cuadrada (X^2) se la utiliza principalmente para:

- Probar si dos atributos son independientes (test de tablas de contingencia).
- Probar si una variable sigue una distribución de probabilidades particular (Prueba de Bondad de Ajuste).

2.6 Test de Kolmogorov-Smirnov [23]

Supongamos de tener N variables aleatorias continuas i.i.d. (independientes e idénticamente distribuidas) $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ pero de no conocer la función de distribución $F(x) = P(X_i \leq x)$ de dichas variables.

Nos gustaría construir un test de hipótesis para verificar que $F(x)$ sea igual a una dada función $F_0(x)$, es decir:

$$\begin{cases} H_0 : F(x) = F_0(x) & \forall x \\ H_1 : F(x) \neq F_0(x) \end{cases}$$

Parece lógico basar nuestros cálculos sobre la *función de distribución empírica*:

$$F_N(x) = P(X_i \leq x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I(X_i \leq x)$$

Donde con $I(X_i \leq x)$ llamamos la variable indicadora:

$$I(X_i \leq x) = \begin{cases} 1 & \text{si } X_i \leq x \\ 0 & \text{si } X_i > x \end{cases}$$

Es decir: calculamos una simple proporción entre los k valores por debajo del nivel x y el número total de muestras N ($F_N(x) = k/N$). La función de distribución empírica $F_N(x)$ es un estimador muestral de la verdadera $F(x)$ de las variables X_i . Además se trata de un *estimador consistente* porque, dado cualquier valor fijo $x \in \mathfrak{R}$, por la *ley débil de los grandes números* se demuestra que:

$$F_N(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I(X_i \leq x) \rightarrow \frac{N \cdot E[I(X_i \leq x)]}{N} = P(X_i \leq x) = F(x) \quad \text{por } N \rightarrow \infty$$

Es decir, por N grande $F_N(x)$ tiende a $F(x)$. Se puede demostrar (*lema Glivenko-Cantelli*) que hay convergencia “casi segura” sobre todas las $x \in \mathfrak{R}$:

$$D_N = \sup_{x \in \mathfrak{R}} |F_N(x) - F(x)| \rightarrow 0 \quad \text{por } N \rightarrow \infty$$

La más grande diferencia entre $F_N(x)$ y $F(x)$ tiende a 0.

La observación clave en el Test de Kolmogorov-Smirnov es notar que *la densidad de probabilidad de la cantidad D_N no depende de la función de distribución $F(x)$ de las muestras.*

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO EN MAQUINAS PROCESADORAS DE BILLETES Y MONEDAS

En el presente capítulo se presentará a la empresa donde se realizó el estudio y se describirán los macroprocesos estratégicos, de realización y de soporte. Seguidamente se detallarán los procesos en los cuales se centrarán los análisis de problemas y de causa-raíz.

Por último se determinarán las causas de los problemas que impactan significativamente en el nivel de servicio.

3.1 Descripción de la empresa

La empresa en la que se centró el informe, es una empresa dedicada a brindar soluciones seguras de riesgo. Con más de 27 años de trayectoria, es un socio estratégico de las principales empresas mineras, financieras y comerciales del país. Provee los servicios de traslado, procesamiento y custodia de dinero, gestión documentaria, servicios para el sector minero, mensajería y gestión de canales de cobranza y pagos.

La empresa cuenta con certificaciones ISO 9001:2008, ISO 28000, ISO 27001, ISO 14001 y OHSAS 18001, Certificación para almacenamiento y producción de microformas según la NTP 392.030-2. La sede central se encuentra en Lima, con una infraestructura de más 25,000m² y posee una de las plantas de procesamiento

de billetes más moderna de América Latina. Además, tiene varias bases de operación a nivel nacional equipadas con modernos dispositivos de seguridad y una moderna flota de unidades livianas y blindadas.

Actualmente la empresa tiene presencia en 16 ciudades a nivel nacional y da empleo a más de 3,500 colaboradores.

La estrategia de la Organización está definida en:

Visión de la empresa

“Ser reconocidos como los mejores en la administración de riesgos”.

Misión de la empresa

“Cuidamos el esfuerzo de los que hacen crecer al país”.

Pilares

Crecimiento, excelencia, integridad y desarrollo.

La organización actualmente tiene varias unidades de negocio para satisfacer las necesidades actuales del mercado en gestión de riesgos.

En la Tabla 3.1 de la página 53 se observan los principales servicios para el sector minero, financiero y comercial del país.

Dentro de los servicios, se encuentra el servicio de procesamiento de billetes y monedas. Esta unidad de negocio es revisado en profundidad para el desarrollo de las mejoras en la elevación de la calidad de servicio.

Tabla N° 3.1
Principales servicios de la Organización

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Traslado de Valores	Traslado de billetes, monedas, metales preciosos, joyas y otros de objetos de alto valor.
Servicio pases Aéreos	Traslado de Valores que incluye transporte aéreo
Cash Management	Gestión de redes de cajeros automáticos, Atención de la red de ATMs de clientes.
Procesamiento de Billetes y monedas	Recuento, autenticación y clasificación de billetes, monedas y otros formatos valorados que requieran validación.
Agencias de pago	Red multibanco para operaciones financieras y pago de servicios
Servicio de Custodia en Bóveda	Protección de valores en bóvedas especiales con sistema de monitoreo
Servicio de pagos móviles	Pagos utilizando cabinas blindadas en puntos que indique el cliente.
Servicio de Courier Nacional	Distribución de documentos, paquetería y carga a nivel nacional.
Servicio B.P.O	Administración y custodia de documentos, procesamiento de datos.
Servicio de custodia de medios magnéticos	Resguardo y traslado de cajas de seguridad de dispositivos magnéticos de almacenamiento de clientes (cintas, discos, CDs, USB, etc)
Miningsolutions	Traslado de metales, precipitados y concentrados, control y gestión de seguridad minera.

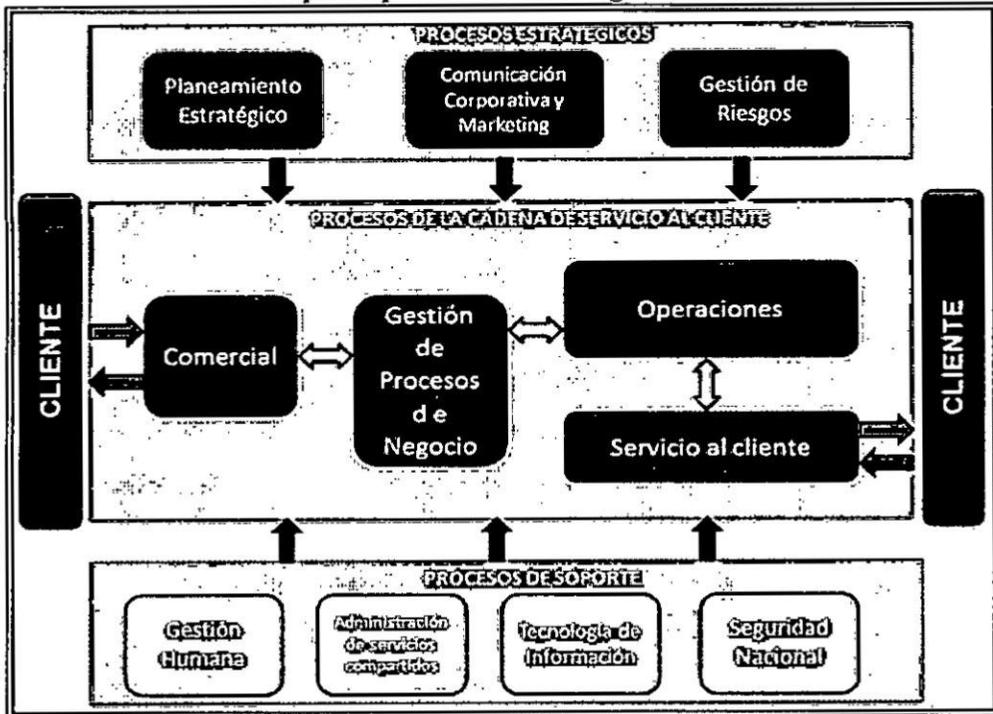
Fuente: Propia

El mapa de macroprocesos de la organización es mostrado en la figura 3.1 de la página 54, donde puede observarse que está centralizado en un enfoque orientado al cliente.

Dentro de los procesos estratégicos, el *Planeamiento Estratégico* tiene como objetivo direccionar el negocio y planificar las acciones para asegurar el logro de los objetivos estratégicos. *Comunicación corporativa* y *Marketing* deben posicionar a la empresa de acuerdo a la estrategia corporativa a través de servicios que satisfagan a los clientes, del personal comprometido y orgulloso de trabajar en la organización y de las actividades que contribuyan al bienestar integral de la

sociedad. La *Gestión de Riesgos* debe minimizar o eliminar las pérdidas. De ocurrir, deben estar protegidos por el seguro comercial.

Figura N° 3.1
Mapa de procesos de la Organización



Fuente: Propia

Dentro de los procesos de la cadena de servicio al cliente, el proceso *Comercial* vela por los ingresos de la empresa y debe generar crecimiento según lo planificado, respondiendo a las exigencias de los clientes. El proceso *Operaciones* asegura los recursos requeridos y la correcta ejecución de los servicios. El proceso *Servicio al cliente* debe atender oportunamente las comunicaciones y reclamos monitoreando el mejoramiento de los servicios a nivel nacional.

Dentro de los procesos de soporte, *Gestión Humana* debe gestionar el talento, generando propuestas para la creación de un ambiente de trabajo que ofrezca una

- Dinero falso en remesa de clientes
- Faltante de dinero en envío de remesa
- Dinero falso en ATM
- Cliente No conforme con acta de anomalía
- Dinero suplantado en remesa

En el mes de enero 2014, la cantidad de reclamos por monedas llegó a estar en 63% del total de reclamos de clientes, tal como puede observarse en la figura 3.3

Figura N° 3.3
Detalle de reclamos - Ene2014, por la sala responsable del reclamo

TIPO	MONEDAS	BILLETES	OTROS	Total general	
Dinero falso en remesa	14			14	34%
Faltante de dinero en envío de remesa	6	3		9	22%
Dinero deteriorado en remesa		5		5	12%
Cliente no conforme con acta de anomalía	1	1	1	3	7%
Dinero falso en ATM	3			3	7%
Otros incidentes durante el servicio		1	1	2	5%
Dinero suplantado en remesa	2			2	5%
No se realizó el servicio de remesa			1	1	2%
Sobrante de dinero en envío de remesa		1		1	2%
Dinero deteriorado en ATM		1		1	2%
Total general	26	12	3	41	
	63%	29%	7%		

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Para el servicio de Procesamiento, se involucró el *macroproceso de Mantenimiento*, que es el responsable de Mantenimiento. Este macroproceso debía estar alineado en asegurar el servicio final a los clientes con procedimientos e instructivos adecuados y correctos, así como la alta disponibilidad y fiabilidad de los activos para el servicio de Procesamiento.

Este trabajo buscó revisar y mejorar los procesos involucrados en el Mantenimiento que estaban afectando a la calidad de servicio y para la obtención de buenos resultados.

Proceso de Mantenimiento de equipos de procesamiento

En la organización, dentro del macroproceso de soporte *Administración de servicios corporativos*, se encuentra el proceso de Mantenimiento de equipos de procesamiento, tal como se ve en la figura 3.4.

Figura 3.4
Macroproceso de Administración de servicios compartidos



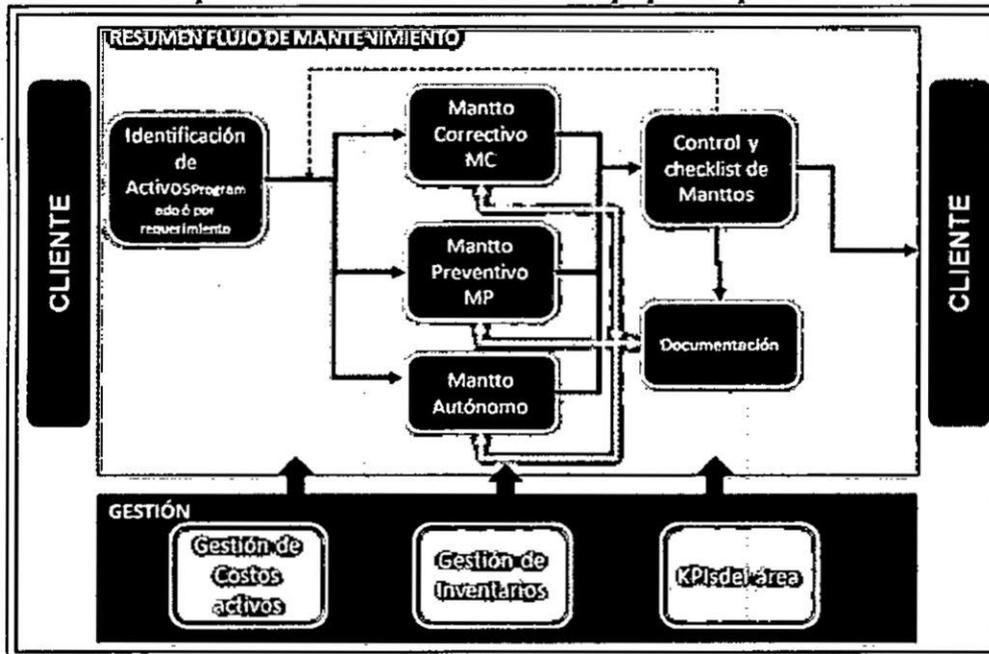
Fuente: De la Organización

El alcance de este proceso es a nivel nacional, pero el informe de investigación se centró únicamente para la sede Lima, excepto las mejoras de gestión de activos que tuvo un alcance nacional. Las mejoras y conclusiones que se obtuvieron como resultado podrán ser ampliadas posteriormente en otro estudio.

La figura 3.5 de la página 58, describe el macroproceso de Mantenimiento de equipos de procesamiento. Este proceso tiene como objetivo establecer los lineamientos, responsabilidades e instrucciones para realizar el mantenimiento

preventivo y correctivo de las máquinas en Procesamiento, desde la identificación de la máquina hasta mantener la entrega operativa.

Figura N° 3.5
Macroproceso de mantenimiento de equipos de procesamiento



Fuente: De la Organización

Para este proceso se usan herramientas como mantenimiento autónomo, a nivel básico (fase 0), mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, control de calidad, gestión de inventarios. También se utiliza el software EAM² MAXIMO de IBM, como herramienta informática de apoyo.

El inicio del proceso es la identificación de los activos en el sistema, para planificar los mantenimientos programados (preventivos y correctivos), y/o por reporte de

² EAM: Enterprise Asset Management, Gestión Corporativa de Activos

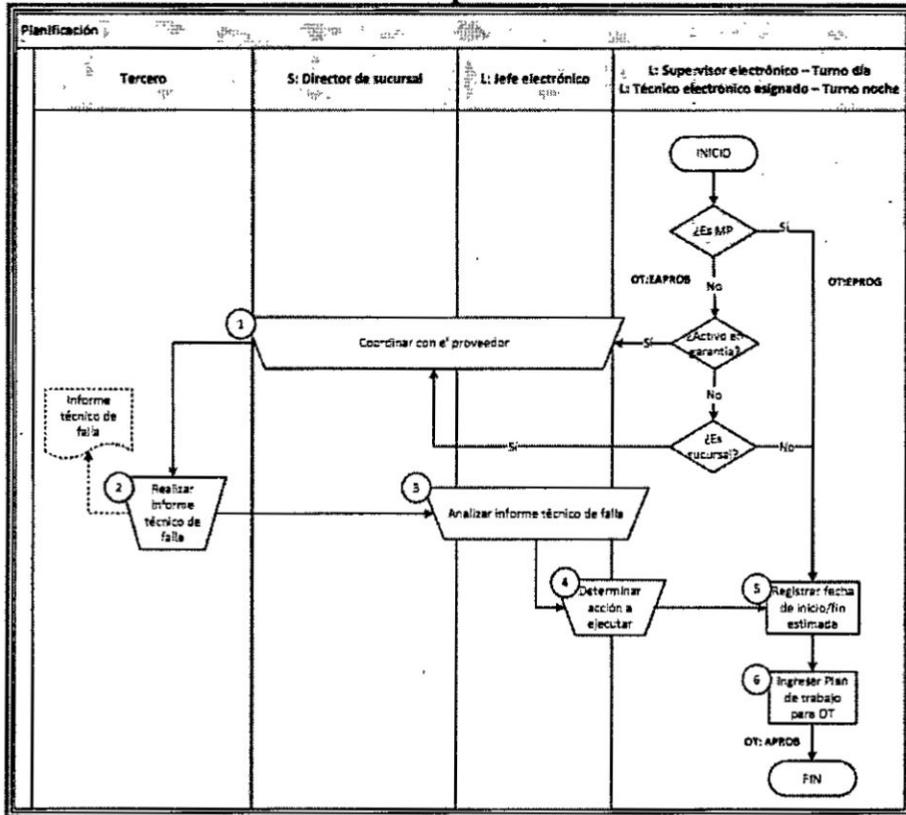
falla ocurrida en un activo a través de las solicitudes de servicio, para que un técnico especializado realice un diagnóstico del problema y determine la solución.

Como se puede observar en la figura 3.6 de la página 60, en este proceso se estiman las fechas de inicio/fin de ejecución, las actividades y los recursos (materiales, especialidades, mano de obra, servicios, herramientas) necesarios para ejecutar un trabajo de mantenimiento. La planificación abarca desde identificar el activo (si tiene garantía o es de sucursal) hasta el registro de las actividades a realizar y de los recursos necesarios para llevar a cabo la ejecución de una orden de trabajo.

El proceso de programación abarca desde la coordinación de la disponibilidad del activo hasta la asignación de mano de obra y creación de pedidos de servicio a empresas terceras, si es que la ejecución de la orden de trabajo lo amerita.

En la figura 3.7 de la página 61 pueden verse más detalles del proceso de programación.

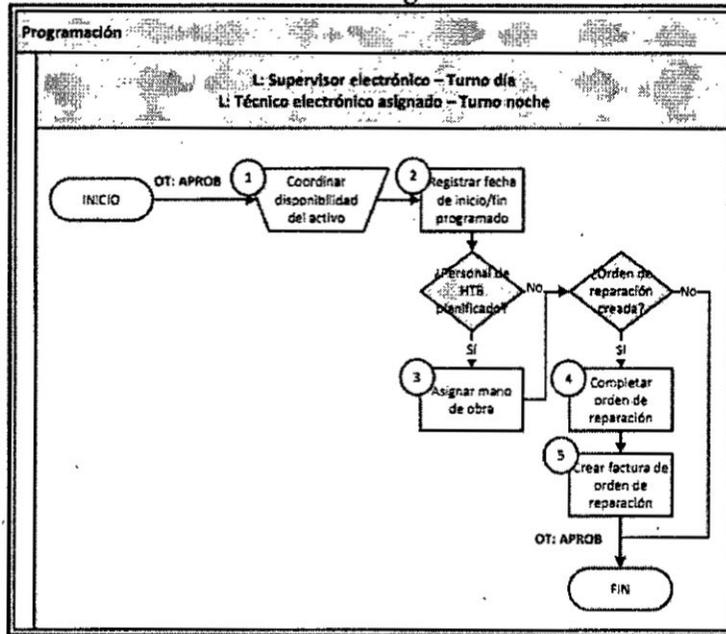
Figura N° 3.6
Proceso de planificación



Fuente: De la organización

El proceso de ejecución abarca desde la determinación del lugar en dónde se realizará el trabajo hasta el desarrollo del mismo y su respectiva verificación para determinar si el activo se encuentra operativo o si el trabajo se realizó de acuerdo a lo estipulado en la orden de servicio (para terceros).

Figura N° 3.7
Proceso de Programación



Fuente: De la organización

El proceso de solicitud de servicio abarca desde el registro o notificación de un evento ocurrido (en el cual se incluye información de la ubicación o del activo afectado, el usuario que notifica el problema y la prioridad de atención de ésta) hasta la asignación de recursos y diagnóstico del problema de darse el caso. Por otro lado, si la solicitud de servicio no puede ser resuelta en un primer instante, ésta generará una orden de trabajo, la misma que se atenderá como un mantenimiento correctivo programado.

El proceso de mantenimiento preventivo se encarga de planificar, registrar, informar y supervisar las actividades, ya sea en el lugar de operación (en la sala de billetes o monedas) o en un centro especializado (taller de mantenimiento). El proceso cubre desde la planificación del trabajo incluyendo definición de recursos

y frecuencia de ejecución, pasando por la programación, ejecución y documentación del trabajo realizado. El proceso finaliza con el cierre de la orden de trabajo y entrega del activo a operaciones.

El proceso del mantenimiento correctivo programado consiste en registrar y realizar actividades correctivas a un activo debido a fallas surgidas en éste, pero que no implica emergencia. Debido a que los trabajos no son urgentes, estos se planifican y se programan para ejecutarse en una fecha dada. Los mantenimientos correctivos pueden resultar de trabajos preventivos, de la generación de órdenes de trabajo correctivas o desde el registro de una solicitud de servicio.

En el mantenimiento correctivo, las órdenes de trabajo registradas se planifican, se programan, se ejecutan y se documentan para su posterior análisis. En la planificación, se determinan los recursos necesarios para ejecutar el trabajo correctivo, como mano de obra (el personal puede ser propio de la empresa o de terceros). Luego, se asigna la mano de obra especializada de acuerdo a la disponibilidad del recurso y se inicia la ejecución del trabajo correctivo. Cuando el trabajo es culminado, se registra la información de los recursos consumidos durante la ejecución y se cierra la orden de trabajo.

3.3 Determinación de problemas

En el sector al que pertenece la empresa del presente trabajo, participan dos competidores que prácticamente se dividen el mercado en una proporción de 50% para cada uno. Siendo la compañía en cuestión uno de esos competidores.

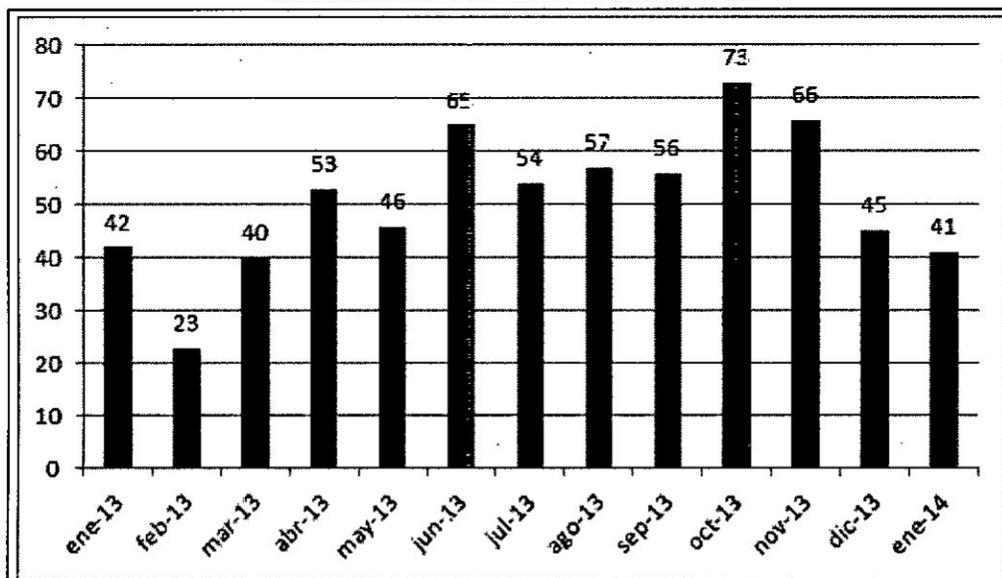
De manera general, la confianza y la seguridad en la empresa, serían imprescindibles para la contratación de un servicio para procesos de riesgo. La eficacia y tecnología de la empresa reforzarían su calidad.

La determinación de los problemas se centraron en el área de Mantenimiento (soporte), dado que influye en la efectividad del servicio prestado.

Calidad de Servicio – Reclamos Procesamiento

El levantamiento de los datos estadísticos del año 2013 revelan que en promedio hay 55 reclamos por mes, lo cual equivale a casi 2 reclamos por día. Ver Figura 3.8

Figura N° 3.8
Cantidad de reclamos Procesamiento



Fuente: De la Organización

El detalle de los reclamos por mes se indica en la Tabla 3.2 de la página 64, de la cual se concluyó que hay tres factores principales para que exista el reclamo: *máquina, mano de obra (cajeras) y material (billetes y monedas)*.

Con respecto al material (billetes y monedas), cabe mencionar que los billetes peruanos tienen características especiales en respecto a materia prima y acabados. Además, son muy sucios, es decir, tienen polvillo, grasa, sellos y firmas en la superficie. Por estos motivos, el tratamiento con máquinas automáticas o semiautomáticas es afecto a tener errores. Es un factor de mucha influencia, pero está fuera del control de la empresa en el presente trabajo.

