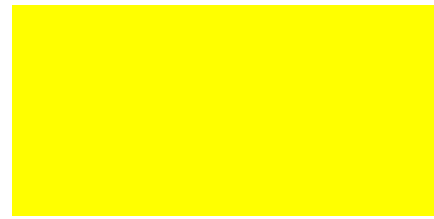




Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias
Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Implementación de un Plan de
Mantenimiento Preventivo en una empresa
dedicada a efectuar proyectos de ingeniería

Autores:

AUADT, Sebastián Alejandro.

Matrícula: 40.168.862

FEUILLADE, Francisco Héctor.

Matrícula: 40.404.561

Tutor:

Ing. Namur, Nicolás

CÓRDOBA, 2022

Agradecimientos

A nuestras familias, por ser el pilar fundamental durante este proceso. Por el apoyo incondicional y la ayuda en todo momento. Particularmente a nuestros padres y hermanos, por enseñarnos mediante el ejemplo los valores de la perseverancia y el esfuerzo para seguir adelante.

A los amigos de toda la vida y a aquellos que se sumaron durante esta etapa, quienes estuvieron presentes brindando su ayuda en lo académico como también en los momentos personales.

Al ingeniero Nicolás Namur por su buena predisposición para atender nuestras consultas y ayudarnos en la conformación de este proyecto integrador.

Por último, a todos los integrantes de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales por cada enseñanza académica brindada, el respeto y los valores transmitidos para poder conformarnos como futuros profesionales.

Resumen

En el presente Proyecto Integrador (PI) se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para los equipos considerados como críticos en una empresa radicada en la ciudad de Córdoba, que se dedica a ejecutar proyectos de ingeniería, con el fin de lograr reducir la ocurrencia de fallas.

Previo a este proyecto no se contaba con un plan de mantenimiento preventivo para estos activos, por lo que las fallas derivaron en importantes pérdidas económicas. Tampoco se ejecutaba una correcta gestión del mantenimiento ni se llevaba un registro de intervenciones sobre los equipos. Por ello, el fin de este PI fue planificar y ordenar las tareas y recursos necesarios junto con los responsables asignados en un plan de mantenimiento concreto, logrando además ordenar un área de mantenimiento (que hasta el momento no estaba conformada) bajo un enfoque de procesos, y así aumentar la fiabilidad y continuidad en el funcionamiento de los equipos.

La metodología de trabajo elaborada dejará registros claros permitiendo mejorar constantemente la gestión del mantenimiento mediante el análisis periódico de los indicadores desarrollados.

Para su conformación se incluyeron las siguientes acciones:

- Análisis de la situación actual interna.
- Estudio de los recursos actuales de la organización.
- Relevamiento de los equipos en área Metalmecánica.
- Análisis de criticidad de los mismos.
- Análisis de modo de falla y efectos (AMFE) sobre los equipos críticos.
- Definición de metodología de trabajo y planificación de tareas con responsable asignado.
- Elaboración de estándares de mantenimiento.
- Planteamiento de un ciclo de mejora continua.
- Análisis de costos/beneficios sobre un periodo tomado como muestra.
- Conformación de procesos y complementos que permitirán una mejor gestión y organización para el plan de mantenimiento.
- Conclusiones y recomendaciones sobre la implementación del plan propuesto.

Abstract

In this integrating project, a preventive maintenance plan has been developed for the equipment considered critical in a company located in Cordoba, which is dedicated to executing engineering projects in order to reduce the occurrence of faults.

Before this project, there was no preventive maintenance plan for these assets, so the failures turned out in significant economic loss. Also, there was no correct management of the maintenance and there was no record of interventions on the equipment. Therefore, the purpose of this integrating project is to plan and order the necessary tasks and resources with those responsible assigned to achieve the creation of a maintenance area under a process approach, and increase reliability and continuity in equipment operation.

The work methodologically elaborated will leave clear records allowing to constantly improve the management of maintenance through periodic analysis of the developed indicators.

For its conformation the following actions were included:

- Analysis of the current internal situation.
- Study of the current resources of the organization.
- Survey of equipment in metalworking area.
- Criticality analysis of the same.
- Failure mode analysis and effects (FMEA) on critical equipment.
- Definition of work methodology and planning of tasks with assigned responsible.
- Elaboration of maintenance standards.
- Approach to a cycle of continuous improvement.
- Cost/benefit analysis over a sampled period.
- Conformation of processes and complements that will allow a better management and organization for the maintenance plan.
- Conclusions and recommendations on the implementation of the proposed plan.

ÍNDICE

Agradecimientos	1
Resumen	2
Abstract	3
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Presentación del Proyecto Integrador	7
1.2 Justificación y desarrollo del proyecto integrador	7
1.3 Objetivo general	8
1.4 Objetivos específicos	9
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	10
2.1 Historia	10
2.2 Misión y Visión	11
2.3 Servicios	11
2.4 Organigrama	15
2.5 Diagrama FODA	18
2.6 Instalaciones	19
2.6.1 Layout	20
3. MARCO TEÓRICO	22
3.1 Mantenimiento	22
3.1.1 Historia	22
3.1.2 Objetivos del mantenimiento	25
3.1.3 La Gestión del Mantenimiento	27
3.1.4 Tipos de mantenimiento	28
3.2 Plan de Mantenimiento Preventivo	32
3.2.1 Beneficios de aplicar un Plan de Mantenimiento Preventivo	32
3.2.2 Pasos para desarrollar un Plan de Mantenimiento Preventivo	33
3.2.3 Herramientas utilizadas para desarrollar el Plan de Mantenimiento	34
3.3 Vinculación del mantenimiento con la calidad	41
3.4 Ciclo PHVA	43
4. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA ORGANIZACIÓN	46
4.1 Presentación de situación actual	46
4.2 Análisis de los recursos actuales para aplicar un plan de mantenimiento	48