Tabla N° 3.2
Detalle reclamos en Procesamiento

MOTIVO	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	TOTAL	%
Faltante de dinero en envío de remesa	13	5	16	17	14	20	8	17	20	20	12	12	9	183	27.63%
Dinero falso en remesa	9	3	7	7	13	10	14	19	11	22	23	16	14	168	25.42%
Ciente no conforme con acta de anomalía	4	3	6	13	7	12	8	4	6	8	10	2	3	86	13.03%
Dinero deteriorado en remesa	5	5	5	1	3	7	11	5	6	12	10	4	5	79	11.95%
Dinero suplantado en remesa	3			2	5	6	6	4	3	8	7	3	2	49	7.41%
Dinero deteriorado en ATM	3	1	3			1	3	3	2			3		20	3.03%
Sobriante de dinero en envío de remesa	2	2	1	2		3			1				1	13	1.97%
Billetes CBs			1	1	2	1	1	3	2	2				13	1.97%
Incidentes con remesa en custodia	1	2				4	1	2		1				11	1.68%
Dinero falso en ATM				3	2							2	3	10	1.51%
Remesa no corresponde a lo solicitado				5		1	1					1		8	1.21%
No se realizó el servicio de remesa	1	1	1	1						1			1	6	0.91%
Envío de monedas no corresponde a lo solicitado										4				4	0.61%
Ciente no conforme con el video	1	1					1							3	0.45%
Otros incidentes durante el servicio													2	2	0.30%
Error en el abono en cuenta de cliente												2		2	0.30%
Ciente no conforme con reporte de apertura												2		2	0.30%
Billetes no cuentan con tinta de seguridad				1										1	0.15%
Tardanza en abono a la cuenta de cliente												1		1	0.15%
	42	23	40	53	46	65	54	57	56	73	66	45	41	651	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

Vale la pena tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El diferente estado de deterioro de los billetes, dentro de unos límites de calidad tolerables, no tiene un impacto relevante en el rendimiento de las máquinas selectoras.
- La suciedad es la causa principal de los billetes clasificados como no aptos para la circulación.
- Las máquinas selectoras con sensores recién calibrados clasifican mayor número de billetes como no aptos para la circulación que las máquinas con sensores calibrados hacía más tiempo.
- Los resultados de la clasificación son sensibles a la posición en que se alimentan los billetes en las máquinas.

Indisponibilidad de máquinas

El área de Procesamiento cuenta con 147 máquinas para las operaciones, entre autenticadoras de billetes, clasificadores de billetes, contadoras de billetes, clasificadoras de monedas, contadoras de monedas, etc. Ver Tabla 3.3.

Tabla N° 3.3
Inventario de máquinas del área de Procesamiento

Cantidad de Máquinas Procesamiento		
Tipo de máquina	Marca	Total
⊖ Autenticadora de billetes	GLORY	77
⊖ Balanzas	Metler Toledo	3
⊖ Clasificadora de billetes	GLORY	13
	MAGNER	1
⊖ Clasificadora de monedas	GLORY-REIS	9
	REIS	4
⊖ Contadora de billetes	MAGNER	16
	TRUE TRUST	3
⊖ Contadora de monedas	SCAN COIN	15
⊖ Encartuchadora de monedas	GLORY	5
⊖ Homo Empacador	Covimac	1
Total general		147

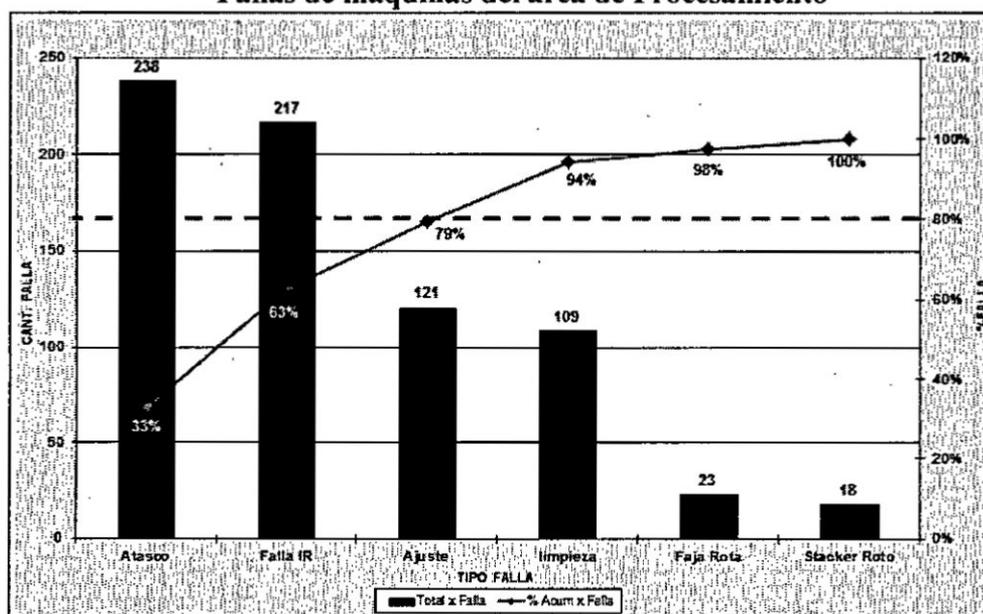
Fuente: de la Organización

Se define **indisponibilidad** como el estado de las máquinas no disponibles para realizar trabajos, ya sea por motivos programados o imprevistos.

Los motivos principales de fallas de las máquinas son: *atascos de billetes, fallas de sensores infrarrojos, ajustes, suciedad, faja rota, rotura de stacker (apilador)*, siendo las más recurrentes las tres primeras, como se muestra en la Figura 3.9, de acuerdo al histórico de los eventos del año 2013. En promedio ocurrieron 60 fallas por mes a lo largo del año.

Las máquinas de procesamiento de billetes son altamente sensibles al polvo, polvo metálico, residuos tóxicos, partículas microscópicas de grasa que se originan como consecuencia de proceso. La acumulación a lo largo del tiempo de estos residuos daña la mica de los sensores de la máquina.

Figura N° 3.9
Fallas de máquinas del área de Procesamiento



Fuente: de la Organización

Si bien es cierto que, en promedio, las máquinas están “indisponibles” sólo el 4% del total de horas disponibles para producción, la perspectiva cambia cuando las máquinas paradas son el cuello de botella del proceso. Este es el caso de las

clasificadoras y contadoras de billetes marca GLORY modelo UW-600, de las cuales sólo se poseen tres unidades.

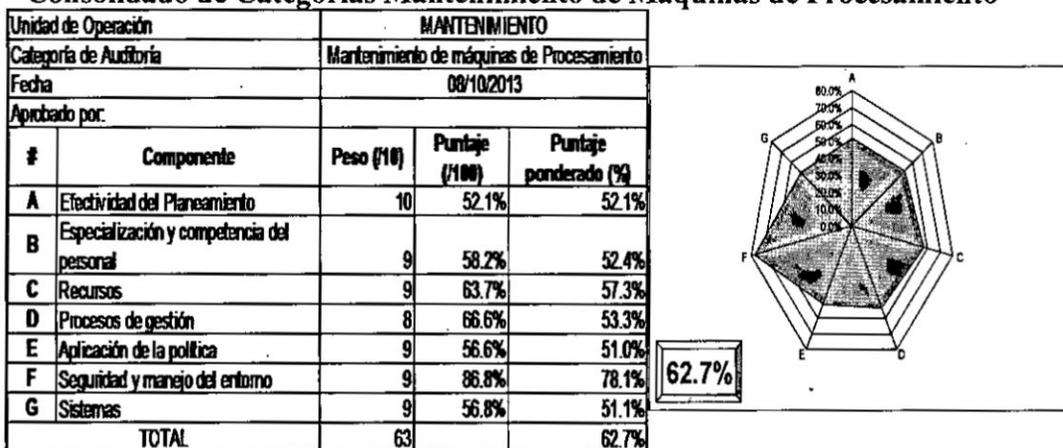
Componentes críticos en el área de Mantenimiento

Dentro del Área de Mantenimiento en el año 2013 se realizó una auditoría analizando el comportamiento de los diversos aspectos manejados: (a) efectividad del planeamiento, b) especialización y competencia del personal, (c) situación de los recursos disponibles, (d) procesos de gestión, (e) aplicación de la política actual, (f) seguridad y manejo del entorno, y (g) sistemas. Ver estudio detallado en Anexo 1.

Componentes críticos en el área de mantenimiento

Luego de haberse realizado el análisis de las siete categorías y verificar los componentes críticos en cada una de ellas, se procedió a realizar la consolidación de las categorías, la cual se presenta en la figura 3.10.

Figura 3.10
Consolidado de Categorías Mantenimiento de Máquinas de Procesamiento



Fuente: De la Organización

Se puede observar que las categorías *Aplicación de la política y Sistemas* son las categorías en las cuales debían de reforzar las actividades, con la finalidad de que se pueda obtener mejor rendimiento en el área de Mantenimiento, el cual tiene un impacto directo en la satisfacción y fidelidad del cliente externo.

3.4 Priorización de problemas

Se concluyó del acápite anterior, que el nivel de servicio percibido por el cliente se veía afectado por tres factores principales: **máquina, mano de obra y material**.

Se identificó que el factor material (billetes y monedas) es un factor externo. No se puede controlar el origen de los defectos. Sin embargo, sí se pueden tomar medidas que disminuyan el efecto en el proceso.

Respecto a la mano de obra (cajeras), el área de Producción no puede controlar por sí misma el problema de la alta rotación de personal. Sin embargo, sí se pueden tomar medidas que disminuyan el efecto de la falta de expertise de las nuevas contrataciones.

La veta más importante se encuentra en poder elevar el nivel de disponibilidad y confiabilidad de las máquinas procesadoras, para dar un mejor soporte a las actividades de procesamiento de billetes y monedas. Siguiendo la secuencia lógica, si se garantizaba que las máquinas estén disponibles y trabajando correctamente, los reclamos por demoras y defectos deberían disminuir.

3.5 Determinación de las causas de los principales problemas

A continuación se procedió a realizar el análisis de la problemática actual en la empresa. La existencia de defectos en el servicio en el procesamiento de billetes impacta en la calidad de servicio al cliente externo. Se identificaron las causas específicas utilizando la herramienta de causa-efecto.

Para el análisis causa-efecto se ha obtenido información del personal involucrado en el procesamiento de billetes, cuyos cargos son: cajera recontadora, cajera encarte, supervisora de sala, asistente de Calidad, monitor de sala, supervisor de Mantenimiento y jefe de Mantenimiento, los cuales pertenecen a las áreas de Producción y Mantenimiento. Se les preguntó: *¿Qué causas considera usted relevantes en el procesamiento de billetes que hacen que ofrezcamos una mala calidad de servicio a nuestros clientes externos?*

En el diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa, cada involucrado, según la tabla 3.4 de la página 70, presentó una percepción diferente al momento de clasificar las causas y sub-causas en una de las "M" (Maquina/Equipo, Material, Método y Mano de Obra).

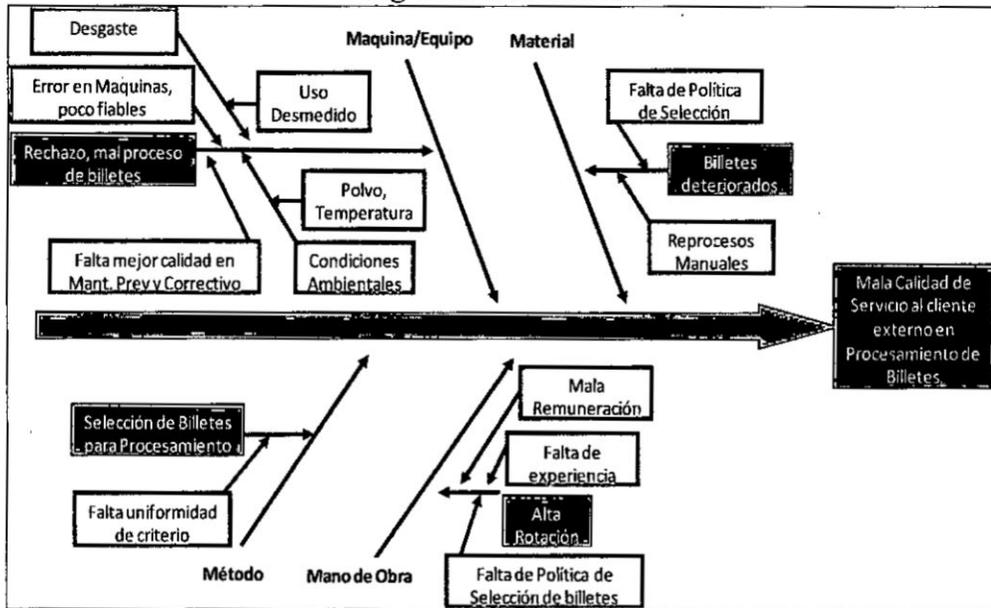
Tabla N° 3.4
Percepción de causas de defectos en el procesamiento de billetes

Área: Producción y Mantenimiento					
Cargo	Máquina Equipo	Mano de obra	Medio ambiente	Material	Detalles
Cajera recontadora	✓	✓		✓	<p>Mat: Billetes DT(Deteriorados) hacen que las máquinas se malogren (ensucien) a cada rato y hay que limpiar, por suciedad procesan mal y generan reprocesos manuales, lo que causa retraso en el cumplimiento (tiempo) y calidad del proceso.</p> <p>M.O, Máq: Mayor riesgo de calidad de reprocesos por cajeras nuevas, son inexpertas, están capacitadas pero falta alienar criterios para calidad de billeteaje. Alto índice de fallas en nivel de rechazo y clasificación.</p>
Cajera de encarte		✓			<p>M.O: No están bien remuneradas, algunas cajeras procesan los billetes "saltando" algunos procedimientos para producir más, ya que se paga por destajo. El riesgo es alto por reclamos de clientes en el mal proceso de billetes.</p>
Supervisora de sala	✓	✓	✓		<p>Maq: Alto índice de fallas en nivel de rechazo y clasificación.</p> <p>M.O: No están bien remuneradas, algunas cajeras procesan los billetes "saltando" algunos procedimientos para producir más, ya que se paga por destajo. El riesgo es alto por reclamos de clientes en el mal proceso de billetes.</p> <p>M.A: Falta de política uniforme para la selección de billetes en buen estado y separación de los billetes con mal estado.</p>
Asistente de calidad	✓	✓			<p>M.O: Las cajeras mutilan los billetes por mal uso de tijeras al cortar las cintas de fajo. También, las cajeras NO verifican los billetes sucios antes de ser colocados a la máquina.</p> <p>Máq: No se ajustan al requerimiento de sala.</p>
Monitor de sala	✓	✓			<p>Máq: Muchos errores en máquinas.</p> <p>M.O: Falta mayor participación y concientización de limpieza básica de las máquinas, así como el buen uso.</p>
Supervisor de mantenimiento	✓	✓			<p>Máq: Falta mejor atención y calidad en los Mantenimientos Preventivos y Mantenimientos Correctivos.</p> <p>M.O: Falta capacitación para mejorar la calidad de los trabajos de mantenimiento.</p>
Jefe de mantenimiento	✓	✓			<p>Máq: Máquinas son poco fiables, demasiados rechazos</p> <p>M.O: Mejora el know-how, falta mejor inducción a cajeras para el buen uso de las máquinas.</p>

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de encuesta

En base a lo obtenido en la tabla 3.4, se pudo realizar el diagrama causa-efecto según la figura 3.11 de la página 71.

Figura N° 3.11
Diagrama Causa-Efecto



Fuente: De la Organización

Luego de haber realizado el análisis de causa-efecto se coligió que todas las causas y sub-causas deben ser eliminados para dar solución al problema presentado, sin embargo se debía establecer criterios de acciones inmediatas y también a largo plazo por la complejidad que cada una presenta al desarrollar la estrategia de implementación.

A continuación se presentan los criterios que se asocian para las causas y sub-causas encontradas en el análisis de causa-efecto:

- **Influencia:** Grado de influencia que tiene la causa sobre el problema.
- **Probabilidad:** Frecuencia de ocurrencia de la causa.
- **Factibilidad:** Grado en que es posible actuar sobre la causa.

La puntuación establece que a mayor puntaje mayor influencia sobre la causa, mayor probabilidad que la causa ocurra y mayor posibilidad de solucionar o generar un plan de acción de mejora sobre el problema.

Cada uno de los criterios se calificó en una escala del 1 al 5. Luego los valores fueron acumulados hasta llegar al puntaje total de la causa-raíz, lo cual sirvió para priorizar causas.

En la tabla 3.5 se muestra el resultado final de dicha puntuación, la cual refleja que la falta de una política uniforme para la selección de billetes por parte de las cajas es la primera causa a atacar, debido a que no hay un solo criterio al momento de la determinación de cuáles billetes se deben de procesar y cuáles billetes no.

Tabla N° 3.5
Priorización de atención de causas que afectan al problema central

VARIABLE	CAUSA	SUB-CAUSA	Influencia	Probabilidad	Factibilidad	Puntaje	Prioridad
Maquina/Equipo	Rechazo, mal proceso de billetes	Error en maquinas poco fiables	4	3	2	9	5
		Falta mejor calidad en Mant. Prev. y Correctivo	4	2	4	10	4
		Desgaste	3	3	3	9	5
		Condiciones ambientales	4	3	2	9	5
Material	Billetes deteriorados	Falta de política de selección	5	4	3	12	3
		Reprocesos manuales	4	4	4	12	3
Metodo	Selección de billetes para el procesamiento	Falta de uniformidad de criterio	4	4	5	13	2
Mano de Obra	Alta rotación	Mala remuneración	4	4	4	12	3
		Falta de experiencia	5	4	4	13	2
		Falta de política de selección de billetes	5	4	5	14	1

Fuente: Elaboración propia

Otra causa relevante al problema fue la falta de experiencia de las cajeras. Debido a la alta rotación que existe en ese puesto, no se llega al nivel expertise adecuado. El tiempo promedio de permanencia en el puesto es de un año.

Del análisis efectuado de los procesos del área de Mantenimiento de la empresa, un factor detectado es la operatividad de las máquinas críticas para el procesamiento. No se cuenta con un registro de tiempos de operatividad de las máquinas para poder programar los mantenimientos preventivos.

Y por último, la calidad de los billetes recibidos para procesar es un factor externo que la empresa no puede controlar pero sí se podía ejecutar el servicio de clasificación, en base al filtro realizado por el personal del área de Procesamiento. Para ejecutar bien la clasificación se requiere de una uniformidad de criterios, la cual se debe de definir y difundir dentro del área para evitar reprocesos manuales y tiempo muerto, pero esto no es parte del presente Informe técnico.

Asimismo, han habido eventos en los que los mantenimientos no han sido ejecutados correctamente, por errores de factor humano. No es muy frecuente, pero los entrevistados lo mencionaron para tener este tema mapeado.

Después de haber realizado el análisis de la situación actual de la gestión en los procesos de mantenimiento, se desprendió los factores críticos que afectan directamente la calidad de servicio ofrecido al cliente externo de la empresa, dichos

factores son: *error en máquinas poco fiables, falta de mejora de calidad en mantenimiento preventivo y correctivo, sobrecarga de trabajo para equipo crítico, entre otros*, por tanto, en el siguiente capítulo se presenta la evaluación y resultados obtenidos que permitieron mejorar el proceso con la finalidad de mejorar la calidad de servicio y diferenciación respecto a la competencia en el mercado.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MEJORAS

En este capítulo se evalúan y obtienen los resultados a la situación descrita en el capítulo anterior, en los procesos de mantenimiento.

4.1 Mejoras de procesos en Mantenimiento

4.1.1 Implementación del Mantenimiento Autónomo

En la empresa del presente trabajo, el personal del área de Mantenimiento suele atribuir los problemas a las prácticas deficientes de los operarios de máquinas del área de Procesamiento de billetes, los que a su vez señalan que el área de Mantenimiento no cuenta con un plan adecuado para realizar los mantenimientos idóneos que las máquinas deben de recibir. Estos comportamientos han llevado a que no se promueva la necesidad de que el operario perteneciente al área de Procesamiento de billetes pueda conocer a profundidad la máquina manipulada por éste día a día. Sin dicho conocimiento difícilmente podían contribuir a identificar los problemas potenciales de los equipos. En estas circunstancias, se propuso la implementación del Mantenimiento Autónomo, un pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM), para transformar radicalmente la forma de actuar de las personas con el equipo que operan.

El término “autónomo” puede llegar a ser confuso porque significa “independiente”. Sin embargo todos los operadores del área de Procesamiento

de billetes todavía dependen mucho del área de Mantenimiento para situaciones más complejas. El Mantenimiento Autónomo significa que los operadores ejecuten ciertas actividades de Mantenimiento las cuales deberán de estar estrechamente alineadas a la operación diaria del equipo.

Capacitación y entrenamiento

Era necesaria la formación del personal para lograr que sean competitivos en el manejo de los equipos, estimular el autodesarrollo personal, desarrollar el recurso humano que pueda satisfacer de alguna manera las necesidades de trabajo futuras, estimular la formación de los colaboradores.

Para la capacitación y entrenamiento del personal operario, se planteó cuatro niveles de capacidades:

- **Nivel 1:** Falto de conocimiento teórico y habilidad práctica (tiene que aprender).
- **Nivel 2:** Conoce la teoría pero no la práctica (necesita entrenamiento).
- **Nivel 3:** Tiene conocimiento práctico pero no teórica (no puede enseñar a otros).
- **Nivel 4:** Tiene conocimiento teórico y práctica (puede enseñar a otros).

Para la evaluación del personal perteneciente al área de Procesamiento de billetes, los cuales operan diariamente las máquinas procesadoras, se planteó el uso de la Tabla 4.1 de la página 77, para determinar qué nivel de capacidad

presentaba el personal en cuanto al conocimiento y operatividad de las máquinas procesadoras.

Tabla N° 4.1
Tabla de evaluación de capacidades para el personal del área de
Procesamiento de billetes

CLASIFICACIÓN DE CAPACIDADES	CONCEPTO DE CONOCIMIENTO/CAPACIDAD	OPERARIO			
		Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4
BÁSICO	CONOCIMIENTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA				
	USO/CONOCIMIENTOS DE PERNOS Y TUERCAS.				
	USO/CONOCIMIENTOS DE HERRAMIENTAS				
	USO/CONOCIMIENTO DE LLAVES				
CAPACIDADES DE TALLER	USO/CONOCIMIENTOS DE CREMALLERAS, ENORNAJES Y PIÑONES				
	HABILIDAD PARA EVALUAR Y ACTUAR CONTRA FALLOS INESPERADOS				
LUBRICACIÓN	CONOCIMIENTOS DE LUBRICACIÓN				
FUNDAMENTOS	CONOCIMIENTOS DE MATERIALES Y SUS APLICACIONES				
	USO/CONOCIMIENTO DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA.				
OTROS	USO/CONOCIMIENTO DE MOTORES Y TRANSMISIONES				
	USO/CONOCIMIENTO DE FAJAS TRANSPORTADORAS				
CONSUMIBLES	USO/CONOCIMIENTOS DE RODAMIENTOS				
	USO/CONOCIMIENTOS DE SOLVENTES DIELECTRICOS				
	USO/CONOCIMIENTOS DE PAÑOS INDUSTRIALES BIODEGRADABLES				
SEGURIDAD	CONOCIMIENTO Y ATENCIÓN A LA SEGURIDAD				
	CONOCIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGO				
	CONOCIMIENTO Y USO ADECUADO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.				

Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento Autónomo y cultura corporativa

El Mantenimiento Autónomo es una de las características innovadoras del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Se tarda tres años aproximadamente para cambiar la cultura corporativa. Los operadores que están acostumbrados a pensar "yo opero, tú arreglas" tendrán dificultades para aprender "yo soy responsable de mi propio equipo". Todos los empleados deben estar de acuerdo en que los operarios del área de Procesamiento de billetes son

responsables del mantenimiento de su equipo, para lo cual los mismos operadores deben ser adiestrados según las exigencias del programa de Mantenimiento Autónomo.

Para la aplicación del Mantenimiento Autónomo, se requiere la formación del personal en la metodología, esta etapa es la más difícil y la que requiere de mucho tiempo para que tanto el personal del área de Mantenimiento como del área de Procesamiento de billetes rompan con su esquema en cuanto a la forma habitual de trabajo.

Lo que se busca con la aplicación del Mantenimiento Autónomo dentro del área de Procesamiento de billetes no es que todos los operadores sean técnicos especializados, pero sí especialistas de su propia máquina; además de reducir las causas de parada de máquinas, corrosión, tiempos perdidos y defectos en la calidad del servicio ofrecido al cliente externo.

Para la aplicación del Mantenimiento Autónomo, se debe aplicar la cultura de las 5s ya que la misma se encuentra dentro de los siete pasos de su aplicación, como se señala a continuación en la tabla 4.2 de la página 79.

Tabla N° 4.2
Pasos del Mantenimiento Autónomo

PASOS	CONCEPTO
Primer Paso: Limpieza inicial	limpieza de máquinas, optima lubricacion e inspeccion de pernos ajustados.
Segundo paso: Señalar causas y efectos de la basura y el polvo	El operador de la maquina debe realizar un análisis de las causas de la generación de suciedad, desorden y desajustes.
Tercer paso: Estándares de limpieza y lubricación	Se realiza la conformación de un comité de Mantenimiento Productivo total (TPM), el cual propone los estándares para un eficiente trabajo de mantenimiento básico para prevenir el deterioro. Dentro de este tercer paso está inmerso el método de trabajo de las 5's, el cual presenta su enfoque en la limpieza y el orden de las cosas, el respeto y aplicación de las políticas y disciplinas de la organización.
Cuarto paso: Inspección general	Con la capacitacion impartida a los operarios de las maquinas, se realizan los ensayos de deteccion de modos de falla.
Quinto paso: Inspección autonoma	Se desarrollan en esta etapa listas de chequeo para realizar la inspeccion autonoma, aquí se mejora lo definido en el tercer paso.
Sexto paso: Organizacion y ordenamiento	La administracion de la empresa evaluan a los operarios de las maquinas y clarifican sus responsabilidades para la implantacion del mantenimiento autonomo.
Setimo paso: Termino de la Implantacion del Mantenimiento Aytonomo	Se consigue especializacion , habilidad y destreza de los operarios de las maquinas, generan su propio trabajo y mejoran el rendimiento del equipo.

Fuente: Elaboración propia

Para la empresa se propuso la implementación del primer paso del mantenimiento autónomo, el cual trata de la constante capacitación a los operadores de las maquinas clasificadoras de billetes de modelo UW600 y encartuchadoras de monedas, para que realicen por si mismos la limpieza de las máquinas, lubricación e inspección de pernos ajustados. Con la cual se

esperaba alcanzar las condiciones básicas de los equipos y prolongar la vida útil de las mismas.

La implementación de dicha propuesta tomó un tiempo de ejecución de aproximadamente 4 meses y medio, debido a que el tiempo aproximado de la ejecución del mantenimiento autónomo en total dura tres años aproximadamente para todos los pasos.

La limpieza mencionada en el primer paso del mantenimiento autónomo consiste en la remoción de la suciedad, polvo, grasa, aceite y otros componentes que se adhieren a las máquinas. Con esta acción se pueden detectar fallas ocultas en el equipo, y tal como se analizó en la figura 3.4 del Capítulo 3, la suciedad es uno de los factores de falla en las máquinas.

Como toda implementación lleva consigo un cambio en la metodología de trabajo, la capacitación a los operarios de las máquinas se realizó de manera gradual. Se propició la cultura de relación directa operador-equipos, e identificaron la importancia de la limpieza como inspección y por último resuelven mantener limpio su equipo, lo que conlleva a nuevos replanteos de realizar la limpieza de los equipos de manera más eficiente y práctica.

La limpieza inadecuada de los equipos origina efectos nocivos en la misma, a través de los fallos en los equipos, pérdidas de precisión, atasco de billetes por suciedad, resistencia por fricción, fallos eléctricos, entre otros.

La actividad inicial es la inspección de la máquina utilizando todos los sentidos, la cual tiene por finalidad detectar anomalías en el equipo y áreas

colindantes de trabajo. Descubiertas las anomalías se realiza el mantenimiento de la maquina según lineamientos establecidos por el Comité de Mantenimiento Productivo Total, según la falla presentada.

En base a la limpieza inicial que realizan los operadores de las máquinas se debían generar estándares provisionales de limpieza, y a través de la experiencia, dichos estándares se pueden redefinir para obtener mayor eficiencia en la operación de mantenimiento autónomo.

Dentro del desarrollo del mantenimiento autónomo está inmerso las herramientas de apoyo de las 5's, las cuales la empresa ya viene trabajando desde el año 2010, por lo tanto, como ya está implementada dicha cultura que conlleva al orden, limpieza, estandarización y disciplina constante, se esperaba que el piloto para la ejecución del primer paso del mantenimiento autónomo se realice en menos de seis meses.

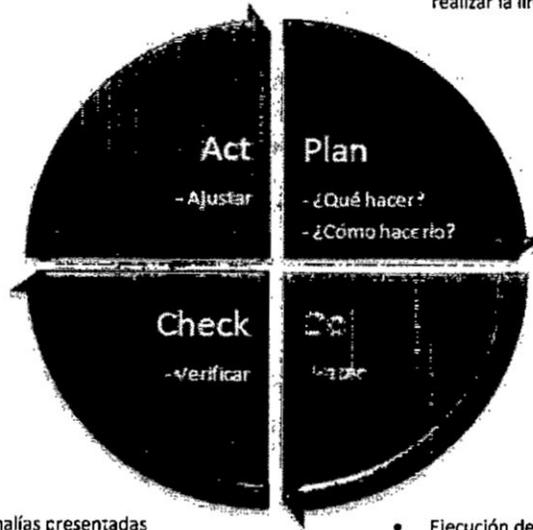
Para la aplicación de la mejora continua en el primer paso: limpieza inicial, se ejecutó el ciclo de Deming, de acuerdo a la figura 4.1 de la página 82.

Realizando dicha secuencia se produce constantemente la especialización de los operadores para el manejo óptimo de las máquinas que tienen a su cargo, lo que continuará dando como resultado la prolongación de la vida útil de los equipos, disminución de parada de máquinas y mayor productividad y eficiente atención al cliente externo.

Figura N° 4.1
Ciclo de Deming aplicado al primer paso del Mantenimiento autónomo en la empresa de estudio

- Rediseño del estándar de limpieza a través de la experiencia adquirida por los operarios.
- Mayor eficiencia y especialización.

- Listar operarios que realizaran mantenimiento autónomo.
- Capacitación.
- Definir costos y tiempo a invertir.
- Definir tareas y actividades para realizar la limpieza inicial.



- Anotar anomalías presentadas en las máquinas, detectadas a través de los sentidos.
- Eliminación de suciedad a través del polvo, grasa, entre otros componentes.

- Ejecución de la limpieza inicial.
- Respetar los tiempos definidos en el estándar de limpieza.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Implementación de Lean Maintenance

Se usó la herramienta Value Stream Map, que es un método de la gestión lean, para analizar el estado actual del proceso de mantenimiento.

En la Tabla 4.3 de la página 83, identificamos tanto las actividades que añaden valor al cliente como las que no añaden valor. La representación gráfica se aprecia en la Figura 4.2 de la página 84.

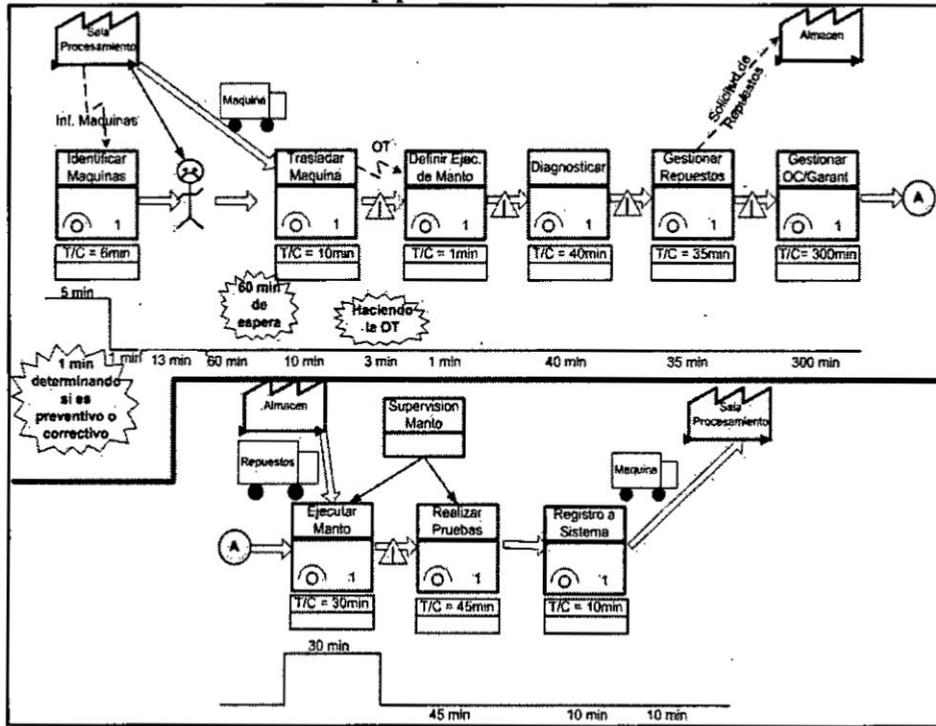
Sólo el 6% del tiempo se realizan actividades que suman valor. Por lo que se decidió trabajar con las actividades que no agregan valor en mayor proporción: (a) espera para liberación de máquina, (b) gestionar orden de compra o garantía, y (c) realizar pruebas después del mantenimiento.

Tabla N° 4.3
Actividades del proceso de Mantenimiento

N°	ACTIVIDAD	min	TIPO DE ACTIVIDAD*	TIPO DE DESPERDICIO**
1	Identificación de la máquina según plan de mantenimiento (por sistema o por aviso d cliente)	6	AV	
2	Definir si mantto es correctivo o preventivo	1	NAV	ESPERA
3	Desplazamiento del personal de mantto hacia la sala de procesamiento	13	NAV	MOVIMIENTO
4	Espera para liberación de máquina		NAV	ESPERA
5	Traslado de Máquina al Taller de mantto	10	NAV	MOVIMIENTO
6	Generar OT para el mantto	3	NAV	ESPERA
7	Definir ejecutor del mantenimiento	1	NAV	ESPERA
8	Diagnosticar	40	NAV	ESPERA
9	Gestionar despacho de respuestos con almacén	35	NAV	ESPERA
10	Gestionar OC o garantía		NAV	ESPERA
11	Ejecución del mantto	30	AV	
12	Realizar pruebas		NAV	ESPERA
13	Traslado de máquina a sala	10	NAV	MOVIMIENTO
14	Registro en el sistema de mantto	10	NAV	ESPERA
Total		663		
AV		35		
% AV		6%		

Fuente: Elaboración propia (AV: Agrega valor, NAV: No agrega valor)

Figura N° 4.2
Value stream map proceso de Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Las acciones que fueron sugeridas para disminuir los tiempos que no añaden valor son:

Para disminuir tiempo de espera para liberación de máquina: Todas las máquinas contaban con back up, excepto las máquinas críticas GLORY UW-600 (3 unidades operativas). Con la finalidad de asegurar la continuidad de la producción y la disponibilidad de los activos, la empresa consideró adquirir una máquina nueva para este modelo, de acuerdo al análisis de gestión de activos que se detalla en el capítulo 4.1.4. A la máquina reemplazada se le realizaría un overhaul. Se estimó que esta medida podía disminuir el tiempo

de espera a 20 minutos (tiempo estimado para terminar de trabajar ladrillos que se encuentran en proceso). Ver Anexo 7 Análisis de criticidad de equipos.

Para disminuir tiempo de gestión de orden de compra o garantía: Se propuso hacer acuerdos con los proveedores de repuestos críticos para atender las necesidades de repuestos sin necesidad de contar con órdenes de compra, pero con los vistos correspondientes del jefe de Mantenimiento y del subgerente de Mantenimiento. Se acordó con el área de Compras, que los repuestos atendidos serían facturados a fin de mes. Para proceder al pago, sólo se necesita el V°B° de la gerencia de Servicios Compartidos. Ver lista de repuestos críticos en Anexo 2.

Con estas acciones se disminuyó el tiempo de gestión a 150 minutos, se disminuyó el tiempo de máquina parada y se redujo el impacto de la indisponibilidad para el área de Producción.

Para disminuir tiempo de realizar pruebas: Se propuso realizar pruebas básicas para validar la eficacia del mantenimiento realizado y finalizar las pruebas necesarias cuando la máquina sea devuelta al área de Procesamiento.

El tiempo de pruebas se redujo a 15 minutos.

Se ha visto conveniente agregar una actividad al final del proceso de Mantenimiento: la conformidad del cliente interno (área de Procesamiento). La máquina es devuelta a la sala de Procesamiento y se realizan las pruebas finales in-situ. Si los resultados son conformes, el cliente da su conformidad.

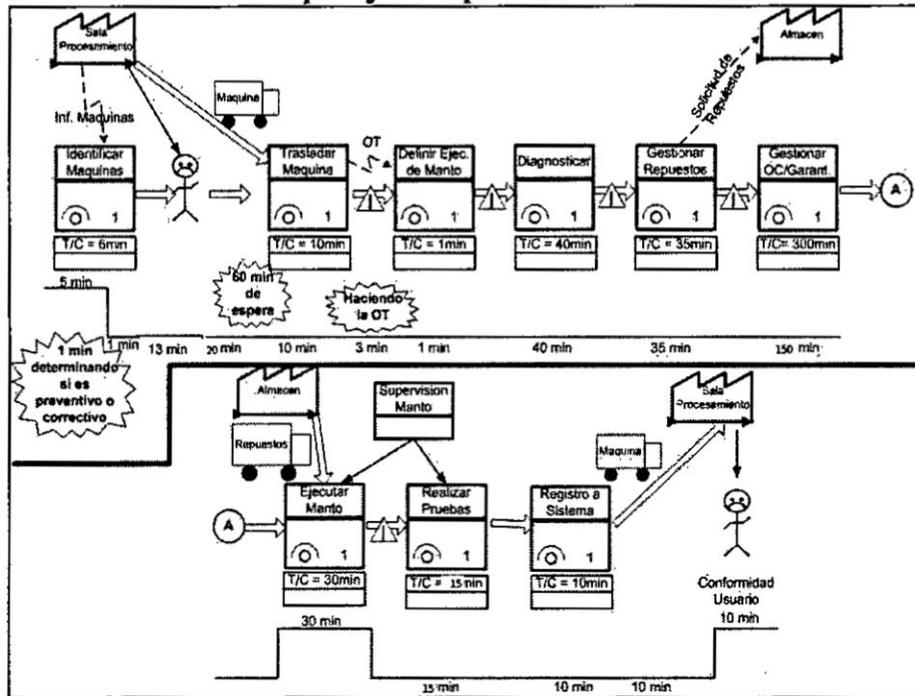
Con las propuestas hechas se logró disminuir en un 40% el tiempo total del proceso y los tiempos que agregan valor aumentan a un 13%. Ver Figura 4.3 de la página 87 y Tabla 4.4

Tabla N° 4.4
Actividades del proceso mejorado de Mantenimiento

N°	ACTIVIDAD	min	TIPO DE ACTIVIDAD*	TIPO DE DESPERDICIO**
1	Identificación de la máquina según plan de mantenimiento (por sistema o por aviso d cliente)	5	AV	
2	Definir si mantto es correctivo o preventivo	1	NAV	ESPERA
3	Desplazamiento del personal de mantto hacia la sala de procesamiento	13	NAV	MOVIMIENTO
4	Espera para liberación de máquina		NAV	ESPERA
5	Traslado de Máquina al Taller de mantto	10	NAV	MOVIMIENTO
6	Generar OT para el mantto	3	NAV	ESPERA
7	Definir ejecutor del mantenimiento	1	NAV	ESPERA
8	Diagnosticar	40	NAV	ESPERA
9	Gestionar despacho de respuestos con almacén	35	NAV	ESPERA
10	Gestionar OC o garantía		NAV	ESPERA
11	Ejecución del mantto	30	AV	
12	Realizar pruebas		NAV	ESPERA
13	Traslado de máquina a sala	10	NAV	MOVIMIENTO
14	Registro en el sistema de mantto	10	NAV	ESPERA
15	Conformidad del usuario	10	AV	
Total		248		
AV		45		
% AV		13%		

Fuente: Elaboración propia (AV: Agrega valor, NAV: No agrega valor)

Figura N° 4.3
Value stream map mejorado proceso de Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Mejora en gestión del recurso humano

Se realizó un estudio de la carga laboral de los técnicos de Mantenimiento, tomando en cuenta la información existente en la empresa antes de hacer el estudio, la cual se muestra en la tabla 4.5 de la página 88 y las tablas 4.6 y 4.7 de la página 89.

Se considera que por cada intervención por mantenimiento de máquina (preventivo o correctivo), existen dos actividades fijas de una duración de 10 minutos cada una: registro de actividad y transporte de máquina. Se toman en cuenta los factores de vacaciones (10%), suplementos (16%) y muda (1.5 horas)

Además se trabaja con el peor escenario, es decir considerando que todos los días se realizan mantenimientos correctivos a 5 máquinas y que cada corrección dura 7 horas (datos históricos de la empresa).

El estudio teórico indica que se necesitan 90.30 horas-hombre diarias. Si el turno laborable es de 8 horas diarias, se requieren 11 técnicos de mantenimiento. Ver cálculos en Anexo 9, Cálculo de mano de obra necesaria para el área de Mantenimiento.

En primera instancia, la empresa decidió aumentar el headcount de técnicos de 5 a 7 personas.

Esta decisión buscó distribuir uniformemente la carga operativa, reducir el backlog, no saturar al personal y mejorar el clima laboral.

Tabla N° 4.5
Frecuencia de intervenciones de Mantenimiento por tipo de máquina de Procesamiento

Nº	TIPO DE MÁQUINA	INSPECCIÓN	MITTO B	AJUSTE	CALIBRACIÓN
1	Autenticadora	Quincenal	3 meses	Quincenal	-----
2	Clasificadora	Diaria		-----	-----
3	Contadora de billetes por fricción (Lomeadora)	-----	Mensual	De ser necesario	-----
4	Contadora de billetes por succión (Verificadora)	-----	Mensual	De ser necesario	-----
5	Encartuchadora de monedas	-----	Semestral	Semestral	-----
6	Clasificadora de monedas	-----	Mensual	De ser necesario	-----
7	Contadora de monedas	-----	Mensual	De ser necesario	-----
8	Balanza	-----	-----	-----	Anual
9	Horno Empacador	-----	Semestral	-----	-----
10	VHS	Quincenal	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia con datos de la organización

Tabla N° 4.6
Duración de intervenciones de Mantenimiento por tipo de máquina de Procesamiento

H-H	INSPECCIÓN		AJUSTE		MANTO *B*	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Autentic Billetes GFS-120	1hora		1/2hora		11/2hora	
Clasific. Billetes USF-51	11/2hora		1/2hora		2horas	
Clasific Billetes USF-100	1/2hora		1/2hora		4horas	
Clasific. Billetes UW-600	3/4hora		1/2hora		4horas	
Cont. Billetes por succión (verificadora)	3/4hora		1/2hora		11/4hora	
Encart de monedas WS-21	1hora		1/2hora		2horas	
Encartuchadora de monedas WR-400/500	2h		1/2hora		5horas	
Clasific de Monedas REIS	1hora		1/2hora		3horas	
Contad. Monedas SC-3003	11/2hora		1/2hora		3horas	
Contad. Monedas CDM	1/2hora		1/2hora		11/2hora	
Sist. Horno empacador	1hora		1/2hora		5horas	

Fuente: Elaboración propia con datos de la organización

Tabla N° 4.7
Inventario de máquinas

N°	Tipo de Máquina	Modelo de Máquina	N° Maq
1	Autenticadora	Autentic Billetes GFS-120	76
2	Clasificadora	Clasific. Billetes USF-51	4
		Clasific Billetes USF-100	6
		Clasific. Billetes UW-600	3
		Cont. Billetes por succión (verificadora)	18
4	Encartuchadora de monedas	Encart de monedas WS-21	1
		Encartuchadora de monedas WR-400/500	6
5	Clasificadora de monedas	Clasific de Monedas REIS	13
6	Contadora de monedas	Contad. Monedas SC-3003	14
		Contad. Monedas CDM	1
7	Horno empacador	Sist. Horno empacador	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la organización

4.1.4 Implementación de política de Gestión de activos

La empresa gestiona los activos en máquinas de procesamiento para la renovación, solamente por la información del área contable, basado en valores de depreciación al valor presente neto (VPN). En algunas ocasiones consideraba la información del área de Mantenimiento respecto al estado real

y costo acumulado de las máquinas, e información del usuario (Producción). Por tanto, no existía una política definida para la renovación de activos en máquinas de Procesamiento de billetes/monedas. Ver figura 4.4

Figura N° 4.4
Gestión de activos



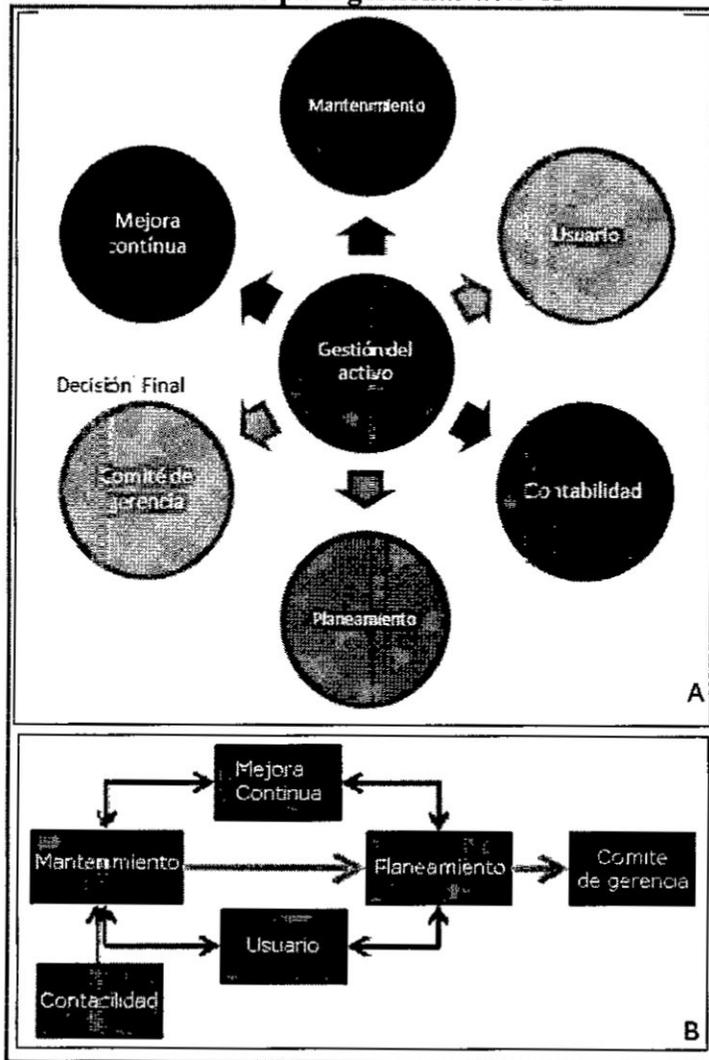
Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa

A continuación se propuso una política para la renovación de los activos de Procesamiento de billetes y monedas. En primer lugar se identifican a los actores, que son los interesados dentro de la empresa, basada en coordinaciones de años anteriores, que requieren y utilizan la información existente para revisión anual del presupuesto. Además, se ha considerado también la importancia del rol de cada uno de ellos.

En la figura 4.5 de la página 91 se presenta un esquema de modelo sugerido, que espera direccionar una secuencia que involucra a diferentes áreas de la

empresa, con un claro entendimiento de una disciplina holística para el proceso de gestión de activos.

Figura N° 4.5
Actores para gestionar activos



Fuente: Elaboración Propia

Mejora continua, contribuye con el análisis y estudio de productividad y capacidad instalada de los procesos que involucren a las máquinas de Procesamiento de billetes/monedas, obteniendo incluso la eficiencia de las máquinas respecto a las funcionalidades operativas, tiempos empleados por

las máquinas según el tipo de proceso³ y registro de máquinas más utilizadas para los procesos de producción.

Usuario, El área de Producción contribuye con la información de máquinas con mejor rendimiento respecto a las funcionalidades operativas⁴, registro de máquinas más utilizadas.

Contabilidad, El área contable entrega la información actualizada y fiable de los valores de activos en libros contables, estado financiero de los gastos acumulados e inventario de activos.

Planeamiento Operativo, Centraliza y lidera el equipo de trabajo para sustentar la inversión en renovación de máquinas. Considera la viabilidad con el presupuesto anual y las expectativas de crecimiento de la unidad de negocio.

Mantenimiento, Gestor principal y contribuye con información más detallada del estado de los activos, elaboración de matriz de criterio para renovación⁵ y el registro actualizado del documento, registro de contadores de piezas procesadas, monitoreo del desgaste de máquinas, estado de operatividad, costo acumulado del mantenimiento por cada activo, histórico de fallas de activos con más fallas, análisis de activos en que puede ser

³Se refiere a los procesos de clasificación, depuración, encarado de billetes, conteo, autenticación, verificación, etc.

⁴ Específicamente para Máquinas de clasificación (billetes/monedas) y encartuchado de monedas, donde el rendimiento es diferenciado según tipo de denominación que es procesado.

⁵ En común acuerdo con las diferentes áreas involucradas en la propuesta de la *política de renovación de activos*

ejecutado el Overhaul antes de ser renovados y otro tipo de información según sea necesario.