4.2.1 Infraestructura en Herramientas	48
4.2.2 Manejo de Repuestos	49
4.2.3 Personal	50
5. CONFORMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	58
5.1 Relevamiento de Máquinas	58
5.1.1 Relevamiento de equipos del área Metalmecánica	59
5.1.2 Vista en planta de cada sector con los equipos	68
5.1.2.1 SECTOR DE METALMECÁNICA A:	68
5.1.2.2 SECTOR DE METALMECÁNICA B:	69
5.1.2.3 SECTOR EXTERNO:	70
5.1.2.4 VISTA EN PLANTA GENERAL:	71
5.1.3 Codificación de equipos	72
5.1.4 Listado general	73
5.2 Análisis de criticidad de equipos	73
5.3 Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE)	79
5.4 Planificación del Mantenimiento	102
5.4.1 Selección del Personal	102
5.4.2 Documentos	105
5.4.3 Indicadores de mantenimiento (KPI's)	136
5.4.4 Gestión y Procedimientos	144
5.5 Ciclo de mejoramiento continuo del plan de mantenimiento (PHVA)	145
5.6 Análisis de costos	152
6. COMPLEMENTO AL PLAN DE MANTENIMIENTO	157
6.1 Solicitud de mantenimiento para "Mantenimiento no productivo"	157
6.1.1 Diagrama de flujo "Mantenimiento no productivo"	159
6.2 Codificación de herramientas	160
6.2.1 Proceso del manejo de Herramientas	165
6.3 Relevamiento de insumos y propuesta de incorporación de repuestos generales	165
6.4 Selección de metodología y planteo de objetivos para la mejora en la versatilidad del personal	168
7. INPUT Y OUTPUT DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO	172
8. RESULTADOS	174
9. CONCLUSIÓN	176

10. RECOMENDACIONES	178
11. BIBLIOGRAFÍA	179
ANEXO	181
ANEXO I - Registro de Parámetros: Grupo Electrónico	182
ANEXO II - Representación parcial: Calendarios Digital de Mantenimiento	184
ANEXO III - Política de Mantenimiento	191

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación del Proyecto Integrador

El presente proyecto integrador propone diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo, desde una perspectiva integral, en una empresa que se encarga de brindar diversos servicios a sus clientes. Éstos abarcan desde el mantenimiento general de instalaciones, hasta el estudio, planificación y ejecución de proyectos de ingeniería (los cuales incluyen en diversas ocasiones el diseño y fabricación de distintos tipos de piezas mecanizadas).

Se busca desarrollar herramientas de soporte aplicables en la empresa, en el contexto de la conformación de un área de mantenimiento, con el fin de optimizar el desempeño de las actividades y aumentar la confiabilidad de los equipos. De ésta forma, evitar pérdidas de tiempo y costos y agregar valor al propósito de la misma, no sólo en miras de mejorar la vida útil de las máquinas e instalaciones, sino también buscando anticiparse a los problemas futuros que éstos podrían tener y que afectarían la actividad productiva-económica de la empresa.

1.2 Justificación y desarrollo del proyecto integrador

La implementación del presente proyecto integrador surge de una necesidad planteada por la empresa ante la dificultad de poder llevar a cabo un control en la disponibilidad de sus máquinas y herramientas con las cuales afronta la demanda de sus clientes. Para ello planteamos como meta idear, desarrollar, e implementar la gestión de un plan de mantenimiento integral que cubra éstas falencias, y además, genere indirectamente resultados que impliquen beneficios en las demás áreas.

Debido a que la empresa no cuenta actualmente con un departamento de mantenimiento interno, y tampoco con un plan de mantenimiento preventivo que esté respaldado por un sistema de información o base de datos, recurre permanentemente al “no mantenimiento” (o mantenimiento correctivo), lo que ha implicado costos de calidad asociados al producto final,

demora en entregas, tiempos improductivos, etc., que podrían haberse evitado y que generan disconformidad en los clientes.

Luego de analizar el contexto general de la empresa, los distintos procesos llevados a cabo, y la demanda de sus servicios por parte de los clientes, se decidió focalizar el análisis en atender a los *equipos productivos críticos del área de Metalmecánica* para el desarrollo del plan, y de ésta forma acotar el área de análisis. La misma, como se explicará más adelante, es el área que desarrolla los trabajos de diseño, los cuales conforman actualmente uno de los principales ingresos de la empresa.

Se elaborará el análisis de criticidad de estos equipos, un estudio de los modos de fallo y efectos y se confeccionarán todos los documentos necesarios para gestionar el mantenimiento y su mejora continua.

En cuanto a los recursos del área, se analizarán los *insumos* actuales y los necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento y el personal necesario en función de cada tipo de tarea.

Se analizarán también las *herramientas* que se utilizan para realizar trabajos, tanto para los clientes externos como para mantenimiento y producción interna, centrandó el análisis principalmente en su organización, clasificación y codificación, lo que no sólo será un aporte significativo al funcionamiento del plan de mantenimiento, sino que también tendrá un efecto generalizado sobre las tareas llevadas a cabo por la empresa.

Por último, se plantearán y formularán indicadores para que la empresa pueda comenzar a medir cuantitativamente su desempeño y llevar a cabo acciones sobre datos concretos.

1.3 Objetivo general

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo acorde a los recursos y requerimientos de la empresa, que permita generar registros con los cuales aumentar la fiabilidad de los equipos críticos para su modelo

de negocios, organizar el proceso que lleva a cabo el área y brindar a los directivos fuentes de información para tomar decisiones a futuro.

1.4 Objetivos específicos

- 1) Estudiar cómo es el proceso de mantenimiento que lleva actualmente la empresa e identificar y optimizar los input y output para llevar a cabo el plan.
- 2) Crear un sistema de planificación de las tareas y organizar los procesos llevados a cabo por el área de mantenimiento, identificando, ordenando y optimizando los recursos con los que cuenta el área y cumpliendo con las condiciones de seguridad del personal.
- 3) Identificar los equipos críticos con los que cuenta la organización e identificar las principales causas de daño de los mismos.
- 4) Proveer a la empresa de fuentes de información para tomar decisiones a futuro.
- 5) Englobar el plan en una política de mantenimiento definida.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Historia

La firma surge en el año 2018, en barrio Cerro de las Rosas (Córdoba Capital), donde su fundador y quien es el actual director general, contaba con un pequeño espacio que utilizaba como taller para realizar diversos trabajos y utilizarlo como depósito de insumos y herramientas. Desde allí gestionaba las tareas de mantenimiento de instalaciones edilicias y la reparación de diversos elementos que extraía de éstas. El objetivo era especializarse en soluciones integrales de mantenimiento edilicio y de máquinas, así como de gestión de proyectos en general, con énfasis en la innovación y en la aplicación de ingeniería.

En sus inicios contaba con cuatro operarios que se encargaban de llevar a cabo las tareas de mantenimiento a los clientes y la operación de los proyectos, por lo que eran versátiles y poseían conocimientos básicos en distintos tipos de actividades tales como mecánica, construcción y electricidad.