Comité de gerencia, El comité de gerencia es quien aprueba en su totalidad o parcialmente la propuesta de renovación de máquinas. Posteriormente se comunica a Planeamiento Operativo para la ejecución por las áreas responsables.

En la tabla 4.8 puede observarse el rol principal de cada actor en la propuesta de gestión de activos con las áreas involucradas.

Tabla N° 4.8
Roles de los actores en la gestión de activos

Plan de Gestión de activos		
Fecha: 27/06/14 Versión: 1		
Stakeholders Claves	Area	Decisiones claves a gestionar
Comité de Gerencia	Comité de Gerencia	Decisión final de renovación de máquinas
Sub-gerente de Planeamiento	Gerencia de Procesos de Negocio	Elabora informe final consensuado y sustenta ante comité de gerencia
Sub-gerente de mejora continua	Gerencia de Procesos de Negocio	Ejecuta conformidad de informe presentado por Mantenimiento, verificando datos de producción de los activos en operación
Jefe de Electrónica	Sub-gerencia de Mantenimiento	Elabora informe de acuerdo a la tabla de criterios definida
Usuario (Sub-gerente de Procesamiento)	Gerencia de Operaciones	Ejecuta conformidad de informe presentado por Mantenimiento, verificando datos de producción de los activos en operación
Jefe de contabilidad	Gerencia de Finanzas	Pone a disponibilidad datos actualizados de los activos: depreciación, gastos de activos.

Fuente: Elaboración Propia

Propuesta de Matriz de criterio para renovación

Se propuso una matriz para los diferentes tipos de máquina en la empresa, se ha considerado varios aspectos, entre ellos: Financiero, Operación y Producción.

Obsoleto: Cuando un activo ya no es producido por el fabricante y no hay continuidad de soporte y/o suministro por parte del tercero.

Antigüedad: Los activos tienen un tiempo de vida estimado por los fabricantes, bajo ciertas condiciones de operación y mantenimiento. Sin embargo, la carga operativa por el área de Producción de la empresa es determinante para redefinir el tiempo de vida para cada uno de los activos. Los valores propuestos también consideran los históricos de anteriores activos que fueron renovados.

Utilización: Es referido al valor de las piezas procesadas por el activo durante el ciclo de vida, desde el inicio de operaciones para producción⁶.

Costo: El costo acumulado durante el ciclo de vida por el activo. Considera costo operativo y de mantenimiento.

En la tabla 4.9 de la página 95 puede verse la matriz propuesta.

⁶ Sólo aplica a los activos que es posible "extraer" la información del contador de piezas procesadas.

Tabla N° 4.9
Matriz de evaluación para renovación de activos

Clasificación	Tipo de Máquina	Valor
O (Obsoleto)	Para todas las máquinas	<ul style="list-style-type: none"> • Si no hay continuidad de suministro de repuestos en el mercado. • La máquina dejó de fabricarse
A (Antigüedad)	Máquina clasificadora de monedas GLORY 3320	3 años
	Máquina encartuchadora monedas WS-21	3 años
	Máquina encartuchadora monedas WR-400	5 años
	Máquina encartuchadora monedas WR-500	8 años
	Máquina recontadora monedas SC-3003	5 años
	Máquina clasificadora de Billetes GLORY USF-100	3 años
	Máquina verificadora VC-525	2 años
U (Utilización)	Máquina autenticadora GFS-120	50 Millones pzas procesados
	Máquina clasificadora de billetes GLORY UW-600	290 Millones pzas procesados
C (Costo)	Para todas las máquinas	Costo \geq 60% al costo del activo

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa

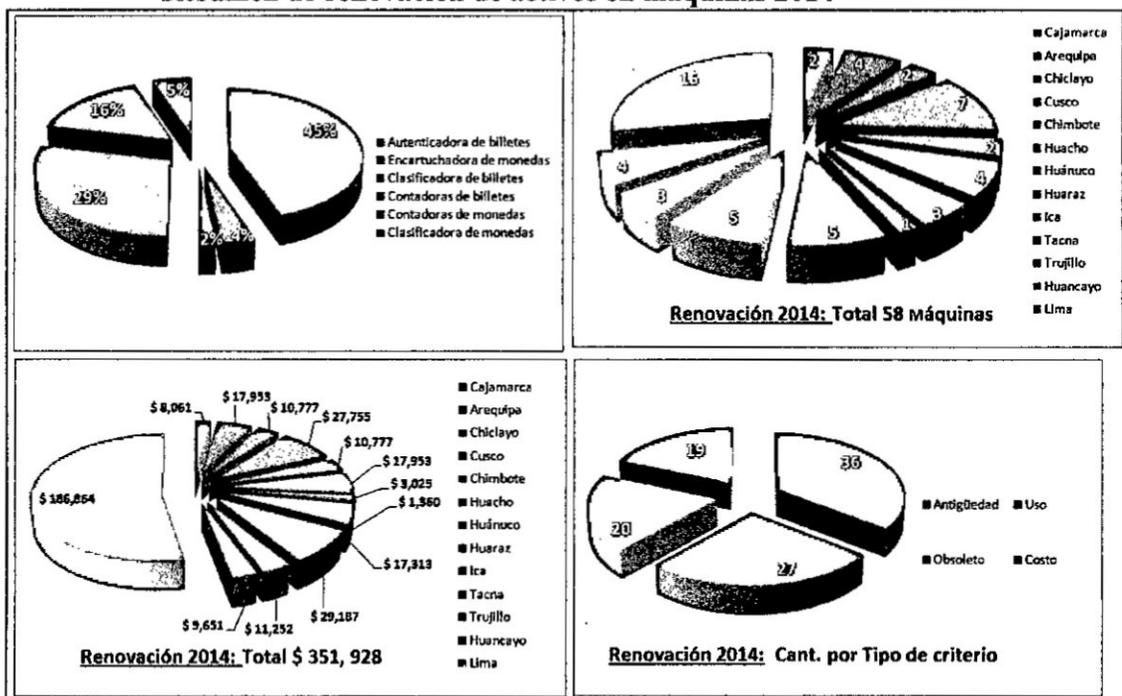
Para el aspecto de Antigüedad, se ha tomado en consideración algunos manuales de fabricantes para obtener el tiempo de vida estimado. Para mayores detalles, ver el Anexo 3: Vida útil de activos y status actual de máquinas autenticadoras GF-120.

Renovación de activos en máquinas de procesamiento de dinero

De acuerdo a la matriz de evaluación, se han realizado los cálculos para la renovación de activos de las diferentes sucursales de la empresa. Estos cálculos son una redefinición de lo planificado según el forecast para el año 2014 sin la política de renovación aquí propuesta.

En la figura 4.6 de la página 96 se muestra un resumen de la propuesta de renovación para el año 2014.

Figura N° 4.6
Resumen de renovación de activos en máquinas 2014



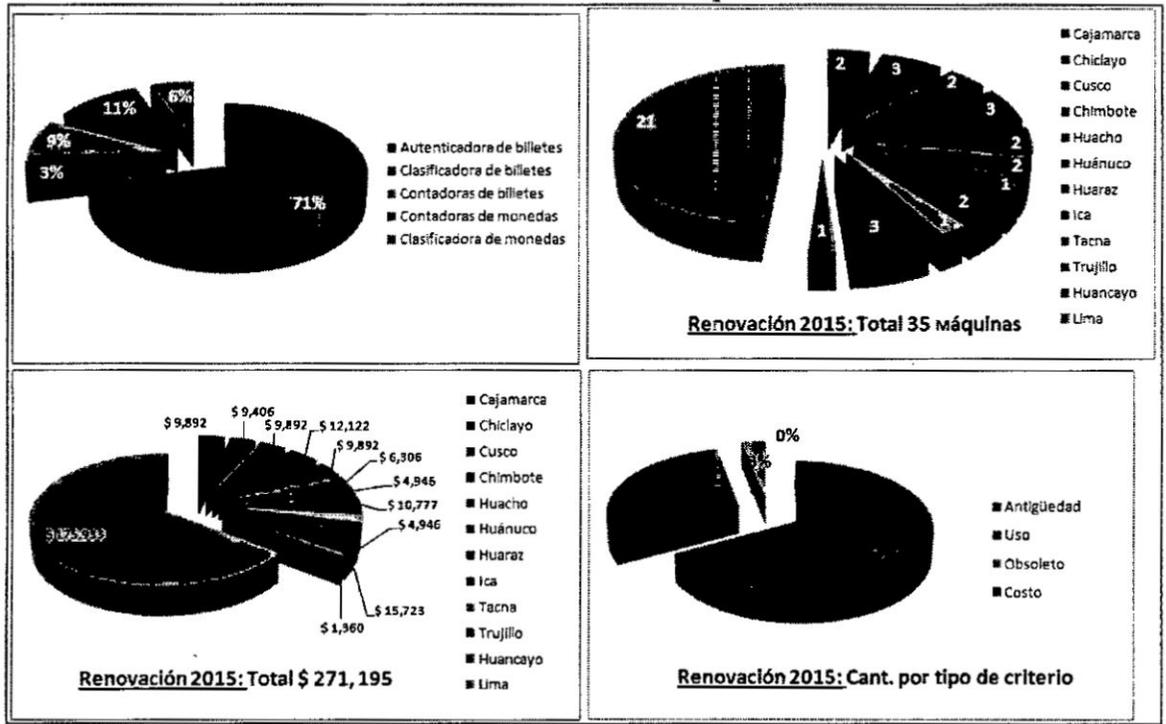
Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa

Para mayores detalles de los activos para renovación puede verse en el Anexo 4: Propuesta renovación activos 2014.

Finalmente se presentó la propuesta de renovación para las diferentes sucursales de la empresa en estudio para el año 2015.

En la figura 4.7 de la página 97 se muestra un resumen de la propuesta de renovación para el año 2015.

Figura N° 4.7
Resumen de renovación de activos en máquinas 2015



Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa

Para mayores detalles de los activos para renovación puede verse en el Anexo5: Propuesta renovación activos 2015.

Para una segunda fase, se propuso las bases para un sistema integral de gestión de activos con PAS55, que debe considerar los horizontes de planificación hasta el último nivel, es decir, una estrategia de planificación corporativa.

La propuesta de una política de gestión de activos se encuentra actualmente en el primer escalón del horizonte de planificación “Activo individual”. Ver figura 4.8 de la página 98.

Figura N° 4.8
Horizontes de planificación en Gestión de activos



Fuente: Traducida y adaptada de Assets Magazine – Set 2011

4.1.5 Mejora de proceso de Mantenimiento

Como ya se ha explicado en el capítulo III, el procedimiento del proceso de Mantenimiento de máquinas de Procesamiento no especificaba correctamente las actividades del área. Asimismo, en el análisis de la cadena de valor (VSM) del servicio técnico se evidenció que existen mudas/desperdicios en el proceso.

A continuación se propuso e implementó una modificación del actual proceso en ese entonces, donde se detallan nuevas actividades que apoyan en la mejora de la calidad del servicio. También se han “sincerado” algunas actividades recurrentes y cotidianas del servicio técnico que no estaban dentro del proceso actual. En la sección Anexo 6: Mejora del Proceso de Mantenimiento, se detalla el flujo del actual proceso y el proceso mejorado. Entre las principales actividades a resaltar tenemos:

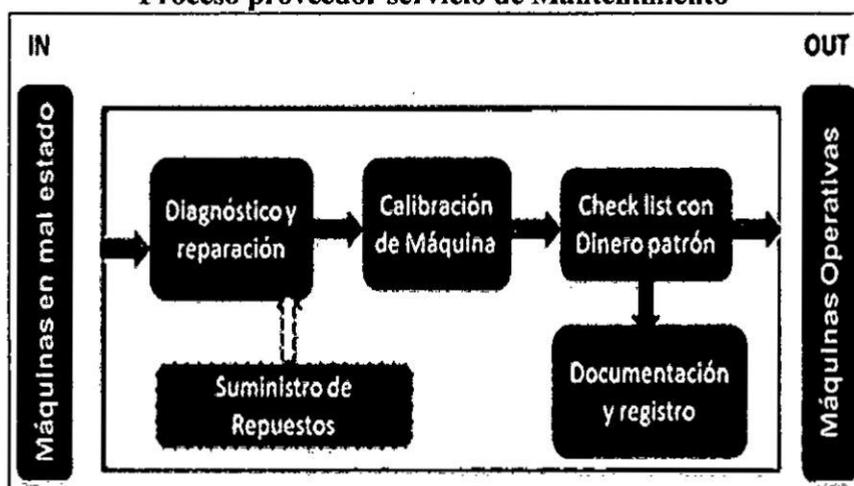
Ejecución por terceros: Se ha incluido el rol de los terceros (proveedores) porque afecta a la conformidad del servicio con los requisitos⁷ respecto a la norma ISO 9001:2008. Por tanto, está alineada a la estrategia de negocio de la empresa. En la figura 4.9 de la página 100 se puede observar el proceso propuesto para el proveedor.

Los trabajos de actualización de patrones ópticos y sensores consisten en modificar el programa informático con el que trabajan las máquinas, para que pueda estar en capacidad de reconocer las características de los billetes (de la nueva familia además de los billetes de la familia antigua). Este trabajo es realizado por el fabricante del equipo en su laboratorio ubicado en su planta matriz. Sólo puede ser realizado por el fabricante del equipo debido a que éste es el único que conoce el programa de funcionamiento del equipo, siendo este programa propiedad intelectual del fabricante. Por lo tanto, este servicio debe ser realizado exclusivamente por el fabricante o por quien este tercero designe.

⁷ Norma ISO 9001:2008 Requisito 4.1, "... En los casos en que la organización opte por contratar externamente cualquier proceso que afecte a la conformidad del producto con los requisitos, la organización debe asegurarse de controlar tales procesos."

Norma ISO 9001:2008 Requisito 3 "... Cuando se utilice el término "producto", éste puede significar también "servicio".

Figura N° 4.9
Proceso proveedor servicio de Mantenimiento



Fuente: Propia con datos de proveedores

Es importante resaltar que la calibración de los sensores de las máquinas – ejecutadas por los terceros -, son condiciones que afectan directamente a la clasificación de billetes como no aptos para la circulación, de acuerdo a un estudio realizado por especialistas⁸ y que influyen en la calidad del servicio al cliente final.

Mantenimiento de Emergencia: Este tipo de mantenimiento correctivo se venía aplicando, pero no estaba incluido dentro de la caracterización del actual proceso y generaba subjetividad en las ejecuciones, tampoco eran registrados en el sistema de mantenimiento. Esto causó pérdida de información para un posterior análisis en buscar y determinar las causas del problema.

⁸ Artículo "La clasificación mecanizada de billetes: un estudio empírico" publicada en la Revista Internacional de gestión del efectivo – Billetaria -, Edición Octubre 2009. Por Mariano Martínez, Eduardo Kropnick y J. Darío Negueruela. Banco de España

Se propuso e implementó la inclusión de la actividad Mantenimiento de emergencia al actual proceso, donde el objetivo es realizar un trabajo de mantenimiento inmediato para restablecer la funcionalidad de los activos y/o ubicaciones críticas que han fallado y detenido sus operaciones, para minimizar los daños ocurridos con la emergencia. A continuación se muestra los principales detalles funcionales, ver Tabla 4.10 de la página 102

Nuevo formato de checklist para recolección de datos: Como se ha evidenciado en el capítulo III, las máquinas clasificadoras de billetes son las más críticas de la empresa. Además el parámetro “Nivel de rechazo”, que era utilizado para determinar el nivel de fiabilidad de la máquina, no era suficiente para corregir el problema. No basta con ajustar el nivel de rechazo a valores inferiores predeterminados⁹. Se debía considerar otros parámetros de la máquina que indican otros probables errores y/o motivos de rechazo existente.

Se propuso e implementó un nuevo formato para el llenado de información, a ser registrado en cada intervención de la máquina (MP ó MC) por los ejecutores de Mantenimiento. El nuevo formato considera parámetros que alguna vez ayudaron en la resolución de problemas, borrando el buffer de memoria con los registros de la máquina o por determinar la causa probable según el código de error mostrado por la máquina.

⁹ Máquina clasificadora de billetes con nivel de rechazo mayor a 6% era considerada con poca fiabilidad.

Tabla N° 4.10
Detalles funcionales Mantenimiento de emergencia

Realizar Trabajo		
Descripción	Actores	
El responsable desarrolla el trabajo de mantenimiento de emergencia sobre un activo.	<u>Ejecutor:</u> Técnico electrónico Terceros	
Escenario descrito	Pre-condiciones	Post-condiciones
1. Ir al lugar en donde se ejecutará el trabajo de emergencia (Sala, taller de mantenimiento, taller de terceros). 2. Ejecutar el trabajo en el activo.	Haber ocurrido una emergencia en un activo.	Trabajo de mantenimiento ejecutado.

Informar Trabajo		
Descripción	Actores	
Responsable informa la ejecución del trabajo de mantenimiento de emergencia sobre un activo.	<u>Ejecutor:</u> Técnico electrónico Terceros	
Escenario descrito	Pre-condiciones	Post-condiciones
3. Informar las actividades realizadas sobre el activo.	Trabajo de mantenimiento ejecutado.	Trabajo de mantenimiento registrado

Fuente: Propia con datos de la empresa en estudio

En la tabla 4.11 de la página 103 se muestran los nuevos parámetros considerados en el nuevo formato para las máquinas clasificadoras de billetes.

Estos parámetros forman parte de las funcionalidades generales de las máquinas, pero que no estaban siendo utilizados para la evaluación de las mismas.

Tabla N° 4.11
Parámetros a considerar en registro de nuevo formato para máquinas clasificadoras de billetes

Parámetro	Descripción	
ALL PASS	Contador Maestro que nunca se borra de memoria	
PASS	Contador desde último reseteo de la máquina	
Rechazo	Porcentaje de rechazo de billetes	
RECHAZOS	CHAIN	Es referido a billetes montados o superpuestos
	SKEW	Se refiere a billetes desviados o que ingresaron torcidos
	MLT1	Multitransferencia-1, son errores atribuibles al bloque que une el Hopper y el validador.
	MLT2	Son errores atribuibles a la transferencia en el bloque del validador (Thickness, sensores, etc).
	DEN-ERR	Denominación error, se refiere cuando el billete no cumplió ninguna de las características de verificación establecidas, o NO se reconoció como denominación válida.
	SUSP	Billete sospechoso, cuando el billete no cumple las características del billete apto, como por ejemplo: grosor, textura, etc

Fuente: Propia con datos del Fabricante

Finalmente, en el Anexo 6 Mejora del Proceso de Mantenimiento-Nuevo formato para máquinas clasificadoras de billetes, se ha adjuntado el nuevo formato llenado con información histórica.

Frecuencia de Mantenimiento basado en dinero procesado (por uso): El plan de mantenimiento para los MPs sólo consideraba la ejecución del mismo basado en el tiempo, sin tener en cuenta el uso real de la máquina. Se implementó un plan de mantenimiento basado en el uso (cantidad de billetes/monedas procesadas¹⁰). La propuesta estuvo basada en un cálculo promedio de billetes/monedas procesados en frecuencia de tiempo para cada tipo de máquina. El detalle de este análisis puede verse en el Anexo 8,

¹⁰ Aplica para máquinas de procesamiento de dinero que están habilitadas para “extraer” la información del contador de billetes/monedas procesadas

Cálculo de frecuencia de mantenimiento por billetes/monedas procesadas. En la tabla 4.12 se muestra las frecuencias definidas con el plan anterior y el propuesto.

Tabla N° 4.12
Cálculo de frecuencia de Mantenimiento

N°	TIPO DE MAQUINA	INSPECCIÓN		MTTO B		AJUSTE		CALIBRACIÓN	
		F(tiempo)	F(piezas)	F(tiempo)	F(piezas)	F(tiempo)	F(piezas)	F(tiempo)	F(piezas)
1	Autenticadora de billetes	Quincenal	75,000	3 meses	450,000	Quincenal	75,000	-----	De ser necesario
2	Clasificadora de billetes	Diaria	266,600	3 semanas	5,598,600	-----	No aplica	-----	De ser necesario
3	Contadora de billetes por fricción	-----	No aplica	Mensual	No aplica	De ser necesario	No aplica	-----	No aplica
4	Contadora de billetes por succión	-----	No aplica	Quincenal	No aplica	De ser necesario	No aplica	-----	No aplica
5	Encartuchadora de monedas	Mensual	522,600	Semestral	3,135,600	Semestral	3,135,600	-----	De ser necesario
6	Clasificadora de monedas	-----	No aplica	Mensual	No aplica	Mensual	No aplica	-----	De ser necesario
7	Contadora de monedas	-----	No aplica	Mensual	No aplica	De ser necesario	De ser necesario	-----	De ser necesario
8	Balanza	-----	No aplica	-----	No aplica	-----	No aplica	Anual	No aplica
9	Horno Empacador	-----	No aplica	Semestral	No aplica	-----	No aplica	-----	No aplica

Fuente: Propia con datos de la empresa en estudio

Checklist de conformidad de cliente interno: Las máquinas de procesamiento de dinero, en especial para procesamiento de billetes, no tenían la conformidad del cliente interno. Una máquina que era reparada y entregada por el taller de mantenimiento sólo consideraba las pruebas de funcionalidades básicas (prueba de conteo y valorización). Las otras funcionalidades (autenticación, verificación y clasificación) eran competencia de los procesos de producción; así como el control y custodia del “dinero” para estas pruebas. Este checklist de conformidad del cliente

interno involucró a los supervisores de turno, cajeras principales, monitoras de sala y cajeras (operadoras de las máquinas).

Creación y llenado de órdenes de trabajo (OTs) en el sistema de

mantenimiento: En el análisis previo del VSM, existen actividades que NO agregan valor. Una de ellas es el registro de las OTs, que son generadas y llenados por los mismos ejecutores internos (técnicos electrónicos de la empresa) con la conformidad del supervisor de Mantenimiento. Esto genera “cuello de botella” al hacer uso del recurso informático desde una única PC donde reside el software de Mantenimiento. Además de uso del recurso horas-hombre acumulado durante una jornada. Se propuso para la ejecución de esta actividad, centralizar con un planner de Mantenimiento, para generar y asignar las OTs con los recursos necesarios en conformidad con el supervisor de Mantenimiento.

4.2 Resultado del Cálculo de Indicadores Integrados de Gestión

4.5.1. Resultado del cálculo de Confiabilidad en los activos

A continuación se presenta el estudio y análisis del comportamiento en una de las máquinas clasificadoras de billetes, marca GLORY modelo UW-600. Esta máquina clasifica, autentica y valoriza en Dólares, Euros y Soles y eran las más críticas . Ver detalles en Anexo 7 Análisis de criticidad de equipos.

Según el plan de mantenimiento, para este activo se ejecuta una inspección diaria que incluye limpieza general en los stackers y sensores, que son

sensibles al polvo, producto de las partículas residuales en el procesamiento de billetes.

Por tanto, fue necesario ajustar el plan de mantenimiento para que la mantenibilidad del equipo sea eficiente y confiable.

En la tabla 4.13 se muestra la recopilación de valores del tiempo entre fallos de la máquina Clasificadora de billetes de ocho bolsillos.

Tabla N° 4.13
Datos de valores del tiempo entre fallos (TEF)

N° Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TEF (horas)	48	48	52	76	80	109	115	180	193	206

Fuente: Propia con datos de la empresa en estudio

Los valores TEF fueron ordenados y además NO se han considerado los valores decimales.

A esta máquina se le realiza una inspección diaria que incluye principalmente limpieza, ya que se acumulan partículas de polvo que afectan la lectura de los diferentes sensores¹¹.

Se realiza el análisis usando del software DISMA¹². Los parámetros obtenidos son:

$$\mu = 125,769 \text{ y } \beta = 2,0445$$

¹¹ Sensores infrarrojos (IR), Magnéticos (MG) y Ultravioleta (UV)

¹² DISMA es un software estadístico desarrollado por el Dr. C. Humberto Escandell (País: Cuba)

El valor de β nos indica que la máquina está en el ciclo de vida “fuera de servicio”. Por tanto, fue factible realizar la intervención basado en el tiempo, considerando la fiabilidad que se deseaba obtener.

Luego de optar por el método de máxima verosimilitud y los valores estimados de parámetros, realizamos la prueba del Chi-cuadrado con un 5% del valor de riesgo, con 4 intervalos de clases. La prueba muestra que la mejor distribución era ERLANG y se presenta con los siguientes parámetros:

$$\mu = 110,70$$

$$\text{Coeficiente de precisión} = 0,5$$

$$\text{Coeficiente de chi-cuadrado} = 1,0$$

$$\text{Grado de Libertad} = 2$$

Luego, el DISMA nos muestra los coeficientes de precisión para cada distribución, de entre los que son menor a 2 y además menores entre ellos. Efectivamente el ERLANG es el más adecuado, pero por conveniencia se escogió el Log-Normal, porque este tipo de distribución también es usado por el software RELEST¹³, y serán verificados por ambos: DISMA y RELEST.

$$\text{Log-Normal} = 1,00 \quad \text{Erlang} = 0,5 \quad \text{Triangular} = 0,83$$

Luego, los valores de confiabilidad para la distribución Log-Normal son como se muestra en la tabla 4.14 de la página 108.

Tabla N° 4.14
Valores obtenidos para distribución Log-normal

DISTRIBUTION LOG-NORMAL					
Fobs.	Fexp.	F.D.A.I.	F.D.A.P.	F.I.S.F.I.	F.I.S.F.P.
3	3	0.3000000	0.3000000	0.7000000	0.7000000
3	3	0.6000000	0.6000000	0.4000000	0.4000000
1	2	0.8000000	0.7000000	0.2000000	0.3000000
3	2	1.0000000	1.0000000	0.0000000	0.0000000

Fuente: Propia con datos de la empresa en estudio

Con la prueba de Kolmogorov a un valor de 5% de riesgo, también muestra que la distribución ERLANG es la más adecuada con valores:

$$\mu = 110,70$$

$$K-S \text{ Coeficiente} = 0,3612$$

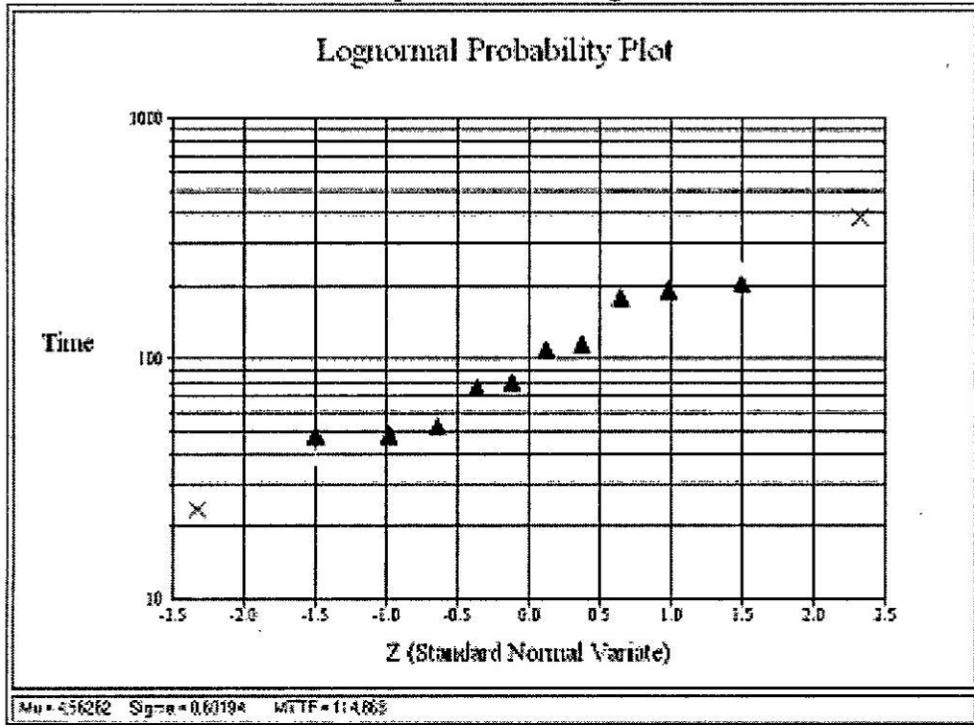
Asimismo, de todos los valores menores a 2 y menores entre ellos, se escoge también la distribución Log-Normal, para su posterior análisis con el RELEST

$$\text{Exponencial} = 0,4918 \quad \text{Log-Normal} = 0,4985 \quad \text{Erlang} = 0,3612$$

Análisis con el uso del software RELEST

Como se definió anteriormente, la probabilidad es Log-Normal para el análisis; sin embargo, no se logra obtener una recta donde incluya a todos los puntos; tampoco en los otros modelos esto es posible. Por tanto, se elige la opción de aquella recta que tiene la menor cantidad de puntos fuera de ella. Para más detalles ver la figura 4.10 de la página 109.

Figura N° 4.10
Recta con probabilidad Log-Normal



Fuente: Propia, con datos de la empresa

$$MTTF = 114,868$$

$$\mu = 4,5626$$

$$\sigma = 0,6019$$

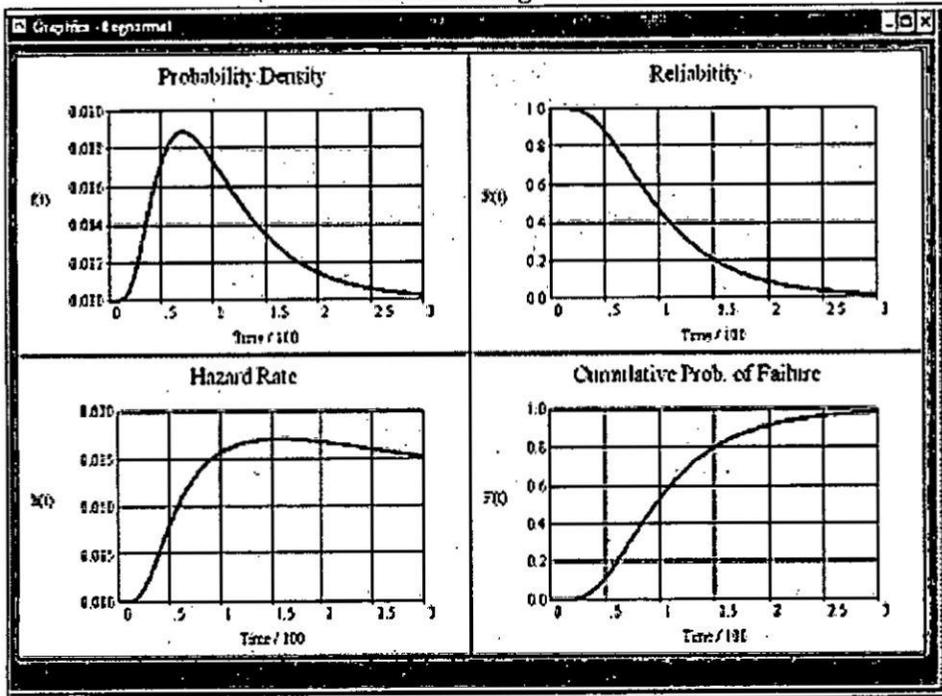
En ajuste de distribución (Distribución Fitting), el RELEST sugiere que la distribución LogNormal NO puede ser rechazada, por lo tanto, se asegura el uso de este modelo, y se obtiene:

Nivel de significancia KOLMOGOROV= 0,2455

Nivel de significancia Chi-cuadrado= 0,0502

En la figura 4.11 de la página 110 se muestra la distribución LogNormal final.

Figura N° 4.11
Distribución Log-Normal



Fuente: Propia, con datos de la empresa

Luego, para conocer el ciclo de vida del equipo, se escoge el modelo WEIBULL, los valores calculados son:

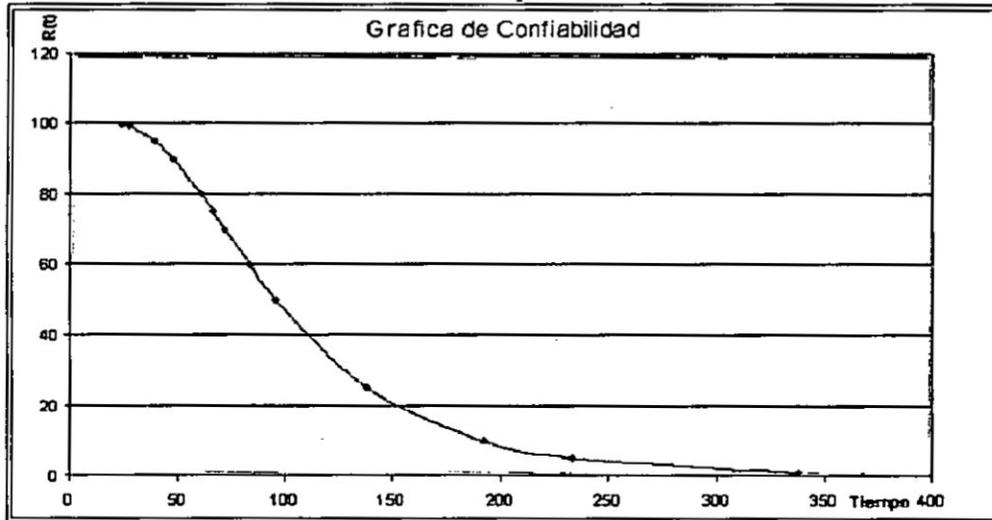
$$\mu = 125,76 \text{ y } \beta = 2,044$$

Por tanto, también se concluye que se encuentra en la fase “fuera de servicio”¹⁴, a pesar de dos años y medio de antigüedad.

A continuación en la tabla 4.15 de la página 111 se muestra los tiempos característicos del análisis.

¹⁴ Para el RELEST también se trabajó en 5% de riesgo

Figura N° 4.12
Curva de supervivencia



Fuente: Propia, con datos de la empresa

La intervención diaria del activo para los mantenimientos preventivos tiene un costo operativo y además indisponibilidad del activo durante la ejecución de esta actividad. Sin embargo, para bajar los costos de mantenimiento se propuso intervenir cada 60 horas; es decir cada 2,5 días, que equivale a 666,500 billetes procesados.

Con esta nueva frecuencia de intervención se obtuvo una probabilidad de tasa de falla del 20%, que fue concensuada con el área usuaria de producción.

Se recomendó también otro análisis a futuro para poder ajustar las intervenciones de mantenimiento en las máquinas, así como más datos de muestra para un mejor análisis y mejor modelo de distribución estadístico.

4.5.2. Resultado de cálculos de Efectividad Global del Equipo (OEE)

Se planteó la implementación del OEE (efectividad global de los equipos), el cual evaluó el rendimiento de los equipos mientras están en funcionamiento,

mostrando las pérdidas o desperdicios reales de los equipos medidas en el tiempo, con la finalidad de implementar mejores indicadores de gestión o KPI's.

Para determinar la efectividad global de los equipos del área de Procesamiento de billetes, fue necesario calcular los indicadores de *eficiencia, disponibilidad y calidad del área.*

La tabla 4.17 presenta el rendimiento de las máquinas de procesamiento (billetes por minuto).

Tabla N° 4.17
Máquina crítica utilizada en el área de Procesamiento de Billetes

Máquina	Cant	Tipo de función	Rendimiento		
			Clasificadora	Contadora	Autenticadora
Glory UW-600	3	Clasificadora	600billetes/min	-	-

Fuente: Elaboración propia con datos de la organización

El tiempo calendario se obtuvo de multiplicar los días que trabajan las máquinas (por semana) los cuales son 7 días; el número de máquinas y los minutos producidos al día por una máquina lo cual arroja 1440 minutos. El producto del mismo nos da como resultado 10,080 minutos.

Luego, para determinar el tiempo total no programado, se presenta en la tabla 4.18 de la página 114, la operación que tenían las máquinas del área de Procesamiento de billetes en los diferentes horarios de los turnos diurno y nocturno.

Tabla N° 4.18
Operación de máquinas en un día del área de Procesamiento de billetes

	DIA			NOCHE		
DIA	inicio	fin	Total	inicio	fin	Total
L	10:00am	21:30pm	630	22:00pm	8:00am	540
M	14:00pm	21:30pm	390	22:00pm	8:00am	540
M	10:00am	21:30pm	630	22:00pm	8:00am	540
J	14:00pm	21:30pm	390	22:00pm	8:00am	540
V	10:00am	21:30pm	630	22:00pm	8:00am	540
S	9:00am	21:30pm	690	22:00pm	8:00am	540
D	9:00am	21:30pm	690	22:00pm	8:00am	540
	Total DIA			Total Noche		
			4050			3780
Total de minutos operados en una semana						7830

Fuente: Elaboración propia con datos de la organización

Realizando la resta del tiempo calendario con el tiempo real operativo de las máquinas en una semana, obtenido de la tabla 4.18, se obtiene el valor del tiempo total no programado, el cual se obtuvo como resultado la cifra de 2,250 minutos.

Para el cálculo de tiempo de paros planeados se realizó una charla con el supervisor y los técnicos del área de Mantenimiento para que registren los tiempos improductivos, tales como: traslado de máquinas desde el Área de Mantenimiento hasta el área de Procesamiento de billetes, recojo de repuestos en el área de Almacén, llenado de órdenes de trabajo. Producto de esta operación se presenta la tabla 4.19 de la página 115, la cual refleja los tiempos improductivos en una semana.

Tabla N° 4.19
Tiempos improductivos del área de Procesamiento de billetes

TECNICO										
DIA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
L	50	30	15	30	140	135				
M	25	90			180		60	50		
M	15	60	75		120				120	
J	25	110	30	30	150				30	
V									50	
S	60				180					
D	60	30	220	30						30
Suma total por tecnico	235	320	340	90	770	135	60	50	200	30
Tiempo total improductivo en una semana										2230

Fuente: Elaboración propia con datos de la organización

Asimismo, se tiene que el tiempo semanal planeado para el mantenimiento preventivo para las 03 máquinas Glory UW-600 es de 2711 minutos.

Por lo tanto, el tiempo de paros planeados viene a ser la sumatoria del tiempo improductivo del área de Procesamiento de billetes y el tiempo de paralización de las máquinas, lo cual se obtuvo como resultado la cifra de 4941 minutos.

Para determinar el tiempo de producción real se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Tiempo de Producción Final} = \text{Tiempo calendario} - (\text{Tiempo total no programado} + \text{Tiempo de paros planeados})$$

El cual se obtuvo como resultado 2889 minutos.

En la eficiencia de las máquinas, se consideran rechazos a un ratio de 25 billetes/hora, debido a que los sensores de las máquinas a veces confunden billetes auténticos en falsos. Otras veces no lo valorizan en el consolidado, esto se da en gran parte porque los billetes en circulación presentan muchos

contaminantes de polvo, grasa, tintas, entre otros factores que dificultan la lectura por los sensores, originando reprocesos de los billetes.

A continuación se presenta a través de la tabla 4.20 el cálculo del OEE para el Área de procesamiento de billetes.

Tabla N° 4.20
Calculo del OEE del área de Procesamiento de billetes

					Unidad	
T. CALENDARIO	7	x	1440		10080 minutos	
T. SIN PROGRAMAR	10080	-	7830		2250 minutos	
T. MANT. PROGRAMADO	2711	-	2230		4941 minutos	
T. DISPONIBLE	10080	-	2250	-	4941	2889 minutos
T. PARADAS X FALLA DE EQUIPO	29	+	12		41 minutos	
T. PARADAS IMPREVISTAS					250 minutos	
T. PARADAS RUTINARIAS	60	x	6		360 minutos	
T. TOTAL DE PARADAS	41	+	250	+	360	651 minutos
T. OPERATIVO	2889	-	651		2238 minutos	
DISPONIBILIDAD	2238	/	2889		77.46%	
PRODUCCION BUENA					3,892,857 Billetes x Hora	
PRODUCCION REPROCESAR					25 Billetes x Hora	
PRODUCCION TOTAL	3,892,857	+	25		3,892,882 Billetes x Hora	
CAPACIDAD DE LA LINEA					4,356,000 Billetes x Hora	
TASA RENDIMIENTO	3,892,882	/	4,356,000		89.37%	
TASA CALIDAD	3,892,857	/	3,892,882		100.00%	
OEE	77.46%	x	89.37%	x	100.00%	69.22%

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa

A continuación se presenta en la tabla 4.21 de la página 117, la medición del OEE.

**Tabla N° 4.21
Medición del OEE**

OEE < 65 %	Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
65 % ≥ OEE < 75 %	Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
75 % ≥ OEE < 85 %	Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
OEE ≥ 85 % < 95 %	Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.
OEE ≥ 95 %	Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

Fuente: MEJORANDO LA PRODUCTIVIDAD. LA UTILIZACIÓN DEL KPI POR EXCELENCIA: EL OEE

Por tanto, el resultado nos indicó que la empresa presenta un OEE regular, por lo que se evidenció la existencia de una oportunidad de mejora para la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

4.3 Resultado del cálculo de Costos de las mejoras

Algunas de las propuestas hechas requieren de inversión. A continuación en la tabla 4.22 de la página 118 se detalla los montos a desembolsar y la frecuencia.

Tabla N° 4.22
Presupuesto de inversión para mejoras propuestas

Mejora propuesta	Necesidad		Costo Unj. (soles)	Cantidad	Total (soles)	Frecuencia
Mantenimiento autónomo	6	Horas por cajera	14	25	2100	mensual
	6	Horas por entrenador	20	7	840	mensual
	1	Materiales operarios		180	180	mensual
Headcount Mantto	1	Planner de mantenimiento	3150	1	3150	mensual
Máquina backup (*)	1	Máquina clasificadora modelo UW600	89950	1	89950	one shot
Licencia Software (**)	5	Eliminación de licencias	4008	5	-20040	anual
					-1670	mensual
Total (soles)					4600	mensual

(*) Máquina Ya considerada en el presupuesto anual de Procesamiento

(**) Ahorro en licencia EAM, sólo para el planner de Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

4.4 Cronograma de ejecución de las mejoras

En la tabla 4.23 se presentan los tiempos para la implementación de las mejoras propuestas. El cronograma se adjunta en el Anexo 10 Cronograma de implementación de mejoras propuestas.

Tabla N° 4.23
Tiempos estimados para la implementación de las mejoras propuestas

#	Actividad	Días
	Total Cronograma de Mejoras	142
1	Mejora de procesos de mantenimiento	142
	1.a Implementación del mantenimiento autónomo	142
	1.b Análisis de confiabilidad de los activos, para mejora de tipos de MPs	5
	1.c Implementación de Lean Maintenance	60
	1.d Mejora en gestión del recurso humano	30
	1.e Implementación de política de gestión de activos	90
	1.f Mejora del proceso de mantenimiento	30
2	Propuesta de indicadores integrados de gestión para mantenimiento y producción	70
	2.a Implementación de Efectividad Global del Equipo (OEE)	70
	Fin	

Fuente: Elaboración propia

4.5 Otros Resultados

4.5.1. Presentación de propuesta de tercerización de servicio de Mantenimiento

Se levantaron los costos incurridos por el área de Mantenimiento de la empresa en estudio y se los compararon contra la propuesta solicitada a un tercero.

Si bien es cierto la propuesta de tercerizar era 20% más costosa que llevar el servicio con recursos propios, se observó tener en cuenta que la negociación para el nivel de servicio debía incluir cláusulas de penalidades. Además, de transferir al tercero el riesgo de la disposición de máquinas back up y/o repuestos en stock. Ver tabla 4.24 para más detalle.

Tabla N° 4.24
Estudio de costos de Mantenimiento de la empresa en estudio vs tercerización

MODELO	TOTAL HRO MAQ	EMPRESA EN ESTUDIO			TERCERO		DIFERENCIA
		COSTOS GENERALES x AÑO x MAQ	COSTO ANUAL x MANTTO	COSTO TOTAL EMPRESA	COSTO UNIT TERCERO	COSTO TOTAL TERCERO	
UW-600	3	13.518	21.297	104.444	29.983	89.949	-14.495
WR-500 LIMA	4	3.893	12.412	65.222	9.120	36.480	-28.742
WR-500 SUCURSALES	2	3.893	2.374	12.534	9.120	18.240	5.706
USF-100 LIMA	6	3.437	1.778	31.289	8.052	48.312	17.023
USF-100 SUCURSALES	10	3.437	872	43.092	8.052	80.520	37.428
USF-51	5	1.237	0	6.183	2.896	14.480	8.297
GFS-120 LIMA	66	754	359	73.430	1.664	109.824	36.394
GFS-120 SUCURSALES	76	754	463	92.460	1.664	126.464	34.004
REIS LIMA	13	775	174	12.343	1.565	20.345	8.002
REIS SUCURSALES	6	775	0	4.653	1.565	9.390	4.737
WS-21 (18500)	7	2.632	1.589	29.552	2.896	20.272	-9.280
TOTAL				475.201		574.276	99.075

Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

Quedó en manos de la empresa tomar la decisión de tercerizar el servicio de un proceso NO CORE.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al tener conocimiento de lo que espera el cliente del servicio (producto entregado a tiempo y sin defectos, confianza y seguridad) todos los esfuerzos han sido alineados. La propuesta de la implementación de Mantenimiento Autónomo, mejora de procesos de Mantenimiento, política de Gestión de activos, como complemento, pretendieron aumentar la disponibilidad de los equipos, es decir, reducir los tiempos de parada de operaciones, y reducir el riesgo de concluir el servicio fuera de tiempo.
- Con el Planner de mantenimiento, mejorar el registro de los tiempos en la ejecución de los mantenimientos y obtener el input exacto para el cálculo del indicador de disponibilidad y otros. También eliminó el exceso de uso en licencias anuales para el uso del software por los actuales ejecutores y por tanto un ahorro en costo.
- Con el checklist de conformidad de cliente interno, se logró reducir los retrabajos de mantenimiento por la misma incidencia, detectando a tiempo las fallas en las pruebas funcionales con el dinero, ejecutada con las operadoras de las máquinas; logrando unificar esfuerzos e integración entre las áreas de Mantenimiento y Producción.
- Con la propuesta de frecuencias de mantenimiento basado en el uso; es decir por piezas (billetes/monedas) procesadas, se mejoró la métrica de cuantificación en las intervenciones - por el área de Mantenimiento - según el desgaste por utilización del activo. Esta propuesta en conjunción con más análisis de cálculos de confiabilidad a futuro se espera obtener mejores resultados.
- Con la implementación del primer paso del mantenimiento productivo total (TPM) en el Área de Procesamiento de billetes, y aprovechando la cultura de las 5's la cual ya está implantada en la empresa en estudio, se logró la disminución de parada de máquinas en 10%, alargamiento del tiempo de vida útil (8 meses en UW-600) y especialización del operario con la

máquina a su cargo, de esta manera se mejora la eficiencia y calidad de servicio al cliente externo.

- Con la implementación de la efectividad global de los equipos (OEE) se obtiene el rendimiento de los equipos en tiempo real mientras están en funcionamiento, y nos permite identificar si es necesario mantener o modificar los indicadores de gestión actuales o KPI's. Se recomienda que la aplicación de esta herramienta se realice periódicamente para llevar un buen control sobre el rendimiento de los equipos comprometidos con el procesamiento de billetes y monedas.
- Se recomienda no descuidar al recurso humano. Es importante mantenerlo motivado y ofrecerle un grato ambiente laboral. Especialmente al personal crítico (cajeras) que están en contacto directo con el producto final a entregar al cliente luego del servicio (dinero procesado). Al reducir la rotación de personal y capacitarlos, reducimos el riesgo de cometer errores y entregar productos defectuosos.
- Los indicadores presentados en capítulo III (calidad de servicio, cantidad de reclamos, indisponibilidad de máquinas) y el cálculo de OEE presentado en el capítulo IV, nos sirven como foto inicial y sobre la cual se harán las comparaciones de resultados después de la implementación de propuestas en aproximadamente un año.
- La inversión en la renovación del parque de maquinaria, de acuerdo al plan de renovación de activos que se propuso, era necesario para que la empresa se mantenga operativa en el negocio. La inversión en capacitaciones, materiales para realizar el Mantenimiento es significativamente menor respecto al beneficio de una excelente imagen de la empresa en la mente del cliente.
- Se sugiere revisar a largo plazo: la variación de la participación de mercado, rentabilidad, y realizar un estudio de percepción sobre la empresa.

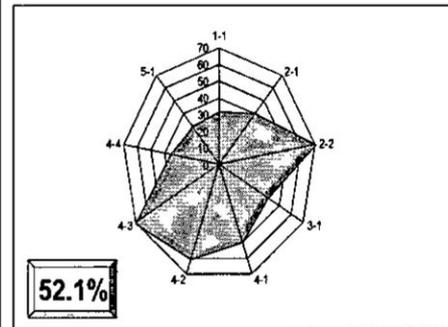
ANEXOS

ANEXO 1: COMPONENTES CRÍTICOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO

Dentro del factor efectividad del planeamiento, se puede verificar que la retroalimentación de datos de trabajo es el componente más crítico debido a que no existen registros de datos, según figura A.1.