Con el transcurso del tiempo y el buen prestigio que adquirió por los trabajos realizados, los proyectos demandados por los clientes comenzaron a tener mayor envergadura, por lo que en el año 2019 deciden mudarse a un taller más amplio, lo que fue en correlación con un incremento en la cantidad de personal, maquinaria y recursos que adquirió la empresa para afrontar proyectos más desafiantes. Desde entonces, y a partir de un pedido puntual, comenzaron a realizarse también proyectos que implicaban el diseño y la creación de piezas mecanizadas en distintos materiales por lotes de producción.

En Octubre del año 2020 se incorporó un nuevo socio para trabajar junto al socio fundador desde el ápice estratégico de la empresa, lo que significó un gran aporte para el crecimiento de la misma.

Actualmente la firma se encuentra conformada por 25 personas, distribuidas en distintas áreas, buscando atender demandas de clientes en

ciudades o pueblos dentro de la provincia de Córdoba y teniendo como objetivo ser una empresa referente en cuanto a brindar servicios integrales en industrias.

2.2 Misión y Visión

MISIÓN:

“Contribuir positiva y activamente con los clientes, ayudarlos a alcanzar sus objetivos de costos y performance. Asumimos el compromiso de mejorar en forma continua la productividad de nuestras actividades.”

VISIÓN:

“Ser la empresa líder de servicios integrales en el país, respetando cuatro lineamientos fundamentales:

- 1) Satisfacción del cliente*
- 2) Rentabilidad para los accionistas*
- 3) Compromiso con el cuidado y desarrollo del capital humano*
- 4) Cuidado del medio en el que se desarrolla nuestra actividad”*

2.3 Servicios

Tal como se detalló anteriormente, la firma ofrece distintos tipos de **servicios** que buscan ajustarse a las necesidades que establecen las empresas que demandan de éstos trabajos, y que basan su desempeño en tres pilares fundamentales: Eficiencia, Productividad e Innovación.

Debido a que éstas necesidades han cambiado desde que la empresa surgió, y en pos de crecer en cuanto a cantidad de servicios que puede brindar, la firma debió realizar un análisis histórico de la distribución de la demanda para determinar cómo era la tendencia de ésta y poder adaptarse a las necesidades futuras. En el 2018, cuando las tareas que se llevaban a cabo eran exclusivamente de “Mantenimiento General”, se incluían las

categorías: plomería, construcción y remodelación estructural, limpieza, varias (neumática, mecánica, etc.) y electricidad.

Tal como puede verse en la **Tabla 1**, en el año 2018 existía una prevalencia de los trabajos de electricidad, sobre todo con el desarrollo de instalaciones eléctricas monofásicas y trifásicas en locales comerciales e industrias.

TIPO DE TRABAJO	2018
Mantenimiento General	
Electricidad	34%
Construcción y remodelación estructural	29%
Varias (Neumática, Mecánica)	17%
Plomería	14%
Limpieza	6%

TIPO DE TRABAJO	2019	2020	2021
Mantenimiento General			
Construcción y remodelación estructural	22%	21%	23%
Varias (Neumática, Mecánica)	14%	16%	18%
Plomería	8%	10%	7%
Limpieza	3%	2%	1%
Electricidad	29%	23%	20%
Trabajos de diseño	24%	28%	31%

Tabla 1 - Distribución de la demanda de trabajos (Años: 2018-2021)
[Fuente: Institucional]

En ese caso, debido a que se necesitaba de personal más calificado y dedicado exclusivamente para este tipo de tareas, se decidió separar éste tipo de trabajos como un área independiente a la de Mantenimiento General.

A partir del 2019, comenzaron a desarrollarse también los trabajos de diseño de piezas y prototipos a los clientes, a medida que se adquirían máquinas y herramientas que permitieron éste tipo de proyectos.



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN

Éste rubro tuvo un gran impacto en los ingresos de la empresa y le permitió seguir desarrollando esa unidad de negocio, que comenzó a ser cada vez más importante.

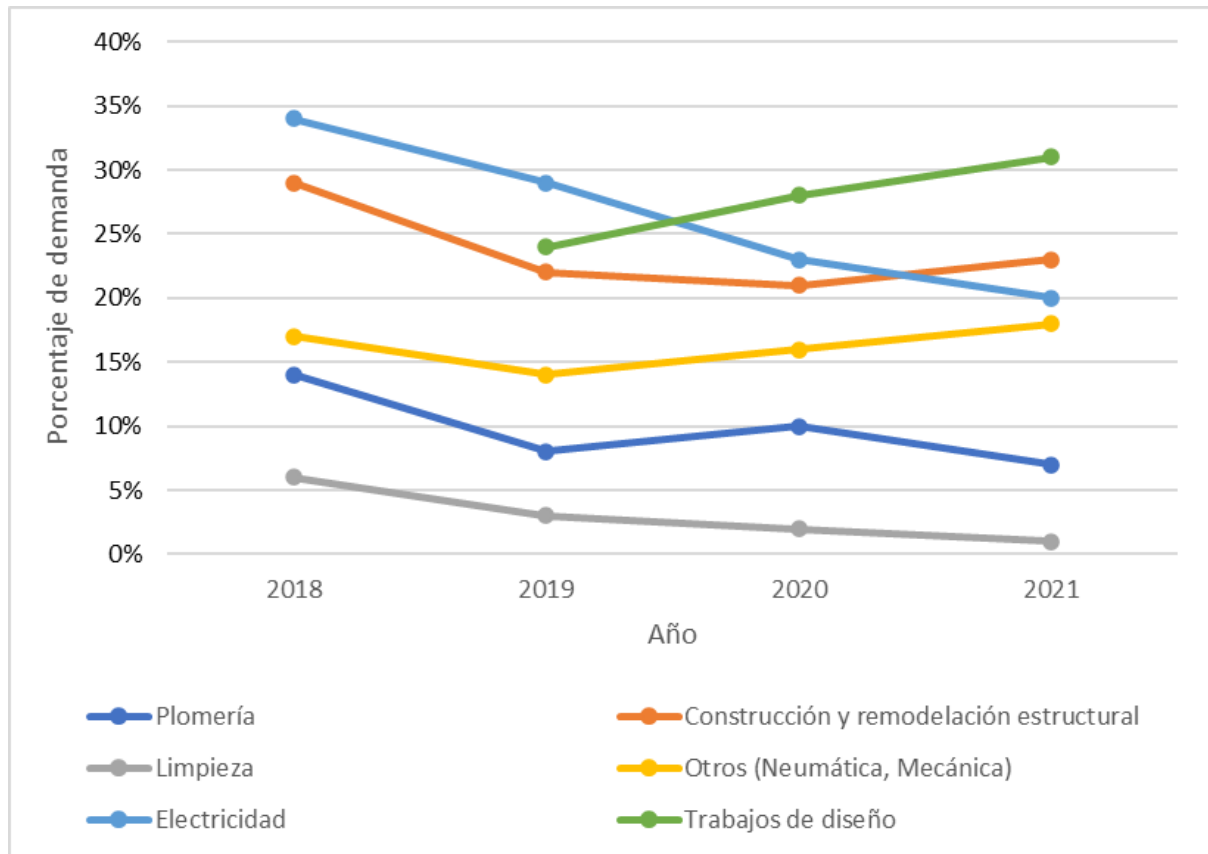


Fig. 1 - Gráfica de la distribución de la demanda de trabajos (Años: 2018-2021)
[Fuente: Institucional]