Figura A.1 Efectividad del Planeamiento Área de Mantenimiento

Unidad de Operación		MANTENIMIENTO		
Categoría de Auditoría		Efectividad del Planeamiento Mantenimiento		
Fecha		08/10/2013		
#	Componente	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje ponderado (%)
1-1	Educación técnica personal de Planeamiento	8	4	32
2-1	Apoyo del Colaborador	8	5	40
2-2	Definición de la orden de trabajo	10	7	70
3-1	Planeamiento de la mano de obra externa	10	4	40
4-1	Planeamiento del equipo de manito	7	7	49
4-2	Planeamiento de la logística	10	6	60
4-3	Programación de la tarea	10	7	70
4-4	Documentación de la tarea	9	4	36
5-1	Retroalimentación de datos de trabajo	10	3	30
TOTAL		82		52.1%

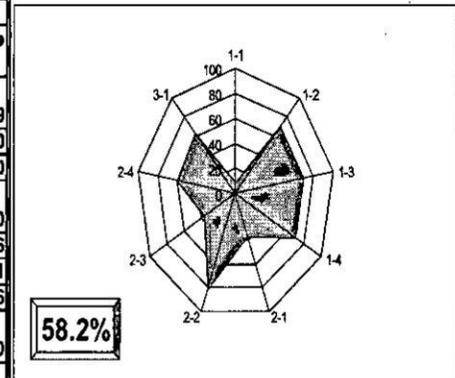


Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

En el factor especialización y competencia del personal, y según figura A.2 de la página 124, se puede apreciar que el componente más crítico es la trayectoria de crecimiento de la carrera por parte del personal técnico, debido a que no se realiza línea de carrera.

Figura A.2 Especialización y Competencia del Personal Área de Mantenimiento

Unidad de Operación		MANTENIMIENTO		
Categoría de Auditoría		Especialización y competencia del personal		
Fecha		08/10/2013		
#	Componente	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje ponderado (%)
1-1	Trayectoria de crecimiento de la carrera p/ personal técnico	9	1	9
1-2	Educación Técnicos de Mantenimiento	10	7	70
1-3	Experiencia Ingenieros y Técnicos	10	7	70
1-4	Habilidades para resolver problemas y tomar decisiones por técnicos	10	7	70
2-1	Habilidades de gestión de tiempo	9	4	36
2-2	Habilidades técnicas en MP	9	9	81
2-3	Habilidades técnicas en MIPd	9	4	36
2-4	Habilidades técnicas en análisis de fallas	10	6	60
3-1	Habilidades técnicas en control de costos	9	7	63
TOTAL		85		58.2%

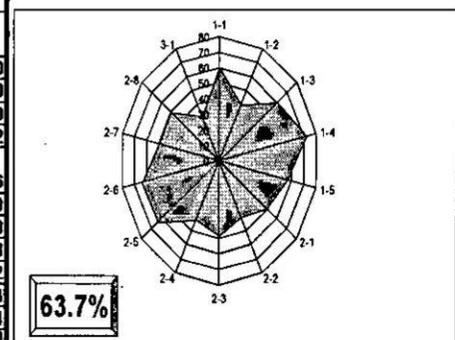


Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

En el siguiente factor, el cual trata acerca de los recursos disponibles dentro del área de Mantenimiento, se puede verificar en la figura A.3 que los componentes más críticos son los planos de diseño de las máquinas. Sólo algunas máquinas cuentan con su manual de mantenimiento en formato físico y digital.

Figura A.3 Recursos Disponibles Área de Mantenimiento

Unidad de Operación		MANTENIMIENTO		
Categoría de Auditoría		Recursos		
Fecha		08/10/2013		
#	Componente	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje ponderado (%)
1-1	Capacidad del Taller	10	6	60
1-2	Especialización del Taller	8	5	40
1-3	Recursos de limpieza	6	10	60
1-4	Almacén de herramientas	8	9	72
1-5	Suficiencia de herramientas y equipos	8	7	56
2-1	Herramientas de Electrónico	7	7	49
2-2	Taller de mecanizado	8	5	40
2-3	Banco de pruebas	8	6	48
2-4	Apoyo de personal de oficina	6	7	42
2-5	Equipos de cómputo	9	7	63
2-6	Iluminación Talleres	8	8	64
2-7	Manuales de mantenimiento	10	5	50
2-8	Manuales de partes	10	5	50
3-1	Planos de diseño	8	4	32
TOTAL		114		63.7%

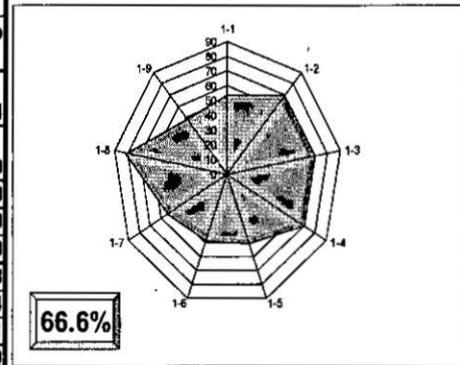


Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

Para el factor procesos de gestión, se puede apreciar, según figura A.4, que el componente más crítico es el de medición del desempeño. La causa es que existen pocos indicadores de medición de desempeño. Existen más indicadores para otras sub-áreas de mantenimiento, como por ejemplo para los técnicos de mantenimiento de flota vehicular.

Figura A.4 Procesos de Gestión Área de Mantenimiento

Unidad de Operación		MANTENIMIENTO		
Categoría de Auditoría		Procesos de Gestión		
Fecha		08/10/2013		
#	Componente	Peso (10)	Puntaje (10)	Puntaje ponderado (%)
1-1	Visión y misión de la organización	9	6	54
1-2	Visión y organización del Dpto. de Mantenimiento	10	7	70
1-3	Metas y objetivos	10	7	70
1-4	Presupuesto	10	7	70
1-5	Indicadores de Mantenimiento	10	5	50
1-6	Medición del desempeño	8	6	48
1-7	Entrenamiento	9	6	54
1-8	Comunicación	9	9	81
1-9	Organigrama	7	7	49
TOTAL		82		66.6%

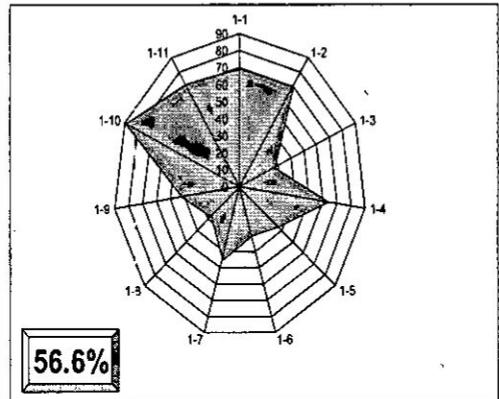


Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

Realizando un análisis del factor aplicación de la política dentro del área de Mantenimiento se colige, según la figura A.5 de la página 126, que los componentes más críticos son el RCM (mantenimiento basado en la confiabilidad) y la política de mantenimiento predictivo (la cual determina el tiempo óptimo para realizar un mantenimiento específico mediante el monitoreo de la condición y utilización de cada componente de los equipos). Ambos componentes no están implementados.

Figura A.5 Aplicación de la Política Área de Mantenimiento

Unidad de Operación		MANTENIMIENTO		
Categoría de Auditoría		Aplicación de la política		
Fecha		08/10/2013		
#	Componente	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje ponderado (%)
1-1	Política general de mantenimiento	10	7	70
1-2	Procedimientos de mantenimiento	10	7	70
1-3	RCM	9	3	27
1-4	Análisis de datos de mantenimiento	9	7	63
1-5	Técnicas de análisis de datos de mantenimiento	9	4	36
1-6	Política de confiabilidad	10	3	30
1-7	Política de MP	9	5	45
1-8	Política de MPd	9	3	27
1-9	Política de reemplazo	7	6	42
1-10	Política de reparación	10	9	90
1-11	Política de overhaul	9	8	72
TOTAL		101		56.6%

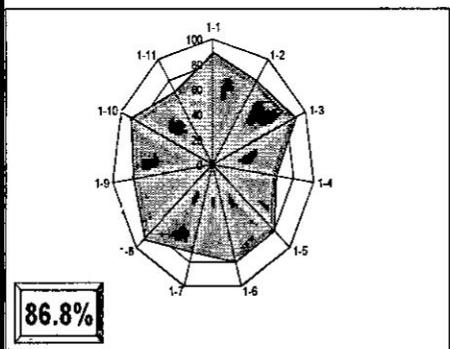


Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

Para el factor seguridad y manejo del entorno, el componente crítico según la figura A.6, viene a ser la capacitación y seguridad. Actualmente existe un buen nivel de capacitación para los trabajadores en general, pero se requiere de capacitaciones continuas.

Figura A.6 Seguridad y Manejo del Entorno Área de Mantenimiento

Unidad de Operación		MANTENIMIENTO		
Categoría de Auditoría		Seguridad y manejo del entorno		
Fecha		08/10/2013		
#	Componente	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje ponderado (%)
1-1	Política de seguridad	10	9	90
1-2	Procedimientos de seguridad	10	8	80
1-3	Prevención de riesgos	10	9	90
1-4	Capacitación y seguridad	9	7	63
1-5	Cuadrilla de primeros auxilios	8	10	80
1-6	Señalizaciones de seguridad	8	10	80
1-7	Equipos contra incendios	8	9	72
1-8	Equipos de seguridad personal	10	9	90
1-9	Uso del equipo de seguridad personal	10	8	80
1-10	Planes de contingencia	9	10	90
1-11	Concientización del personal	10	7	70
TOTAL		102		86.8%

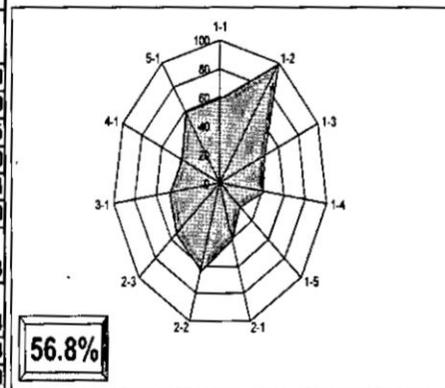


Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

Y por último, para la categoría sistemas, según lo presentado en la figura A.7, el componente crítico es el uso del equipo, para el cual no se evidencia un registro del tiempo que viene trabajando cada equipo, ni en los sistemas internos ni en el equipo, lo cual dificulta la programación de los mantenimientos preventivos y predictivos.

Figura A.7 Sistemas Área de Mantenimiento

Unidad de Operación		MANTENIMIENTO		
Categoría de Auditoría		Sistemas		
Fecha		08/10/2013		
#	Componente	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje ponderado (%)
1-1	Registro del equipo	10	6	60
1-2	Numeración física del equipo	10	10	100
1-3	Clasificación del equipo	9	5	45
1-4	Repuestos del equipo	10	4	40
1-5	Uso del equipo	8	3	24
2-1	Sistema de órdenes de trabajo	10	4	40
2-2	Documentación órdenes de trabajo	9	7	63
2-3	Programación de órdenes de trabajo	9	6	54
3-1	Control de existencias	8	6	48
4-1	Control de costos	8	5	40
5-1	Historial del equipo	10	6	60
TOTAL		101		56.8%



Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

ANEXO 2:

TABLA A.1 Relación de repuestos críticos

Cod Almacen	Descripción	Nº de Parte	Cant.
P0E4004	CRIMPING HOOP (UPPER) GROUP	D701WC481K00	2
P1A1001	LINK BLOCK F	JB50B18AZ0	2
P1A1002	HELICAL GEAR (solo queda 1 unidad)	JB50B1331Z0	2
P1A1003	HELICAL GEAR	JB50B1341Z0	2
P1A1004	FEEL ROLLAR (1+ SET	JB50B1020Z0	2
P1A1005	FEED ROLLAR (R) SET	JB50B1030Z0	2
P1A1006	FEEDING SHAFT	JB50B1011Z0	2
P1A1007	KICK BELT 1	JB50B1011Z0	6
P1A1008	KICK ROLLER 2	JB50B1071Z0	4
P1A1009	HOOPER BASE	JB50B1131Z0	2
P1A1010	ROLLAR SET	JB50B2070Z0	2
P1A1011	UPPER BILL GUIDE	JB50B2111Z0	2
P1A1012	BEARING ARM	JB50B2081Z0	4
P1A1013	MICRO BEARING	30040001	4
P1A1014	SPACER	36400535	8
P1A1015	SPRING	25100518	4
P1A1016	SLOTTED PIN	32130035	4
P1A1017	BILL GUIDE	JB503031Z0	2
P1A1018	ROLLER HCLDEF	JB50B3051Z0	2
P1A1019	TRANSFER BILL GUIDE	JB50B40441Z0	2
P1A1020	FRIPPER SET	JB50D5040Z0	2
P1A1021	FRIPPER SET	JB50D5050Z0	2
P1B1001	LINK BLOCKF (solo queda 1 unidad)	JB50B108AZ0	2
P1B1002	HELICAL GEAR	JB50B1331Z0	2
P1B1003	HELICAL GEAR	JB50B1341Z0	2

Cod Almacen	Descripción	Nº de Parte	Cant.
P1B1004	FEEL ROLLAR (I) SET	JB50B1020Z0	2
P1B1005	FEED ROLLAR (R) SET	JB50B1030Z0	2
P1B1006	KICK BELT	314901600	8
P1B1007	SHAFT SET	HW40A1510Z0	2
P1B1008	HOOPER BASE	HW40A11531Z0	2
P1B1009	ROLLAR SET	JB50B2070Z0	2
P1B1010	GUIDE	HW40A161AZ0	2
P1B1011	BEARING ARM	JB50B2081Z0	4
P1B1012	MICRO BEARING	30040001	4
P1B1013	SPACER	36400535	8
P1B1014	BEARING ARM	30080038	4
P1B1015	BEARING ARM	30080029	4
P1B1016	BILL GUIDE	JB50B3031Z0	2
P1B1017	BELT	31430973	4
P1B1018	ROLLER HOLDER	P1B1018	2
P1B1019	TRANSFER BILL GUIDE	JB50B4041Z	2
P1B1020	TRANSFER BILL GUIDE	JB50B4041Z0	2
P1B1021	TIMING PULLEY SET	11320736	4
P1B1022	FEEDING SHAFT	JB50B1011Z0	2
P1B1023	BELT	31430792	4
P1B2001	BELT	3143T206	4
P1B2002	BELT	3143T090	4
P1B2003	INTER LOCK SWITCH	4A220039	2
P1B3001	BELT	31430661	4
P1B3002	BELT	31431241	4
P1B3003	BELT	31430841	4
P1B3004	BELT	31430417	4

Cod Almacén	Descripción	Nº de Parte	Cant.
P1C1016	AUXILIARY ROLLER BRACKET	KV40J1151Z0	1
P1C1017	ORING	3390T002	2
P1C1018	AUXILIAR ROLLER	KV40J1141Z0	1
P1C1019	ROLLER SET	KV40J1120Z0	1
P1C1020	GUIDE	KV40J1181Z0	1
P1C1021	RUBBER BEARING	F020BA161Z0	2
P1C1022	PINCH ROLLER SHAFT	FBZ0P1141Z0	1
P1C1023	TIMING PULLEY	KV40J4141Z0	1
P1C1024	TIMING PULLEY	KV40J4151Z0	1
P1C1025	FEED ROLLER	HKW050510Z0	2
P1C1026	MIDDLE ROLLER SET	FBZ0P1210Z0	1
P1C1027	KICK BELT	31490160	4
P1C1028	KICK ROLLER	31530117	2
P1C3004	SHAFT (40)	KV40J3051Z0	1
P1C3005	BELT	KV40J3161Z0	2
P1C3006	SHAFT A	KV40J2221Z0	1
P1C3007	SHAFT B	KV40J2231Z0	1
P1C3008	TRANSFER SHAFT	KV40K3021Z0	2
P1D1001	PAPER GUIDE SET	16520621	1
P1D1002	COIN RECEIVER A SET	K930B30A0Z0	1
P1D1003	GUIDE	K930B3101Z0	1
P1D1004	CNB21 ASSY	K930BHL00Z0	1
P1D1005	STOP SECTION	K930B5000Z0	1
P1D2001	GUIDANCE BEARING SET	K930B40E0Z0	1
P1D2002	GUIDE D	K930B4161Z0	1
P1D2003	ANTIWEARING PLATE C SET	K930B47S0Z0	1
P1D2004	ANTIWEARING PLATE D	K930B4131Z0	1

Cód Almacén	Descripción	Nº de Parte	Cant.
P1D2005	GUIDE C	K930B4141Z0	1
P1D2006	ANTIWEARING PLATE E SET	K930B47R0Z0	1
P1D2007	GUIDE B	K930B4151Z0	1
P1D2008	ANTIWEARING PLATE B	K930B4711Z0	1
P1D2009	GUIDE A SET	K930B40D0Z0	1
P1D2010	ANTIWEARING PLATE A	K930B4101Z0	1
P1D2011	TIMING SENSOR	4A230052	2
P1D2012	PHOTO INTERRUPTER	4L920291	1
P1D2013	INTERVAL SECTION	K930B7500Z0	1
P1D2014	SCRAPED FEED SECTION	K930B6000Z0	1
P1D2015	V BELT	K930B6001Z0	1
P1D2016	LEVER SET	K930B60D0Z0	1
P1D2017	LEVER SET	K930B60C0Z0	1
P1D2018	BRACKET SET	K930B60J0Z0	1
P1D2019	BELT	F670R1016Z0	1
P1D2020	RING BELT	31410102	1
P1D2021	V BELT	K930B7001Z0	1
P1D2022	PULLEY	K930B7141Z0	1
P1D2023	PULLEY	K930B7561Z0	1
P1D2024	SHAFT	K930B7041Z0	1
P1D2025	PULLEY	K930B7061Z0	1
P1D2026	LEVER SET	K930B70B0Z0	1
P1D2027	LEVER SET	K930B75F0Z0	1
P1D2028	PHOTO INTERRUPTER	4L020291	1
P1D2029	BRACKET	K930B75D3Z0	1
P1D2030	GUIDE PLATE	K930B8111Z0	1
P1D2031	REGULATORY GUIDE	K930B8301Z0	1

Cod Almacen	Descripción	Nº de Parte	Cant.
P1D2032	SHUTTER SET	K930C10B0Z0	1
P1D2033	LINK	K930C1004Z0	1
P1D2034	SHUTTER SET	K930C10A0Z0	1
P1D2035	STEPPED PIN	K930C1019Z0	2
P1D2036	LINK SET	K930C10C0Z0	1
P1D2037	BRACKET SET	K930C10N0Z0	1
P1D2038	CNC8 ASSY	K930CH800Z0	1
P1D2039	COIN GUIDE SET	K930C10S0Z0	1
P1D2040	SYNCHRO PULLEY SET	K930C13C0Z0	1
P1D2041	SYNCHRO PULLEY SET	11320569	1
P1D2042	STACKER BELT LEFT SET	K930C13S0Z0	1
P1D2043	SYNCHRO PULLEY SET	K930C13C0Z0	1
P1D2044	STACKER BELT RIGHT SET	K930C14S0Z0	1
P1D2045	SYNCHRO PULLEY SET	11320569	1
P1D2046	STOPPER	K930C2009Z0	1
P1D2047	PRESSING ROLLER	31510627	1
P1D2048	BRACKET SET	K930D41B0Z0	1
P1D2049	BRACKET SET	K930D41C0Z0	1
P1D2050	BELT	31410128	1
P1D2051	PULLEY	K930B7231Z0	1
P1D2052	PULLEY	K930B7241Z0	1
P1D2053	BELT	31490055	1
P1D2054	BELT BRACE (R) SET	K930C14D0Z0	1
P1D4001	PAPER GUIDE SET	K930D42A0Z0	1
P1D4002	WRAPPING ROLLER SET	11530013	1
P1D4003	PAPER GUIDE SET	K930D43A0Z0	1
P1D4004	CRIMPING HOOK (UPPER)	K930D5003Z0	1

Cod Almacen	Descripción	Nº de Parte	Cant.
P1D4005	CRIMPING HOOK STOPPER	37280218	2
P1D4006	CRIMPING HOOK (LOWER)	K930D5004Z0	1
P1D4007	CRIMPING HOOK HOLDER(LOWER)	K930D5006Z0	1
P1D4008	CRIMPING HOOK HOLDER(UPPER)	K930D5005Z0	1
P1D4009	SYNCHRONOUSE BELT	31420057	1
P1D4010	PAPER FEED ROLLER SET	K930D60B0Z0	1
P1D4011	CUTTER	K930D6016Z0	1
P1D4012	PAPER GUIDE	36500464	1
P1D4013	PAPER GUIDE	37180223	1
P1D4014	PAPER GUIDE	K930D4302Z0	1
P1D4015	PAPER GUIDE	K930D4402Z0	1
P1D4016	ROTARY ENCODE	4A290043	1
P1D4017	LEVER SET	K930D60J0Z0	1
P1D4018	LEVER SET	16630197	1
P1D4019	O-RING	33500088	2
P1D5054	BELT BRACE (R) SET	K930C14D0Z0	1
P1E1001	LEAF BELT / 277LS	31430310	1
P1E1002	CENTRIFUGA DISK	D701D3107Z0	1
P1E2001	PUULLEY SET	11300046	1
P1E2002	PULLEY SET	11300054	1
P1E2003	V-BELT	31400094	1
P1E2004	GUIDE PLATE R SET	D701DT370Z0	1
P1E2005	SORTING PLATE R	D701D1207Z0	1
P1E2006	ANTIWEARING PLATE B GROUP	D701DC223K02	1
P1E2007	GUIDE PLATE L SET	D701D3420Z0	1
P1E2008	SORTING PLATE L GROUP	D701D5205K03	1
P1E2009	ANTIWEARING PLATE	36522299	1

Cod Almacen	Descripción	Nº de Parte	Cant.
P1E2010	ANTIWEARING PLATE C	D701SC181Z0	1
P1E2011	SHAFT	D701SC131Z0	1
P1E2012	BEARING/LNR-1360X3ZZE POP25LY12'	30060107	1
P1E2013	COLLAR	D701SC141Z0	1
P1E2014	TOOTHED ROLLER SET	D701ST670Z0	1
P1E2015	COLLAR	32460113	1
P1E2016	E RING / E-6 (SUS)	5W47U060000	3
P1E3001	CHECK S2 ASSEMBLY	1895440	1
P1E3002	COUNT S1 ASSEMBLY	1895430	1
P1E4001	WRAPPING ROLLER SET (1)	D701WC640Z0	1
P1E4002	WRAPPING ROLLER SET (2)	11520236	1
P1E4003	CRIMPING HOOK (LOWER GROUP)	D701WC491K00	1
P1E4004	CRIMPING HOOK (UPPER) GROUP	D701WC481K00	1
P1E4005	PAPER GUIDE SET	D701WC250Z0	1
P1G1001	DRIVER DISK ASSY	580102.0000	1
P1G1002	CENTRAL SENSOR (WITHCUT MZ-1 BOARD)	680001.0500	1
P1G1003	COIN HOPPER	580010.0011	1
P1G1004	UST-1 BOARD VARIANT T	92020.00158	1
P1G1005	V-BELT PULLEY	580100.0002	1
P1G1006	V-BELT	91017.00052	1
P1G1007	V-BELT PULLEY	580100.0004 SO	1
P1G1008	DRIVER PLATE	580102.0002	8
P1G1009	MAIN MOTOR	95000.12922 SO	1
P1G1010	DRIVE DISK AXLE	580100.0001	1
P1G2001	OFFSORT PALTE W. LARGE OBLONG	580200.0100-I	8
P1G2002	SLIDING PLATE	680010.0008	1
P1G2003	COIN RAIL	680010.0009	1

Cod Almacen	Descripción	Nº de Parte	Cant.
P1G2004	GABELSENSOR	95000.21242	1
P3A2001	SOLENOID AND PLATE COMPLETE	012991-800	1
P3A2002	BAG/TUBE HOLDER, STEEL	002397 - 003	1
P3A2003	FEED ARM COMPLETE	015389-800	1
P3A3001	SENSOR ASSY COMPLETE STD	012542-800	1
P3A5001	CPU COMPLETE	015233-000	1
PGWS001	STOCKER DE RECHAZO	PGWS001	1

Fuente: De la Organización

ANEXO 3: VIDA ÚTIL DE ACTIVOS

En esta sección se hace referencia a los manuales técnicos de servicio y mantenimiento de los activos, donde los fabricantes de diferentes marcas y modelos brindan la información de los valores del tiempo de vida estimada de los activos.

Ver tabla A.2

Tabla A.2 Lista de máquinas de billetes y monedas y manuales

Tipo de máquina	Documento
Máquina encartuchadora monedas WR-400	Service Manual, WR400/90 GLORY Automatic Coin Counting and Wrapping Machine, code TMB6 5472-01, 12/15//1999
Máquina encartuchadora monedas WR-500	Technical Training , WR500/90 GLORY Ltd V2.2 TMB6 5554-02, 6/12//2012
Máquina clasificadora de monedas GLORY 3320	Service Manual, CS 3320* CS3321 REIS EUROSYSYSTEMS Coin Sorting and Counting Machine, V1.0 June 2009
Máquina clasificadora de Billetes GLORY USF-100	Service Manual, GLORY USF-100 Currency Sorter, code TMB6 5554-02, 8/1/2008
Máquina encartuchadora monedas WS-21	Service Manual, WS21 GLORY Automatic Coin Counting and Wrapping Machine, code TMB6 5470-01, 12/15//1999
Máquina recontadora monedas SC-3003	Service Manual, SC3003 Std /VA/VA Plus Coin Counters SCAN COIN, code 013546-101/03-085(GB)
Máquina clasificadora de billetes GLORY UW-600	Maintenance Manual, UW600 GLORY Currency Sorter , TMB6 5573-01
Máquina verificadora VC-525	Service Manual, MAGNER Banknote Counter VCS25T Mini , code TT07

Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

A continuación, se muestran algunos extractos de los manuales. Ver figura A.8 y figura A-9 de la página 137.