A partir de allí, y hasta entonces, las áreas operativas de la empresa quedaron definidas para clasificar los trabajos que ingresan en tres categorías principales:

- Trabajos de Mantenimiento General (representa hoy el 49% de la demanda)
- Trabajos de Diseño (representa hoy el 31% de la demanda)
- Trabajos de Electricidad (representa hoy el 20% de la demanda)

Éstos tres tipos de trabajos son atendidos por unidades operativas llamadas “cuadrillas”:

Cuadrilla de Trabajos en Mantenimiento General: Este equipo es el más amplio de la organización y su labor se basa en llevar a cabo trabajos civiles de construcción, mantenimiento edilicio y reparación de equipos. También realizan trabajos de limpieza industrial, de oficinas y espacios verdes, y tareas relacionadas a mecánica y plomería.

Cuadrilla de Trabajos en Diseño: Sus tareas son llevadas a cabo dentro de las instalaciones de la empresa, y sus miembros se encargan de ejecutar labores de diseño a pedido. Realizan la transformación de materias primas o piezas primarias en piezas de diseño mediante diversos procesos como mecanizado y pintura, así como también retrabajos de piezas tercerizadas por otras organizaciones. Es el área que más ha crecido desde que se originó, tal como se muestra en la Figura 3.

Cuadrilla de Trabajos de Electricidad: Es el grupo más pequeño de la organización pero con amplia experiencia en este tipo de trabajos. Su alcance va desde diseñar y realizar la puesta en marcha de una instalación eléctrica monofásica y trifásica, hasta reparar cualquier tipo de avería relacionada con esta especialidad, como control, readecuación y limpieza en tableros eléctricos, colocación y mantenimiento de grupos electrógenos, recambio de componentes, así como también se encuentran capacitados para actuar en situaciones de emergencia. Además, recientemente se han realizado diversos trabajos de puesta en marcha y mantenimiento de instalaciones de energías renovables.



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN



Fig. 2 - Lotes de piezas realizadas en el sector Metalmecánica por la Cuadrilla de Trabajos de Diseño [Fuente: Institucional]

2.4 Organigrama

A continuación, se visualiza la estructura conformada dentro de la organización con su relación jerárquica, y posteriormente se detalla el rol de cada puesto de trabajo:

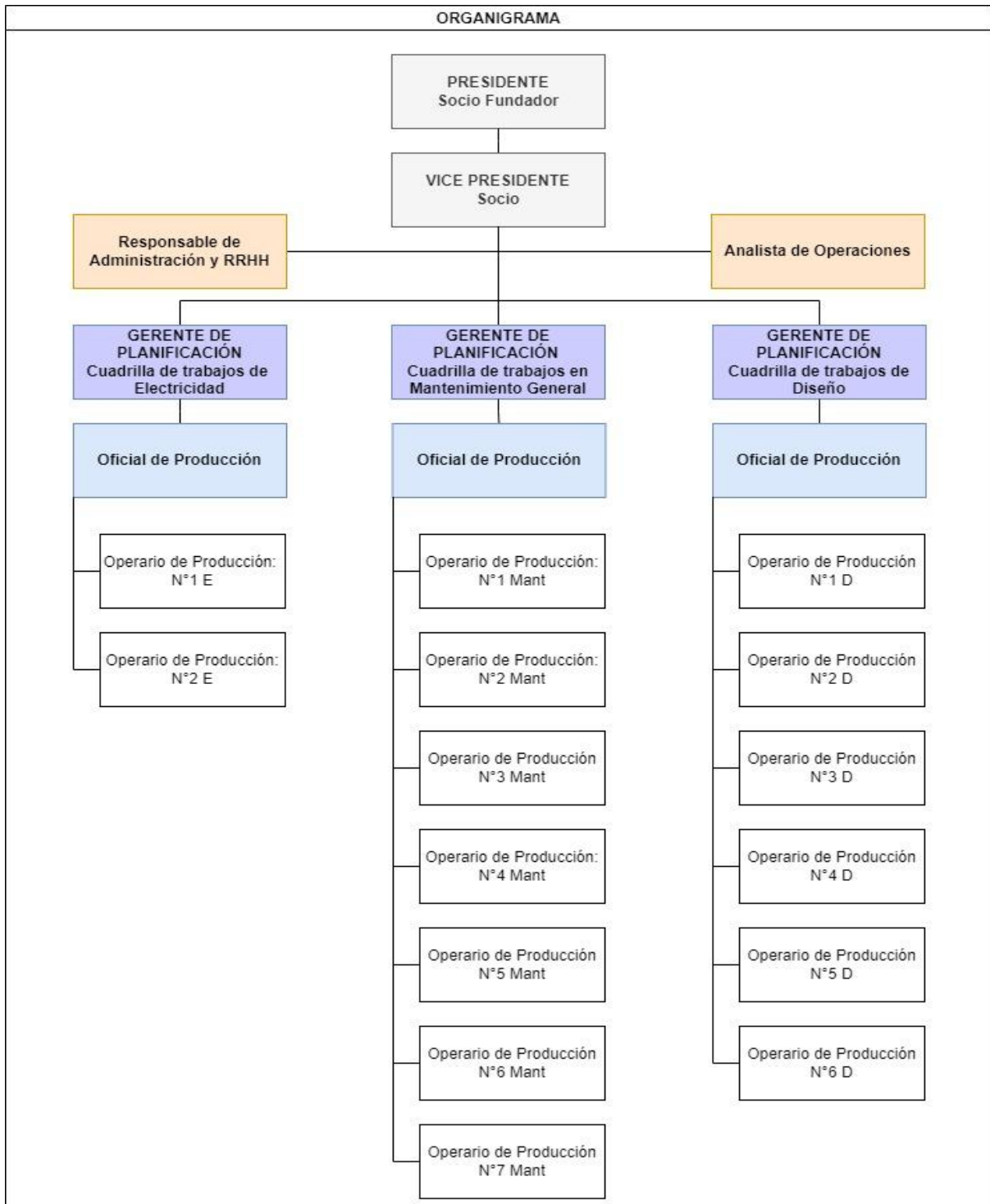


Fig. 3 - Organigrama [Fuente: Institucional]