Figura A.8 Máquina UW-600 Glory clasificadora de Billetes

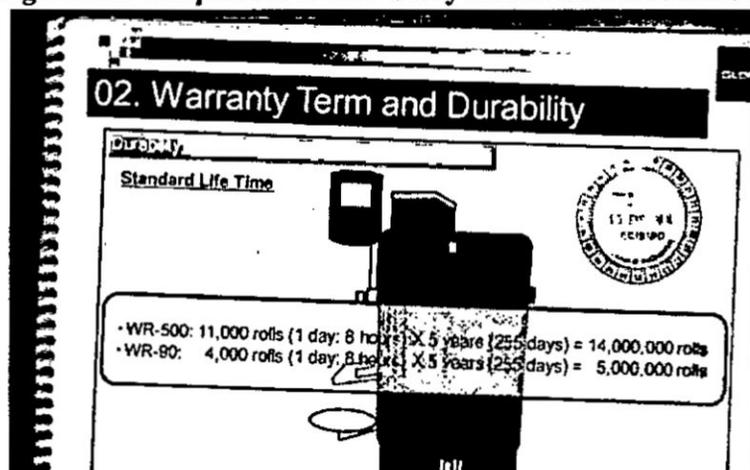


Figura A.9 Máquina WR-400 Encartuchadora de Monedas

1 Condition for Maintenance

1. Condition for maintenance

1.1 Performance

Model	WR400	WR80
Standard number of rolls completed per day	9,000 rolls	3,250 rolls
Maxman number of rolls completed per day	14,000 rolls	5,000 rolls
Operating days per year	250 days	250 days
Life time	5 years /	5 years
Standard number of Operating time completed per day	5 hours /	5 hours
Durability	14 million rolls	5 million rolls

1.2 Operating conditions

Temperature : 0 - 35°C
Humidity : 20 - 90% R H

1-1

TMB6-2367

En la siguiente tabla A.3 se muestra el estado de la renovación de las máquinas autenticadoras de billetes.

Tabla A.3 Status renovación de máquinas autenticadoras de billetes GFS-120

N° de GFS-120	Inicio de Operación	Antigüedad	Contador Actual (A Mayo 2014)	Observaciones
1	01-04-10	4.49	49395039	Máquina fue renovada
2	03-06-10	4.31	64470468	Máquina fue renovada
3	04-06-10	4.31	59938089	Máquina fue renovada
4	04-06-10	4.31	52120833	Máquina fue renovada
5	07-06-10	4.30	61570327	Máquina fue renovada
6	08-06-10	4.30	59668474	Máquina fue renovada
7	09-06-10	4.30	62622464	Máquina fue renovada
8	09-06-10	4.30	59817599	Máquina fue renovada
9	09-06-10	4.30	63193158	Máquina fue renovada
10	09-06-10	4.30	57392374	Máquina fue renovada
11	09-06-10	4.30	62760949	Máquina fue renovada
12	09-06-10	4.30	61623177	Máquina fue renovada
13	09-06-10	4.30	52439652	Máquina fue renovada
14	09-06-10	4.30	42403393	Máquina fue renovada
15	09-06-10	4.30	30219159	
16	11-02-11	3.63	54556674	Máquina para renovar en el 2014
17	11-02-11	3.63	45645502	Máquina para renovar en el 2014
18	11-02-11	3.63	45897465	Máquina para renovar en el 2014
19	11-02-11	3.63	42392729	Máquina para renovar en el 2014
20	11-02-11	3.63	50073957	Máquina para renovar en el 2014
21	11-02-11	3.63	53685688	Máquina para renovar en el 2014
22	11-02-11	3.63	51037030	Máquina para renovar en el 2014
23	11-02-11	3.63	51641218	Máquina para renovar en el 2014
24	11-02-11	3.63	42605323	Máquina para renovar en el 2014
25	11-02-11	3.63	50509759	Máquina para renovar en el 2014
26	11-02-11	3.63	49422611	Máquina para renovar en el 2014
27	11-02-11	3.63	44145149	Máquina para renovar en el 2014
28	11-02-11	3.63	42931071	Máquina para renovar en el 2014
29	11-02-11	3.63	49733025	Máquina para renovar en el 2014
30	11-02-11	3.63	55213372	Máquina para renovar en el 2014
31	11-02-11	3.63	37228921	Máquina para renovar en el 2014
32	26-10-11	2.92	31351208	
33	26-10-11	2.92	38716324	
34	26-10-11	2.92	34971612	
35	26-10-11	2.92	36175289	
36	26-10-11	2.92	39398169	
37	26-10-11	2.92	36826426	
38	26-10-11	2.92	39421205	
39	26-10-11	2.92	37366785	
40	26-10-11	2.92	34087112	
41	26-10-11	2.92	39053556	
42	26-10-11	2.92	37487326	
43	26-10-11	2.92	38915214	
44	26-10-11	2.92	33841899	
45	26-10-11	2.92	38005604	
46	16-01-12	2.69	37772584	
47	16-01-12	2.69	34344243	
48	16-01-12	2.69	9868377	
49	18-03-13	1.52	11626350	
50	18-03-13	1.52	12637036	
51	18-03-13	1.52	10899237	
52	18-03-13	1.52	10229895	
53	19-04-13	1.44	11596228	

N° de GFS-120	Inicio de Operación	Antigüedad	Contador Actual (A Mayo 2014)	Observaciones
54	19-04-13	1.44	9718696	
55	19-04-13	1.44	10291150	
56	19-04-13	1.44	10759139	
57	19-04-13	1.44	10767155	
58	19-04-13	1.44	8985282	
59	19-04-13	1.44	9169382	
60	25-04-13	1.42	10645774	
61	30-07-13	1.16	5542968	
62	30-07-13	1.16	1366839	
63	30-07-13	1.16	5307593	
64	30-07-13	1.16	5350644	
65	30-07-13	1.16	4635468	
66	11-10-13	0.96	755796	
67	11-10-13	0.96	1062509	
68	11-10-13	0.96	1331935	
69	11-10-13	0.96	1674928	
70	11-10-13	0.96	777467	
71	15-10-13	0.95	1618925	
72	15-10-13	0.95	1591001	
73	15-10-13	0.95	507980	
74	15-10-13	0.95	1178460	
75	15-10-13	0.95	1354731	

ANEXO 4

Tabla A.4 Propuesta de renovación de activos 2014

Nombre CCB	Tipo de máquina	Marca	Modelo	Antigüedad (años)	Tiempo estimado de Vida (años)	Inversión (US\$)	Criterio	Observaciones
Procesamiento de Billetes / Cajamarca	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-500	11.64	3	2,230	O	A reemplazar por Magner VC-525
Procesamiento de Monedas / Cajamarca	Contadoras de monedas	SCAN COIN	SC-3003	2.55	3	5,831	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Arequipa	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.38		4,946	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Arequipa	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.50		4,946	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Arequipa	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-500	11.64		2,230	O	
Procesamiento de Monedas / Arequipa	Contadoras de billetes	SCAN COIN	SC-3003			5,831	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Chidayo	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.55	3	4,946	C	
Procesamiento de Monedas / Chidayo	Contadoras de monedas	SCAN COIN	SC-3003	9.99	2	5,831	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Chimbote	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.85	3	4,946	A U	
Procesamiento de Monedas / Chimbote	Contadoras de monedas	SCAN COIN	SC-3003	2.85	3	5,831	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Cusco	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	4.40		4,946	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Cusco	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	4.40	3	4,946	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Cusco	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	4.40		4,946	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Cusco	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	4.40		4,946	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Cusco	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.50	3	4,946	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Cusco	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-500	11.73	3	795	O	A Reemplazar por LAUREL J-717A
Procesamiento de Billetes / Cusco	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-500	11.73	3	2,230	O	A Reemplazar por VC-525
Procesamiento de Billetes / Huacho	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.50	3	4,946	A	
Procesamiento de Billetes / Huacho	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-200	2.59	3	2,230	O	
Procesamiento de Monedas / Huacho	Contadoras de monedas	SCAN COIN	SC-3003	2.59	3	5,831	A, C, U	
Procesamiento de Monedas / Huacho	Contadoras de monedas	SCAN COIN	SC-303	2.59	3	4,946	O	A Reemplazar por SC-3003
Procesamiento de Billetes / Huánuco	Contadoras de billetes	LAUREL	J-710A	2.55	3	795	O	A Reemplazar por LAUREL J-717A

Nombre CCB	Tipo de máquina	Marca	Modelo	Antigüedad (años)	Tiempo estimado de Vida (años)	Inversión (US\$)	Criterio	Observaciones
Procesamiento de Billetes / Huánuco	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-500	11.56	3	2,230	O	Ambas máquinas a Reemplazar por 1 Magner VC-525
Procesamiento de Billetes / Huánuco	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-500	11.56	2	-	O	
Procesamiento de Monedas / Huaraz	Contadoras de monedas	CDM	CDM-15	3.50	3	1,360	O	A Reemplazar por RIBAO
Procesamiento de Billetes / Ica	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.50	3	4,946	A, C	
Procesamiento de Billetes / Ica	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.50	3	4,946	A, C	
Procesamiento de Billetes / Ica	Contadoras de billetes	TRUE TRUST	TBM-M1	3.50	3	795	O	A Reemplazar por LAUREL J-717A
Procesamiento de Billetes / Ica	Contadoras de billetes	TRUE TRUST	TBM-M1	3.50	3	795	O	A Reemplazar por LAUREL J-717A
Procesamiento de Billetes / Lima	Clasificadora de billetes	GLORY	UW-600	4.18	5	89,950	A	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Monedas / Lima	Encartuchador a de monedas	GLORY	WR-400	-	-	25,900	A O	A Reemplazar por LAUREL LAC-16HC
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U	
Procesamiento de Billetes / Tacna	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-500	11.64	3	795	O	Ambas máquinas a Reemplazar por 1 Laurel J-717
Procesamiento de Billetes / Tacna	Contadoras de billetes	GLORY	GNH-200	11.64	3	-	O	
Procesamiento de Monedas / Tacna	Clasificadora de monedas	GLORY-REIS	CS3320	2.92	3	4,946	C	
Procesamiento de Monedas / Tacna	Encartuchador a de monedas	GLORY	WS-21	2.92	3	18,500	C	
Procesamiento de Monedas / Tacna	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.57	3	4,946	A	

Nombre CCB	Tipo de máquina	Marca	Modelo	Antigüedad (años)	Tiempo estimado de Vida (años)	Inversión (US\$)	Criterio	Observaciones
Procesamiento de Billetes / Trujillo	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	4.40	3	4,946	A, C, U	
Procesamiento de Billetes / Trujillo	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	4.40	3	4,946	A, C, U	
Procesamiento de Monedas / Trujillo	Contadoras de monedas	RIBAO	CS-10	3.71	3	1,360	A	
Procesamiento de Billetes / Huancayo	Contadoras de billetes	GLORY	GFB-800	9.99		2,230	O	A Reemplazar por VC-525
Procesamiento de Billetes / Huancayo	Contadoras de billetes	LAUREL	J-710A			795	O	A Reemplazar por LAUREL J-717A
Procesamiento de Billetes / Huancayo	Contadoras de billetes	LAUREL	J-710A			795	O	A Reemplazar por LAUREL J-717A
Procesamiento de monedas / Huancayo	Contadoras de monedas	SCAN COIN	SC-303	17.80	2	5,831	O	A Reemplazar por SC-3003
Procesamiento de Monedas / Ica	Contadoras de monedas	CDM	CDM-15	8.85	5	5,831	O	A Reemplazar por SC-3003
Procesamiento de Monedas / Lima	Clasificadora de monedas	GLORY-REIS	CS3320	2.92	3	4,946	A	
Procesamiento de Monedas / Lima	Clasificadora de monedas	GLORY-REIS	CS3320	2.92	3	4,946	A	
Procesamiento de Monedas / Lima	Contadora de monedas	SCAN COIN	SC-3003	11.48	5	5,831	A, U	
Procesamiento de Monedas / Lima	Contadora de monedas	SCAN COIN	SC-3003	19.00	5	5,831	A, U	

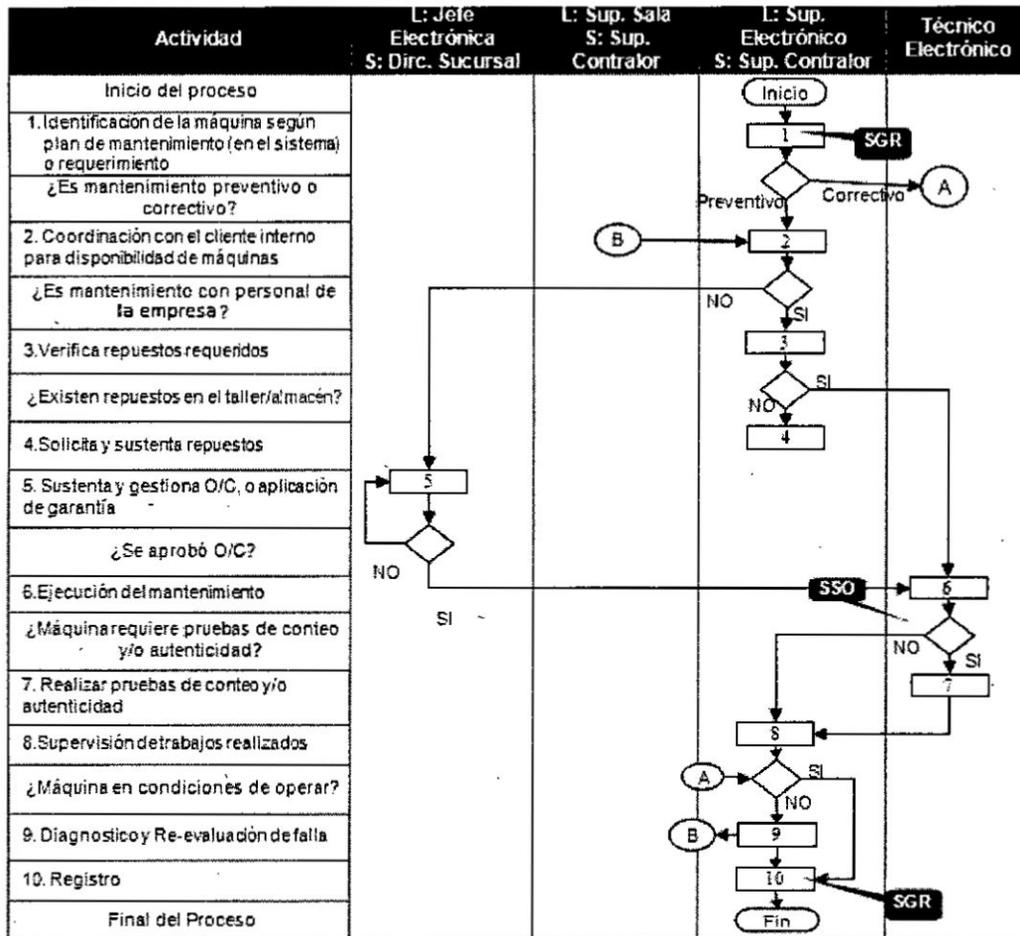
ANEXO 5:

Tabla A.5 Propuesta de renovación de activos 2015

Nombre CCB	Tipo de máquina	Marca	Modelo	Antigüedad (años)	Tiempo estimado de Vida (años)	Inversión (US\$)	Criterio
Procesamiento de Monedas / Lima	Clasificadora de monedas	GLORY-REIS	CS3320	2.92	3	4,900	A
Procesamiento de Monedas / Lima	Clasificadora de monedas	REIS	CS3310	2.92	3	4,900	A
Procesamiento de Billetes / Lima	Contadora de billetes	TRUE TRUST	VC-525	7.46	2	2,230	A
Procesamiento de Billetes / Lima	Clasificadora de billetes	GLORY	UW-600	4.18	5	89,950	A
Procesamiento de Billetes / Lima	Contadora de billetes	MAGNER	VC-525	6.22	2	2,230	A
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.49	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U
Procesamiento de Billetes / Lima	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.78	3	4,946	A, U
Procesamiento de Monedas / Lima	Contadora de monedas	SCAN COIN	3003	11.48	5	5,831	A, U
Procesamiento de Monedas / Lima	Contadora de monedas	SCAN COIN	3003	19.00	5	5,831	A, U
Procesamiento de Monedas / Lima	Contadora de monedas	SCAN COIN	3003	11.48	5	5,831	A, U
Procesamiento de Monedas / Lima	Tolva para Conta de monedas	SCAN COIN	3003	11.48	5	1,590	A, U
Procesamiento de Monedas / Lima	Tolva para Conta de monedas	SCAN COIN	3003	11.48	5	1,590	A, U
Procesamiento de Monedas / Lima	Tolva para Conta de monedas	SCAN COIN	3003	11.48	5	1,590	A, U
Procesamiento de Billetes / Cajamarca	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.55	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Cajamarca	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.55	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Chiclayo	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.55	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Chiclayo	Contadoras de billetes	GLORY	GFB800	9.99	2	2,230	A,O
Procesamiento de Billetes / Chiclayo	Contadoras de billetes	SEE TECH	DHP-1F	9.99	2	2,230	A,O
Procesamiento de Billetes / Chimbote	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.85	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Chimbote	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.85	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Chimbote	Contadoras de billetes	MAGNER	VC-525	6.39	2	2,230	A
Procesamiento de Billetes / Cusco	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	1.28	3	4,946	U
Procesamiento de Billetes / Cusco	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	1.28	3	4,946	U
Procesamiento de Billetes / Huacho	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.59	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Huacho	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.59	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Huánuco	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.55	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Huánuco	Contadoras de monedas	MAGNER	915	7.50	2	1,360	A
Procesamiento de Billetes / Huaraz	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.50	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Ica	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	3.50	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Tacna	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.57	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Trujillo	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.58	3	4,946	A
Procesamiento de Billetes / Trujillo	Autenticadora de billetes	GLORY	GFS-120	2.55	3	4,946	A
Procesamiento de monedas / Huancayo	Contadoras de monedas	CDM	CDM-15	5.19	2	1,360	A
Procesamiento de Monedas / Ica	Contadoras de monedas	SCAN COIN	SC-3003	8.85	5	5,831	A

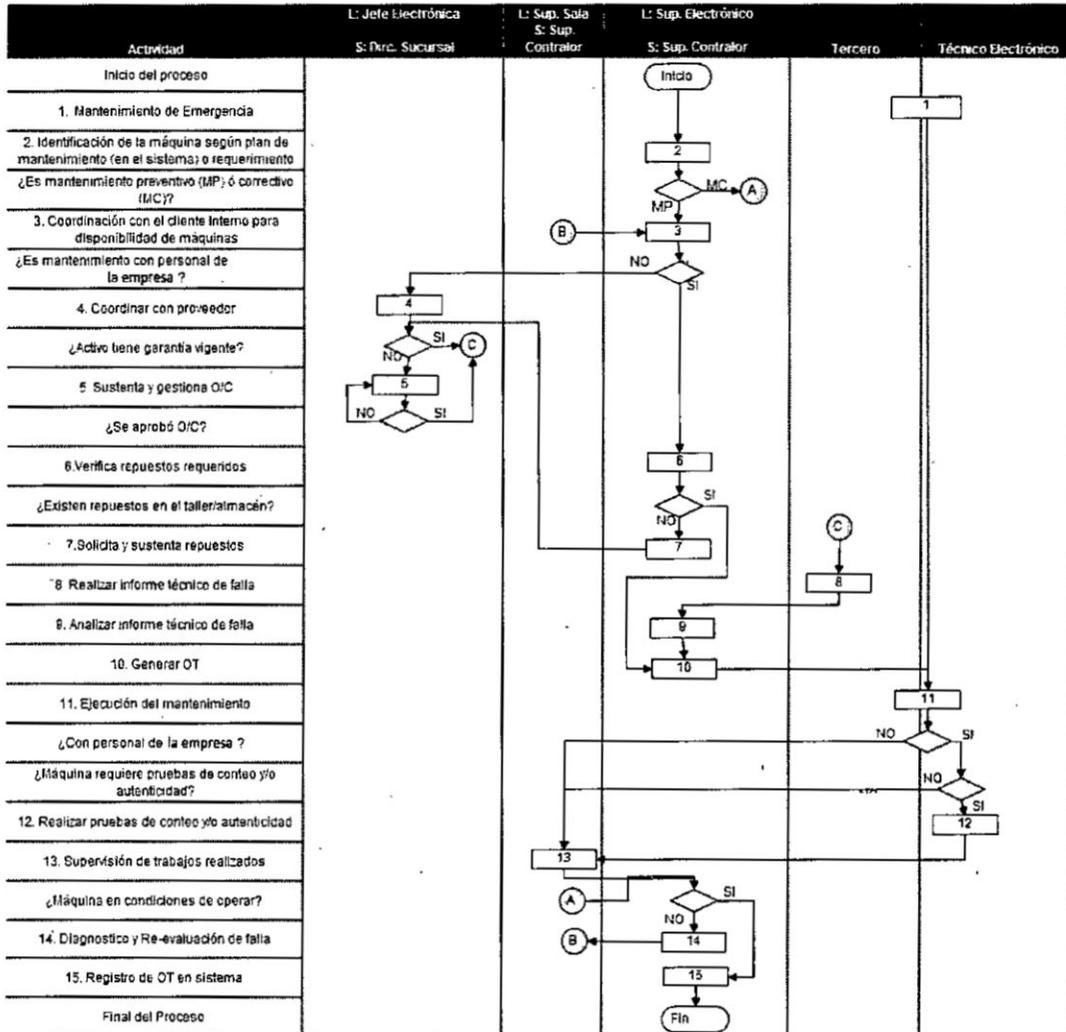
ANEXO 6: MEJORA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

Figura A.10 Proceso actual de Mantenimiento



Fuente: De la Organización

Figura A.11 Proceso propuesto de Mantenimiento



Fuente: Propia con datos de la Organización

Tabla A.6 Despliegue de actividades del proceso propuesto de Mantenimiento

N°	Actividad	Resp. Actividad	Registro
1.	Mantenimiento de Emergencia Se realiza un trabajo de mantenimiento inmediato (en sala o taller) para restablecer la funcionalidad de los activos que han fallado y detenido sus operaciones. Por solicitud de cliente interno (teléfono, verbal, e-mail).	L: Supervisor Electrónico Técnico Electrónico Técnico de tercero S: Técnico Electrónico Técnico de tercero	
2.	Identificación de la máquina según plan de mantenimiento (en el sistema) o requerimiento. Seleccionar las máquinas programadas de acuerdo al Plan de Mantenimiento. La jefatura de A&C, Supervisor Contralor y/o Supervisor de sala informarán a mantenimiento de fallas en máquinas. En Lima, en el turno noche el Técnico Electrónico verifica las máquinas asignadas y que correspondan al mantenimiento preventivo. Sucursales no aplica. Ver Anexo 01. Plan de Mantenimiento Preventivo de Procesamiento – Lima y Sucursales y Reporte de cliente interno.	L: Jefe de Electrónica o Supervisor Electrónico Planner de mantenimiento S: Sup. Contralor	- Software de Mantenimiento - Carpeta compartida en red interna
P1	¿Es mantenimiento preventivo (MP) o correctivo (MC) ? El Supervisor/ Planner de mantenimiento determina si se trata de un MP ó MC.	L: Jefe de Electrónica o Supervisor Electrónico Planner de mantenimiento S: Sup. Contralor	
3.	Coordinación con el/la supervisor(a) de sala para disponibilidad de máquina Coordina con el usuario sobre la disponibilidad en sala de billetes/monedas y/o para el traslado a mantenimiento. Nota: El MP diario para las clasificadoras de billetes se realiza en sala de billetes, por tanto no requieren traslado al taller.	L: Supervisor Electrónico o Técnico Electrónico y Supervisor de sala S: Supervisor Contralor	
P2	¿Es mantenimiento con personal de la empresa?	L: Supervisor y/o Planner de Mantenimiento. S: Sup. Contralor.	
4.	Coordinar con proveedor El Jefe de Electrónica o Supervisor de Electrónica comunican al tercero para atención/asistencia técnica		
P3	¿Activo tiene garantía vigente? El Supervisor de Electrónica / planner de Mantenimiento deben verificar si el activo tiene garantía vigente	L: Supervisor y/o Planner de Mantenimiento.	-Carpeta compartida en red interna -Software de Mantenimiento
5.	Sustenta y gestiona O/C El Jefe de Electrónica o Director de Sucursal, debe gestionar para: <ul style="list-style-type: none"> • Compra directa con caja chica (menor a S/.200.00 o su equivalente en dólares). • Presupuesto y generación de OC. ¿Porque se elimina aplicación de garantía?	L: Jefe de Electrónica. S: Director de Sucursal.	<u>ADM-CMP-PRO-01</u> <u>Compras</u>