Descripción de los puestos de trabajo

- **Presidente:** Encargado de la gestión general de los proyectos, es quien arma el plan de negocios y quien organiza la planificación a largo plazo de la empresa. Se enfoca en la búsqueda de clientes potenciales, la negociación y conformación de cotizaciones y en fijar los objetivos generales.
- **Vicepresidente:** Trabaja junto al presidente y es a quien, en ocasiones, le delega parte de su autoridad. Además de ayudar en la toma de decisiones importantes, su trabajo se basa en la planificación y la gestión de los proyectos de mayor envergadura, en el análisis financiero de la empresa y en aprobar presupuestos.
- **Analista de operaciones:** Cumple un rol de soporte a la dirección, lleva a cabo el control de gestión para evaluar el nivel en que se alcanzaron los objetivos planificados en cada proyecto ejecutado. Su labor se acompaña con el diseño de indicadores.
- **Responsable de administración y RRHH:** Encargado de ser el mediador con el estudio contable que contrató la empresa, armar los legajos de los empleados, diseñar junto con los gerentes los cronogramas de capacitaciones y en muchas ocasiones dictar dichas capacitaciones, gestionar los procesos de contratación de personal, realizar entrevistas, aprobar pagos, entre otras.
- **Gerente de Planificación:** Es el responsable de lo ejecutado por su equipo de trabajo. Una vez que se le asigna un proyecto, el mismo debe encargarse de que se realice en tiempo y forma según el contrato con el cliente, optimizando el uso de los recursos disponibles. Su función se basa en la gestión del personal, insumos y maquinaria necesaria.
- **Oficial de Producción:** Es el referente de cada cuadrilla y, aparte de trabajar a la par de los operarios, lleva el monitoreo constante de lo que se está realizando. Es quien habla directamente con el Gerente de Planificación para evacuar dudas o informar inconvenientes y transmitir los pedidos de y a los operarios.

- **Operario de Producción:** Es el personal operativo que se encuentra en las cuadrillas.

2.5 Diagrama FODA

El análisis FODA es una herramienta que se utiliza para evaluar el desempeño de una organización en el mercado y para desarrollar estrategias comerciales efectivas.

Es una fuente confiable en la que las organizaciones se apoyan para evaluar y comprender el alcance de las oportunidades y amenazas mediante el análisis de sus fortalezas y debilidades.

Las fortalezas y debilidades son principalmente útiles para el análisis interno de una organización. En cambio, las oportunidades y amenazas son externas (en términos de competencia, precios, etc.).

Siguiendo con el análisis del contexto general de la empresa, y con el fin de aportar más información sobre el “sistema” en el que se llevan a cabo los procesos, se elaboró un diagrama de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.



Fig. 4 - FODA [Fuente: *Elaboración propia*]

2.6 Instalaciones

Para el desarrollo de sus actividades, la empresa cuenta con una instalación cubierta de 700 m^2 ubicada en barrio Guiñazú, donde se preparan los proyectos y se realizan todo tipo de trabajos a pedido en función de los requerimientos de cada cliente. Además se tiene aquí la sede administrativa y logística en donde se lleva a cabo la gestión de los proyectos y desde donde se programan las actividades tanto de trabajos internos como aquellos que se realizan en otras instalaciones.



Fig. 5 - Imágen satelital de las instalaciones de la empresa
[Fuente: Google Maps]

2.6.1 Layout

En el siguiente plano se representa la distribución del espacio físico para cada área de trabajo dentro de la instalación edilicia. Se optó por colocar de simbología la letra “S” haciendo referencia a Sector junto con un número identificativo para cada área delimitada dentro de la organización.

Referencias:

- **S1:** Sector de electrónica
- **S2:** Pañol de herramientas y máquinas eléctricas
- **S3:** Pañol de insumos consumibles
- **S4A:** Sector de Metalmecánica A
- **S4B:** Sector de Metalmecánica B
- **S5:** Sector común, disponible para ser adaptado según lo requerido
- **S6:** Sector de acopio de materiales y herramientas, necesarios para ejecutar tareas hacia fuera de las instalaciones. En esta área disponible se prepara todo lo necesario que se deberá llevar el equipo de trabajo.
- **S7:** Estacionamiento
- **S8:** Vestuarios de Operarios
- **S9:** Cocina
- **S10:** Baño
- **S11:** Oficina general
- **S12:** Sala de reunión
- **S13:** Sector de Pintura
- **S14:** Sector externo
- **S15:** Comedor
- **S16:** Oficina de Dirección
- **S17:** Depósito de elementos con poca frecuencia de uso

En la siguiente hoja se muestra la vista en planta de los distintos sectores mencionados anteriormente:



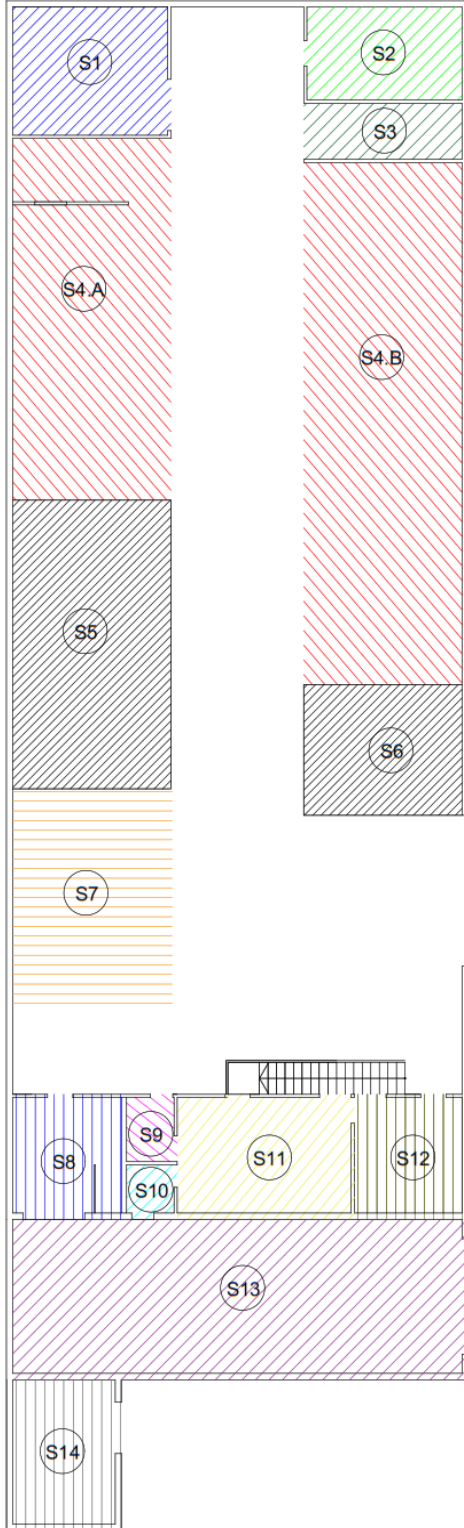
UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN

SECTORES EN PLANTA BAJA



SECTORES EN PLANTA ALTA



Fig. 6 - Layout con sectores diferenciados [Fuente: Institucional]

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Mantenimiento

Antes de ahondar en el análisis llevado a cabo para gestionar la situación del mantenimiento en la empresa, y particularmente en el área seleccionada, es necesario conocer conceptos básicos, así como la evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo.

3.1.1 Historia

La idea del mantenimiento industrial, entendido como un elemento importante de soporte sobre los procesos productivos en las empresas, está íntegramente relacionado con el desarrollo técnico-industrial que ha ido forjando el hombre en los últimos siglos. Desde sus orígenes como concepto a fines del siglo XIX, con la expansión del uso de máquinas en industrias hasta la actualidad ha sido abordado desde distintos enfoques.

El proceso de transformación que implicó la Revolución Industrial hacia fines del siglo XVIII, marcó un antes y un después en la forma de realizar los procesos de extracción, elaboración y distribución de materias primas y productos. Se reemplazó progresivamente el trabajo netamente manual o artesanal (en donde se utilizaban herramientas simples) y el uso de la tracción animal, por máquinas y dispositivos que facilitaban las tareas y aceleraban los tiempos de producción y transporte de los productos. En ese entonces el concepto de “mantenimiento” no era frecuente, y era realizado por el mismo operario de la máquina o herramienta **cuando ésta fallaba**. La reparación implicaba mucho tiempo para el operario que debía entender los componentes y dispositivos de los equipos.

Ya adentrados en el siglo XIX, con el auge del desarrollo de máquinas (primero de vapor, luego de combustión y luego con el desarrollo y la diversificación en el uso de la energía eléctrica) en conjunto con el surgimiento de nuevos mecanismos y elementos de máquinas, comenzó a expandirse la idea de tener un grupo de personas específicamente abocados a las tareas de mantenimiento, integrados por personal dedicado a solucionar

problemas en estas máquinas que eran más complejas. Sin embargo, las industrias no eran aún altamente mecanizadas y seguían teniendo gran parte del trabajo manual, por lo que una parada de máquina no era en general crítico para el proceso productivo. De esta forma estos grupos de personas abocados exclusivamente a esta tarea no llegaban a conformarse definitivamente.

A comienzos del siglo XX, y más precisamente a partir de la Primera Guerra Mundial, con el auge de la producción en serie (Henry Ford) las industrias vieron la necesidad de implantar formalmente estos grupos de trabajo y especializarlos, para efectuar reparaciones en máquinas en servicio en el menor tiempo posible. Surgen así **cuadrillas de mantenimiento correctivo**.

El hecho de tener personal abocado exclusivamente a esta tarea trajo grandes beneficios a las empresas que tenían estas cuadrillas y comenzaron a utilizarse conceptos referidos a la organización administrativa de los procesos llevados a cabo por el área, la incorporación de herramientas estadísticas y se empieza a relacionar con el área de Calidad. Además, surgen las primeras aproximaciones al Mantenimiento Preventivo (PM).

Con la llegada de la Segunda Guerra Mundial y todo lo que ello implicó en cuanto a desarrollo industrial, los países afectados pusieron en primer lugar la necesidad de abastecer rápidamente a las unidades militares, lo que implicó un alto desgaste de las máquinas y estructuras productivas en todas sus fases. Los directores de las industrias se vieron forzados a poner énfasis en la profesionalización del área de mantenimiento, contratando personal capacitado (ingenieros y técnicos) y entrenando personal propio para que sean capaces no sólo de reparar rápidamente máquinas en servicio averiadas sino también para tener la capacidad de predecir cuándo estas máquinas podrían llegar a fallar por el desgaste que estaban teniendo y luego actuar sobre esos componentes propensos a la falla. - *Conceptos como el Control Estadístico de la Calidad (SQC) y el análisis de Weibull surgen como herramientas para el área.* -

Luego de la guerra y con todos los avances llevados a cabo en cuanto a métodos, procesos y tecnología aplicada, los directores de mantenimiento en industrias que trabajaban con componentes eléctricos y electrónicos comenzaron a notar que el tiempo que se empleaba en detectar posibles fallas que pudieran ocurrir era mayor al tiempo en ejecutar la reparación. De ésta forma, de los grupos destinados específicamente al mantenimiento, surgió un subárea llamada Ingeniería de Mantenimiento, cuya función pasó a ser particularmente el control y la planificación del mantenimiento preventivo, analizando causas y efectos de las averías. Comenzó a estudiarse la relación entre la edad de los equipos y la probabilidad de fallo en sus componentes (Análisis Causa-Raíz o RCA), surge el concepto del Mantenimiento basado en la Fiabilidad (RCM) y paralelamente se desarrollan herramientas como el Poka Yoke y los Círculos de Calidad. Luego, hacia fines de los 60 se presenta la Guía MSG-1 conocida como el RCM mejorado.

A partir de la década del 70, con la difusión de las computadoras y el desarrollo de equipos de control para llevar a cabo el mantenimiento, surgieron nuevos criterios de prevención y detección de fallas, con métodos de control más ágiles y precisos apoyados por herramientas informáticas. Surge así la “Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador”, con el uso de la computadora para la Administración de Activos (CMMS). El área de Ingeniería de Mantenimiento pasó entonces a estar compuesta por un área de Estudios de Fallas Crónicas y otra de Planificación y Control del Mantenimiento. El reemplazo de elementos dañados seguía siendo un problema ya que la gestión de repuestos y el acceso a manuales de reparación por parte de los fabricantes era lenta, escasa y en muchos casos nula.

El área de Planificación y Control del Mantenimiento comenzó a tener relevancia para los supervisores de producción mediante la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el cual se volvió a incluir a los operarios de producción en tareas simples de mantenimiento, como limpieza, lubricación y pequeños ajustes (lo que hoy llamamos Mantenimiento Autónomo).

En 1978 se presentó la guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas y en la década de los 80' surge el concepto de "Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO)" y el de "Calidad Total" en donde las tareas realizadas por el área de mantenimiento pasaron a ser vistas en general como un beneficio y no como un "mal necesario".

Empezó a utilizarse un esquema basado en el riesgo de fallo de los componentes y surgieron las asociaciones de mantenimiento a nivel mundial para compartir y debatir sobre conceptos y experiencias aplicadas en distintas industrias.

En 1995 se desarrolla el proceso de 5S's (5 Pilars of the Visual Workplace) y en 2005 se estudia la filosofía de Conservación Industrial (IC) lo cual proporciona nuevas herramientas para la gestión del mantenimiento.

Actualmente, si bien depende del enfoque y la importancia que pueda darle cada director al área en su empresa, el mantenimiento es entendido en general como un sector con relevancia que puede generar ventajas competitivas en el mercado, atacando costos, tiempos productivos y mejoras en la calidad del producto.

3.1.2 Objetivos del mantenimiento

El propósito del área de mantenimiento no es, contrariamente a lo que se cree y se practica en muchas empresas, reparar rápidamente las averías que surjan en determinado momento.

Dentro de una industria, el área debe tener cuatro objetivos fundamentales que marquen y dirijan el trabajo que se debe llevar a cabo. Se definen a continuación:

1. *Cumplir un determinado valor de disponibilidad*

Según la Norma Internacional ISO 14224:2016 de recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos define a la **disponibilidad** como la capacidad de una instalación o

equipo de estar en un estado para funcionar según lo requerido en un momento determinado (sin importar su situación anterior).

2. Cumplir un determinado valor de confiabilidad y fiabilidad

Según la Norma Internacional ISO 14224:2016 de recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos define a la **confiabilidad** nos indica la capacidad de un equipo para realizar una función requerida bajo condiciones dadas durante un intervalo de tiempo dado.

Según la Norma Europea EN 13306:2018 define a la **fiabilidad** como la aptitud de un elemento para realizar una función requerida, en condiciones dadas, durante un intervalo de tiempo dado. Esto nos indica la capacidad de un equipo para lograr cumplir los objetivos previstos en el tiempo planificado. En una empresa el incumplimiento puede llegar a acarrear penalizaciones económicas, al no llegar a cumplir con las exigencias del cliente en tiempo y forma.

3. Asegurar una larga vida útil del equipo o instalación en su conjunto

Según la Norma Internacional ISO 20815:2008, 3.1.5 de Aseguramiento de la producción y gestión de la confiabilidad define a la **vida útil** como el tiempo de uso planificado del sistema total. Es decir, es la duración estimada que un equipo o instalación puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creada. Un mantenimiento mal gestionado, con una baja proporción de horas dedicadas a tareas preventivas, con bajo presupuesto, con falta de medios y de personal y basado en reparaciones provisionales provoca la degradación rápida de cualquier instalación industrial.

4. Respetar un presupuesto acordado

Los objetivos de **disponibilidad**, **confiabilidad** y **vida útil** no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo

establecido en el presupuesto anual de la planta. Un presupuesto inferior a lo que la instalación requiere no logrará cumplir con el plan de mantenimiento previsto y hará que la vida útil de los equipos disminuya. Por otro lado, un presupuesto superior a lo requerido afectaría negativamente la rentabilidad del negocio.

3.1.3 La Gestión del Mantenimiento

A menudo, en muchas organizaciones se cree que es más fácil y barato acudir a reparar un equipo cuando se avería y olvidarse de planes de mantenimiento, estudios de fallas, sistemas de organización, y otras herramientas que incrementan notablemente las horas empleadas en mano de obra indirecta, ya que requieren de tiempo y diversos recursos para ser diseñadas e implementadas.

En un contexto en el que la globalización y el fácil acceso a distintos mercados hace que la competencia sea cada vez más intensa entre los distintos actores, se hace imprescindible rebajar los costos para poder competir. Dos de los factores a optimizar son el **consumo de materiales** y el **empleo de la mano de obra**.

Es necesario estudiar la influencia que tiene cada equipo en el proceso de transformación que lleva a cabo la empresa y en los resultados económicos de la misma, por lo que se busca dedicar la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una incidencia mayor en el desempeño de los procesos que se llevan a cabo.

Existen hoy en día distintas técnicas de gestión del mantenimiento que se han desarrollado a lo largo del tiempo y que han demostrado ser eficientes en distintos tipos de industrias y en distintos contextos. Se busca con ellas que los resultados sean acordes a los objetivos de los directivos de las organizaciones y que los departamentos de mantenimiento abarquen diversos aspectos relacionados con la calidad, seguridad y el medioambiente. Para eso se busca definir políticas y objetivos, controlar su cumplimiento y buscar identificar oportunidades de mejora continua permanentes.

3.1.4 Tipos de mantenimiento

La clasificación de los distintos tipos de mantenimiento varían levemente según la bibliografía que se consulte. Según la óptica del autor Tokutaro Susuki en su obra “TPM en industrias en proceso”, podemos distinguir distintas técnicas y actividades de mantenimiento que centran sus actividades ya sea en **mantener** el equipo o en **mejorarlo**, y de ésta forma lograr las condiciones óptimas del mismo y maximizar su eficiencia global. Las actividades de mantenimiento se centran en evitar y corregir fallos para mantener al equipo en un estado deseado. Por otro lado, las actividades de mejora se centran en alargar la vida del equipo.