N°	Actividad	Resp. Actividad	Registro
P4	<p>¿Se aprobó O/C?</p> <p>Si la O/C se aprueba pasa a la siguiente actividad, de lo contrario regresa a la actividad anterior.</p>	<p>L: Jefe de Electrónica. S: Director de Sucursal.</p>	
6.	<p>Verifica repuestos requeridos</p> <p>Verifica si existe el repuesto o suministro requerido.</p>	<p>L: Supervisor y/o Técnico Electrónico. S: Sup. Contralor.</p>	
P5	<p>¿Existen repuestos en el taller/almacén?</p> <p>Revisa si posee stock de repuestos o materiales que se requieren.</p>	<p>L: Supervisor y/o Técnico Electrónico. Encargado de Almacén S: Sup. Contralor.</p>	
7.	<p>Solicita y sustenta Repuestos</p> <p>El Técnico Electrónico informa al Planner/Supervisor de Electrónica ó Director de Sucursal según corresponda, la necesidad de compra.</p>	<p>L: Supervisor y/o Técnico Electrónico. S: Sup. Contralor.</p>	
8.	<p>Realizar informe técnico de falla</p> <p>El tercero realiza un informe técnico incluye lista de Repuestos a usar.</p>	<p>L, S: Tercero</p>	<p>Informe técnico de proveedor</p>
9.	<p>Analizar informe técnico de falla</p> <p>El Supervisor de Electrónica/ Director de sucursal verifica el informe técnico del proveedor, si es necesario solicita opinión a ejecutores (técnicos electrónicos)</p>	<p>L: , Supervisor de Electrónica S: Director de Sucursal.</p>	
10.	<p>Generar OT</p> <p>El Supervisor de Electrónica o el planner de mantenimiento generan la orden de trabajo (OT) , se planifica los recursos y material a usar Sucursales no aplica.</p>	<p>L: Supervisor Electrónico Planner de mantenimiento</p>	<p>Software de Mantenimiento</p>
11.	<p>Ejecución del mantenimiento</p> <p>Se pueden realizar en:</p> <p>1. Sala de Billetes y/o monedas</p> <ul style="list-style-type: none"> • En caso de mantenimiento correctivo (MC), corrige anomalías detectadas. • En caso de mantenimiento preventivo (MP), considerar según corresponda <p>2. Taller de Mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Técnico retira la máquina de sala de proceso. • En caso de mantenimiento correctivo (MC), corrige anomalías detectadas. • En caso de mantenimiento preventivo (MP), considerar según corresponda <p>Para los puntos 1 y 2, respecto a los MP, se realiza según tipo de máquina: <u>Autenticadora de Billetes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección: Revisión de la máquina para realizar limpieza parcial o completa. 	<p>Técnico Electrónico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manuales de servicio de máquinas. • <i>GHU-GSS-INT-05 Manipulación de cargas.</i> • <i>GHU-GSS-PRO-09 Solicitud y Uso de Equipos de protección personal.</i>

N°	Actividad	Resp. Actividad	Registro
	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste: Se realiza por la configuración de parámetros según procedimiento del manual de servicio y a requerimiento del área de producción. • Mantenimiento B: incluye inspección y lubricación de partes mecánicas. <ul style="list-style-type: none"> • De ser necesario, se realiza el cambio de partes y/o ajustes necesarios <p>Clasificadora de Billetes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección: Incluye limpieza parcial (aspirado de polvo), limpieza de sensores. <ul style="list-style-type: none"> • Registro de parámetros: contador, Nivel de rechazo, causas de rechazo, listado de errores. • Mantenimiento B: incluye limpieza total (aspirado de polvo), limpieza de sensores. <ul style="list-style-type: none"> - Realizar pruebas con billetes mix (1 ladrillo) para confirmar el estado final. - De ser necesario, modificar valores de la configuración de parámetros de clasificación según procedimiento del manual de servicio y a requerimiento del área de producción - Registro de parámetros: contador, Nivel de rechazo, causas de rechazo, listado de errores. <p>Contadoras de billetes por Fricción (Lomeadora)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento B: Incluye inspección, lubricación y limpieza parcial o total. • Ajuste: Mecánicamente se gradúa el sistema de fricción, verificando la operatividad de los sensores. <p>Contadora de billetes por succión (Verificadora)</p> <p>Verificar que el equipo se encuentre en T° ambiente por tratarse de un sistema a presión y bomba de vacío. Caso contrario puede inducir al error y variar el valor de succión afectando el conteo de la máquina. El enfriamiento de la máquina dura aprox. 20 min</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento B: Incluye inspección, lubricación y limpieza parcial o total. • Ajuste: Mecánicamente se gradúa el sistema de succión, verificando que los sensores se encuentren operativos. <p>Encartuchadora de Monedas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento B: La limpieza completa consiste en desarmar, limpiar los componentes y aplicar solvente al plato de la máquina; graduar el sistema de selección y encartuchado de las monedas de acuerdo a la denominación elegida (Ver manual). • Ajuste: <ul style="list-style-type: none"> • Mecánico, se gradúan mecánicamente los bloques, verificando que estén dentro del rango de valores según manual de servicio. • Software, se realiza por la configuración de parámetros según Procedimiento del manual de servicio. <p>Clasificadora de Monedas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento B: Incluye inspección, limpieza y lubricación. • Ajuste: se realiza por la configuración de parámetros según procedimiento del manual de servicio. <p>Contadora de Monedas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección: Revisión de la máquina, seguido de limpieza parcial ó completa. • Mantenimiento B: Incluye lubricación y limpieza parcial ó total. En Lima incluye Inspección. • Ajuste: <ul style="list-style-type: none"> • Mecánico, se gradúan los sensores y el bloque de transporte, verificando que se encuentren operativos. 		

N°	Actividad	Resp. Actividad	Registro
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Software</i>, se realiza por la configuración de parámetros según procedimiento del manual de servicio. <p>Para cada tipo de mantenimiento se registra el contador</p> <p>Balanzas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calibración: Es realizado por el proveedor. • Ajuste: Verificación con las pesas patrón <p>Horno Empacador de Bandejas de Monedas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento B: Incluye: <i>Limpieza Parcial:</i> Limpiar las cuchillas de corte por temperatura. <i>Limpieza Completa:</i> Desarmar y retirar residuos adheridos en el compartimiento del horno. Revisión de Relés, contactores y Rodamientos de motores. 		
P6	<p>¿Con personal de la empresa?</p> <p>Se Verifica si Ejecución del Mantenimiento fue con personal de la empresa.</p>	L: Supervisor Electrónico Planner de Mantenimiento S: Supervisor Contralor.	
P7	<p>¿Máquina requiere prueba de conteo y/o autenticidad?</p> <p>Para contadoras/verificadoras de monedas y/o Billetes.</p>	Técnico Electrónico	
12.	<p>Realizar pruebas de conteo y/o autenticidad</p> <p>Para Lima:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Billetes: Check list con "notes" de papel y denominación de US10.00 y S/.10.0. • Monedas: Check list con todas las denominaciones en S/. <p>Sucursales No aplica.</p>	Técnico Electrónico	Software de Mantenimiento
13.	<p>Supervisión de trabajos realizados</p> <p>Se verifica el mantenimiento realizado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Por Servicio tercerizado:</i> verifica que el trabajo este de acuerdo a la Orden de servicio/Compra. Debe solicitar los repuestos que fueron "cambiados" de ser el caso. • <i>Por personal propio:</i> verifica los trabajos de los técnicos, antes ó durante el mantenimiento. • Por tercero y/o personal propio deberá contar con el VB de supervisor de sala/ cajera de turno. <p>S: Recibir Informe técnico del proveedor.</p>	L: Supervisor Electrónico Técnico Electrónico Planner de Mantenimiento Supervisor de sala Cajera de turno S: Supervisor Contralor.	L: OT llenado, Informe técnico de proveedor
P8	<p>¿Máquina en condiciones de Operar?</p> <p>Se evalúa si la máquina puede continuar operando</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por supervisión de trabajos realizados (actividad 13). • Por máquinas reportadas con falla. (actividad 1 y 2). 	L: Turno Día: Supervisor Electrónico. Turno Noche: Técnico Electrónico. S: Supervisor Contralor.	L: Vale de Mantenimiento

Nº	Actividad	Resp. Actividad	Registro
14.	Diagnostico y Re-evaluación de la falla Si la máquina no puede continuar trabajando se desconecta el suministro de toda fuente de energía y realizar mantenimiento correctivo inmediato. Si la máquina puede continuar operando, pero existen pendientes por realizar, se programa un próximo mantenimiento correctivo	L: Turno Día: Supervisor Electrónico. Planner de Mantenimiento Técnico Electrónico. S: Supervisor Contralor.	Manuales de servicio de máquinas
15.	Registro de OT en sistema Se registra en el sistema, el mantenimiento realizado y los pendientes por ejecutar (para mantenimiento correctivo programado)	L: Supervisor/Técnico Electrónico. Planner de Mantenimiento S: Supervisor Contralor.	L: Sistema de Mantenimiento S: Registro <u>MTQ-MPR-FOR-03 Hoja de Mantenimiento</u> S: Informe técnico del proveedor

Fuente: Propia con datos de la Organización

Figura A.12 Nuevo formato para Máquinas clasificadoras de Billetes 1

L. MEJIA

		FECHA	09/07/2014	
MAQUINA		UW-600		
Nº MÁQUINA		01	02	03
COD. MAXIMO		CLB-001	CLB-002	CLB-003
CNTDRES	ALL PASS	334565474	103351005	251822065
	PASS	907682	1505188	6128357
% RECHAZO		19%	6%	5%
MOTIVO RECHAZO	CHAIN	4002	4148	34195
	SKEW	3040	2149	10937
	MLT1	20878	11148	144330
	MLT2	9093	3767	22140
	DEN-ERR	8418	38537	58502
	SUSP	11635	32713	11282

Fuente: Propia con datos de la Organización

Figura A.13 Nuevo formato para Máquinas clasificadoras de Billetes 2

		FECHA	17-07-14		<i>CRIANDO</i>
MÁQUINA		UW-600			
N° MÁQUINA		01	02	03	
COD. MAXIMO		CLB-001	CLB-002	CLB-003	
CNTDRES	ALL PASS	336442763	105611091	253713533	
	PASS	1175713	3735774	446095	
% RECHAZO		5%	7%	4%	
MOTIVO RECHAZO	CHAIN	900	13017	3532	
	SKEW	5640	5953	757	
	MLT1	3934	47793	7975	
	MLT2	14432	16309	1591	
	DEN-ERR	13174	86928	4141	
	SUSP	120866	84023	1168	

Fuente: Propia con datos de la Organización

ANEXO 7: ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

Para establecer la criticidad de las máquinas clasificadoras UW-600 se ha establecido los siguientes criterios de importancia a ser evaluados. Ver tabla A.7.

Tabla A.7 Criterios de evaluación

Frecuencia de Fallos:		Costo de Mtto. Correctivo	
Pobre mayor a 24 fallos / año	4	Mayor o igual a 4000 US\$	2
Promedio 12 - 24 fallos / año	3	Inferior a 4000 US\$	1
Buena 1 - 6 fallos / año	2		
Excelente menos de 1 fallo / año	1		
Impacto Operacional:		Impacto SAH:	
Fuera de servicio de la producción	10	Afecta la seguridad humana tanto externa	
Fuera de servicio de una parte de la producción y tiene repercusión en otras líneas de producción.	8	como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización.	8
Impacta niveles de producción o calidad	6	Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Repercute en costos operacionales adicionales a los asociados a la indisponibilidad	2	Afecta las instalaciones causando daños severos	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción.	1	Provoca daños menores (accidentes e incidentes) personal propio.	2
		Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales.	1
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	10
Hay opción de repuesto compartido	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Elaboración Propia

Riesgo = Frecuencia x Consecuencia

Frecuencia = # de fallos en un tiempo determinado.

Consecuencia = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos Mnto. + Impacto SAH)

Cálculo de Criticidad

De la tabla 1:

Frecuencia de Fallos = 4

Impacto Operacional = 4

Flexibilidad Operacional = 2

Costos de Mantto = 1

Impacto SAH = 0

Entonces:

Consecuencia = ((4 x 2) + 1 + 0) = 9

Riesgo = 4x9 = 36

Según el valor de Riesgo obtenido, obtenemos que la máquina es CRÍTICA.
Ver tabla A.8

Tabla A.8 Matriz de Criterios de evaluación

F r e c u e n c i a	4	SC	SC			
	3	SC	SC	SC		
	2	NC	NC	SC	SC	
	1	NC	NC	NC	SC	
		10	20	30	40	50
		Consecuencias				

Leyenda:
C: Crítico
SC: Semi - crítico

Fuente: Propia

Crítico: Absolutamente necesario para garantizar la continuidad de operación de la planta o que ocasione grandes daños al fallar.

Semi - crítico: Necesarios para la operación de la planta, la cual puede ser parcial o totalmente reemplazados.

**ANEXO 8: CÁLCULO DE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO POR
BILLETES/MONEDAS PROCESADAS**

**Tabla A.9 Equivalencia de Frecuencia diaria a Piezas procesadas en
Clasificadoras de Billetes**

Muestreo Cont. Billetes UW-600		
FECHA	Lectura	Delta
11-Jul	334,801,933	236,459
10-Jul	334,565,474	125,575
09-Jul	334,439,898	118,320
08-Jul	334,321,578	214,393
07-Jul	334,107,185	347,909
05-Jul	333,752,228	498,409
04-Jul	333,253,819	321,905
03-Jul	332,931,914	228,007
01-Jul	332,475,901	259,736
27-Jun	331,696,693	344,429
26-Jun	331,352,264	207,548
25-Jun	331,144,716	355,637
17-Jun	329,976,524	237,868
16-Jun	329,738,272	222,359
13-Jun	329,071,195	443,631
12-Jun	328,626,445	264,645
10-Jun	328,361,575	309,435
09-Jun	328,052,140	141,827
09-Jun	327,910,313	583,412
Promedio Pzs diarias		287,45

Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

El campo Delta es la diferencia entre la lectura actual y el anterior, del contador de la máquina.

Tabla A.10 Equivalencia de Frecuencia mensual a Piezas procesadas de Entubadora de Monedas

Muestreo de Contador diario de Entubadora de Monedas				
WR-500	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
06-Ene	91,844	102,894	10,818	9,920
07-Ene	91,906	102,986	10,818	10,038
08-Ene	92,119	103,179	10,882	10,274
09-Ene	92,321	103,338	11,060	10,441
10-Ene	92,465	103,489	11,239	10,442
11-Ene	92,622	103,497	11,482	10,648
12-Ene	92,730	103,497	11,613	10,797
16-Ene	93,136	103,497	12,201	11,375
17-Ene	93,340	103,497	12,447	11,637
21-Ene	93,813	103,497	13,028	12,255
22-Ene	93,960	103,497	13,228	12,245
23-Ene	94,090	103,497	13,416	12,631
21-May	106,378	114,497	28,324	25,885
22-May	106,548	114,680	29,456	26,113
23-May	106,707	114,685	29,668	26,339
24-May	106,886	114,880	29,889	26,351
25-May	106,886	114,880	29,889	26,351
26-May	106,886	114,880	29,889	26,351
27-May	106,921	115,251	30,323	26,553
28-May	106,921	115,458	30,541	26,766
29-May	106,921	115,620	30,732	26,965
30-May	107,114	115,687	30,909	27,171
31-May	107,255	115,687	31,087	27,211
10-Jun	108,300	116,091	32,380	28,448
11-Jun	108,313	116,091	32,521	28,577
12-Jun	108,440	116,164	32,714	28,657
13-Jun	108,534	116,314	32,877	28,657
14-Jun	108,685	116,486	33,041	28,657
Promedio Pzs diario				260,260

Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

Tabla A.11 Equivalencia de Frecuencia quincenal a Piezas procesadas de Autenticadora de Billetes

Nº 1		
Medidor	FECHA	Lectura
CONTADOR	04-jun	59824088
CONTADOR	21-may	59121375
Nº 60		
CONTADOR	10-mar	68433828
CONTADOR	20-feb	67665024
Nº 34		
CONTADOR	21-may	62276964
CONTADOR	05-may	61486706
CONTADOR	12-abr	60695121
Promedio Pzs quincenal	763340	

Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

ANEXO 9:

Tabla A.12 CALCULO DE MANO DE OBRA NECESARIA PARA AREA DE MANTENIMIENTO

Tiempo de Registro (hrs)	0.17
Tiempo de Transporte maq (hrs)	0.17

N°	Tipo de Maquina	Modelo de Maquina	Cant. Maq	Inspección			Ajustes			Mantto "B"			
				T.Unitario (hrs)	Frecuencia	T.Total	T.Unitario (hrs)	Frecuencia	T.Total	T.Unitario (hrs)	Frecuencia	T.Total	
1	Autenticadora	Autentic Billetes GFS-120	76	1.00	0.07	6.79	0.50	0.07	4.26	1.50	0.01	1.55	
		Clasific. Billetes USF-51	4	1.50	1	7.36	0.50		2.00				
2	Clasificadora	Clasific. Billetes USF-100	6	0.50	1	5.04	0.50			4.00			
		Clasific. Billetes UW-600	3	0.25	1	1.77	0.50			4.00			
		Clasific. Billetes UW-600	1							12.00	0.13	1.65	
3	Contadora de billetes	Cont. Billetes por succión (verificadora)	18	0.25			0.50	0.03	0.50	1.25	0.03	0.95	
4	Encartuchadora de monedas	Encart. de monedas WS-21	1	1.00			0.50	0.01	0.00	2.00	0.01	0.01	
		Encartuchadora de monedas WR-400	6	2.00			0.50	0.01	0.03	5.00	0.01	0.18	
5	Clasificadora de monedas	Clasific de Monedas REIS	13	1.00			0.50	0.03	0.36	3.00	0.03	1.45	
6	Contadora de monedas	Contad. Monedas SC-3003	14	1.50			0.50	0.03	0.39	3.00	0.03	1.56	
		Contad. Monedas CDM	1	0.50			0.50	0.03	0.03	1.50	0.03	0.06	
7	Horno empacador	Sist. Horno empacador	1	1.00			0.50			5.00	0.01	0.03	
						20.96				5.58			7.44

Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización

N°	Tipo de Maquina	Modelo de Maquina	Mantenimiento Correctivo			
			Cant. Maq	T.Unitario (hrs)	Frecuencia	T.Total
1	Todas	Todos	5	7.00	1	35.00

Total de Horas Requeridas	70.48
Tiempo de muda (Horas)	1.50
Vacaciones	10%
Suplementos	16%
Total de Horas Requeridas con	90.30

Técnicos Requeridos	11.29
---------------------	-------

ANEXO 10:

Tabla A.13 Cronograma de implementación de mejoras propuestas

Nombre de área	Duración	Comienzo	Fin	r '14 13 abr '14 11 may '14 08 jun '14 06 jul '14 03 ago '14 31 ago '14 28 sep '14 26 oct '14																											
				V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D	J	L
▲ Cronograma de Mejoras	142 días	vie 11/04/14	lun 27/10/14	[Barra de actividad]																											
▲ Mejora de procesos de mantenimiento	142 días	vie 11/04/14	lun 27/10/14	[Barra de actividad]																											
▲ Implementación del mantenimiento autónomo	142 días	vie 11/04/14	lun 27/10/14	[Barra de actividad]																											
Evaluación de personal Operario	1 día	vie 11/04/14	vie 11/04/14	[Barra de actividad]																											
Capacitación personal Operario	21 días	lun 14/04/14	lun 12/05/14	[Barra de actividad]																											
Ejecución del Manto autónomo	120 días	mar 13/05/14	lun 27/10/14	[Barra de actividad]																											
▲ Análisis de confiabilidad de los activos, para mejora de tipos de MPs	5 días	vie 11/04/14	jue 17/04/14	[Barra de actividad]																											
Implementación de nueva frecuencia de mantenimiento	5 días	vie 11/04/14	jue 17/04/14	[Barra de actividad]																											
Implementación de Lean Maintenance	60 días	vie 18/04/14	jue 10/07/14	[Barra de actividad]																											
Mejora en gestión del recurso humano	30 días	vie 18/04/14	jue 29/05/14	[Barra de actividad]																											
Implementación de política de gestión de activos	90 días	vie 18/04/14	jue 21/08/14	[Barra de actividad]																											
Mejora del proceso de mantenimiento	30 días	vie 18/04/14	jue 29/05/14	[Barra de actividad]																											
▲ Propuesta de indicadores integrados de gestión para mantenimiento y producción.	70 días	vie 11/07/14	jue 16/10/14	[Barra de actividad]																											
Implementación de Efectividad Global del Equipo (OEE)	70 días	vie 11/07/14	jue 16/10/14	[Barra de actividad]																											
Fin	0 días	lun 27/10/14	lun 27/10/14	[Barra de actividad]																											

Fuente: Elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BUTLER, Richard H.
1996, Key indicators can help improve the performance of your business, p. 2: SuperVision, vol. 57, No. 3.
- [2] BAUER, Kent
2004, KPIs – The metrics that drive performance management, p. 63: DM Review, vol. 14, No. 9.
- [3] PARMENTER, David
2005, A new approach to KPIs, p.54-55: Intheblack, vol. 75, No. 10.
- [4] GAHBAUER, Steve
2005, Tuning up maintenance performance, p. 20, 29: Plant, vol. 64, No. 4.
- [5] PARIDA, Adita y CHATTOPADHYAY, Gopi
2007, Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM), p.241-258: Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol.13, No. 3.
- [6] M.K.Pradhan; J.P. Bhol
2006, Trends and perspectives in industrial maintenance management: Journal of Manufacturing Systems.
- [7] M. Sc. Antonio de la Cruz; María Beatriz Cáceres
2005, Organizaciones de mantenimiento ágiles, integral y su efectividad en el negocio: Conferencia Reliability World Latin América 2005.
- [8] Teplická, Katarina; Kádárová, Jaroslava
2013, Effectiveness achievement of maintenance process by the controlling approach:Annals of Faculty of Engineering Hunedoara International Journal of Engineering, Feb 2013, Vol 11.
- [9] Fore, S; Msipha, A
2010, Preventive maintenance using reliability centred maintenance (RCM): A case study of a ferrochrome manufacturing company: South African Journal of industrial Engineering. May 2010, Vol 21.
- [10] Castillo, Ricardo; Prieto, Ana Teresa, Zambrano, Egilde
2013, Elements of maintenance management in publics institutions of higher education Cabimas municipality: Revista Negotium. 2013, Vol. 9.

- [11] Espinosa, Fernando; Dias, Acires; Salinas, Gonzalo
2012, Un procedimiento para evaluar el riesgo de la innovación en la gestión del mantenimiento industrial: *Ingeniare- Revista Chilena de Ingeniería*, 2012, Vol. 20.
- [12] Viveros, Pablo; Stegmaier, Raúl; Kristjanpoller, Fredy; Barbera, Luis; Crespo, Adolfo
2013, Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo: *Ingeniare - Revista Chilena de Ingeniería*.
- [13] Campos, M.A. López; Márquez, A. Crespo
2011, Modelling a maintenance management framework based on PAS55 standard: *Quality & reliability Engineering International*, Oct 2011, Vol. 27.
- [14] Lovrinčević, Zeljko, PhD; Katicic, Ljiljana, MSc
2012, *Corporated Asset Management: University of Zagreb, Faculty of Economics and Business, Conference Papers & Proceedings*.
- [15] Minnaar, J; Basson, W; Vlok, P.J.
2013, Quantitative methods required for implementing pas 55 or the ISO 55000 series for asset management: *South African Journal of Industrial Engineering*. Nov2013, Vol. 24.
- [16] UCHE, Remy; ADAGBA, Gabriel Adi
2011, Trade-Off between machine depreciation and maintenance in a production line. Vol. 3. Sexta Edición.
- [17] John Woodhouse
2011, The meaning of life (cycle): *Assets Magazine*, Sep 2011.
- [18] Alegre, Helena
2010, IS strategic asset management applicable to small and medium utilities?: *Water Science & Technology*. 2010, Vol. 62.
- [19] Lee, R.G. y DALE, B.G.
1998, Business process management: a review and evaluation, p. 214
En: *Business Process Management Journal*, vol. 4, No. 3
- [20] Carpinetti, Luiz y otros
2003, Quality management and improvement: A framework and a business-process reference model, p. 543
En: *Business Process Management Journal*, vol. 9, No. 4

[21] Mackay, David y otros
2008, Delivering sustained performance through a structured business process approach to management, p. 22-37
En: Measuring Business Excellence, vol. 12, No. 4

[22] Vergara, Raquel
2014, La Estadística en el Mantenimiento y reemplazo Optimo en el Control de Calidad, p. 5-22

[22] Reyes, Primitivo
2006, Curso de Confiabilidad, p. 22-37

[23] Martino, Luca
NE, Test de Kolmogorov- Smirnov, p. 3-4