La Norma Internacional ISO 14224:2016 distingue las siguientes Categorías de Mantenimiento:

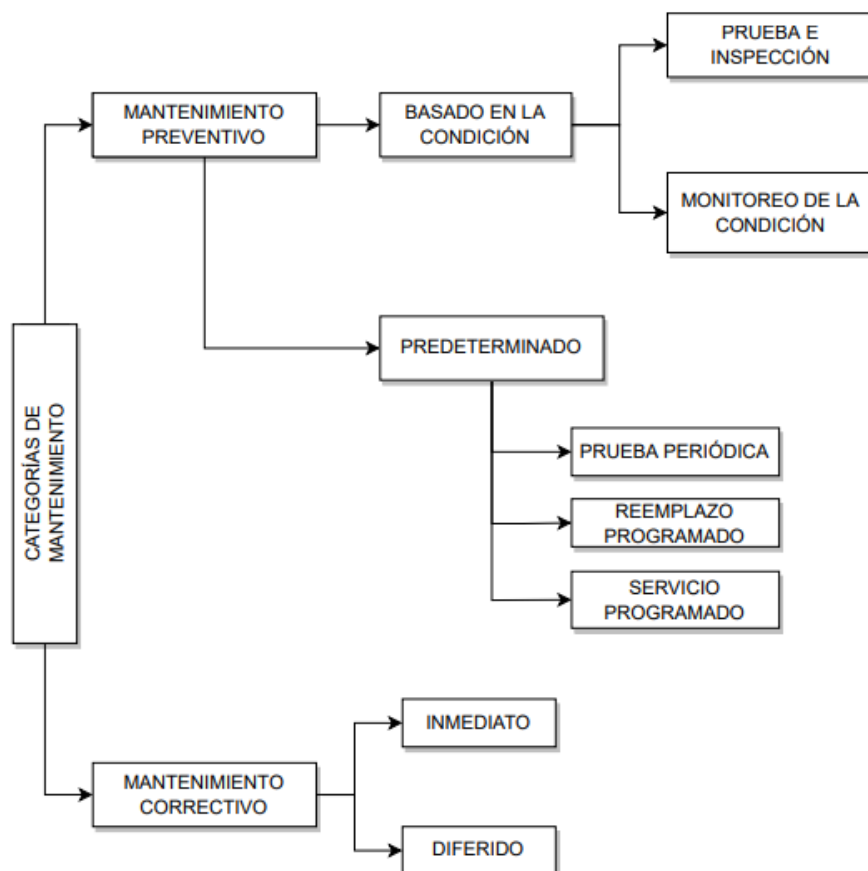


Fig. 7 - Categorías de Mantenimiento

[Fuente: Elaboración Propia con información extraída de Norma ISO 14224:2016
Punto 9.6.2]

Otras bibliografías exponen un tercer tipo de mantenimiento llamado “Mantenimiento de mejora (KAIZEN)”, con el cual se busca reducir las intervenciones sobre los equipos y aumentar la fiabilidad de los equipos.

Mantenimiento Preventivo (Previo a la falla):

De acuerdo a la Norma ISO 14224:2016 es el mantenimiento llevado a cabo para mitigar la degradación y reducir la probabilidad de falla.

Este tipo de mantenimiento busca utilizar todas las herramientas necesarias para anticiparse a las fallas que puedan tener los equipos. Para ello requiere sistemas de información con fichas técnicas, probabilidades de falla, tiempos de operación, condiciones de trabajo, entre otras, para definir intervenciones como reemplazo de repuestos y limpieza. Debe tenerse en cuenta que si no se elige de manera adecuada la frecuencia de las paradas preventivas, puede en algunos casos ser contraproducente ya que aumentaría los costos de operación.

Se detallarán a continuación dos tipos de métodos que buscan lograr disminuir o erradicar la ocurrencia de fallas, no conformidades y accidentes o posibles contaminantes asociados al mal funcionamiento de un equipo.

Mantenimiento Basado en la Condición o CBM: De acuerdo a la Norma ISO 14224:2016 es el mantenimiento preventivo basado en la condición de la evaluación física.

Es una metodología que tiene como objetivo asegurar el correcto funcionamiento de los equipos a través del monitoreo de los mismos y la realización de pruebas e inspecciones periódicas de ciertas variables asociadas a la degradación del equipo (temperatura, vibración, grietas, corrosión, desgaste, etc).

Puede ser realizado mediante prueba e inspección o mediante el monitoreo de la condición que se quiera analizar.

Las tareas de inspección a llevar a cabo dependen de los equipos de medición de los que se dispone, y por lo general se busca medir parámetros como vibraciones anómalas, temperaturas elevadas, potencia y corriente absorbida y análisis de lubricantes.

- Vibraciones anómalas: Los elementos móviles como rodamientos, engranajes, ejes, poleas, etc. pueden estar desgastados, desbalanceados, desalineados o deformados originando pequeñas vibraciones imperceptibles a los sentidos y luego a medida que el deterioro continúa se incrementan llegando al colapso. Analizando los niveles de vibraciones se define cuál es el nivel de degradación del equipamiento, teniendo una idea de cuan cerca está el elemento de la rotura y permitiendo programar su reemplazo o programación.
- Temperaturas elevadas: Se puede analizar el exceso de temperatura en los componentes eléctricos o mecánicos. Algunas veces pueden detectarse mediante contacto con el elemento anómalo o usando una cámara termográfica, sin embargo la primera opción es imposible para los componentes eléctricos por lo que se detectan puntos calientes producto de sobrecarga o falso contacto mediante el análisis termográfico.
- Potencia y corriente absorbida: Los motores eléctricos consumen una determinada potencia y corriente nominal de servicio para una determinada condición de trabajo. Cuando por alguna causa anómala la carga que deben mover aumenta, se produce un incremento en la intensidad y con ello un aumento en la potencia absorbida. La sobrecarga puede ser originada por elementos rotantes o sistemas de traslación con excesivo rozamiento o desgaste producido por el juego incorrecto o lubricación deficiente.
- Análisis de lubricantes: Los lubricantes permiten determinar qué está pasando en los mecanismos, ya sea porque se degradan fuera de los límites de diseño denotando anomalías de funcionamiento o porque en ellos se detectan partículas metálicas, óxido o contaminación líquida (agua u otros aceites).

Mantenimiento Predeterminado: según la Norma EN 13306:2010 es cíclico e independiente de la condición, se basa en inspecciones y acciones programadas en forma periódica a través de un calendario de revisiones (también llamado Mantenimiento Basado en el Tiempo), y en determinadas situaciones los planes de revisión se basan en una referencia de uso del equipamiento (ya sea en horas, meses, kilómetros o cantidad de unidades producidas), en donde se procede a visualizar el estado del equipo, realizar una limpieza y lubricación de sus partes y reemplazar piezas para evitar averías súbitas. Se determinan además los puntos críticos del equipo para minimizar los tiempos de paradas o bajo rendimiento de los mismos.

Dentro de éste encontramos los conceptos de **Prueba Periódica**, la cual la Norma ISO 14224:2016 define como una operación planificada realizada a intervalos de tiempo constante con el fin de detectar fallas ocultas potenciales que puedan haber ocurrido en el entretanto, **Reemplazo Programado** y **Servicio Programado** (actividades de servicio que prolongan la vida útil de los equipos).

En éste caso las tareas de inspección van a consistir por lo general en:

- Cambio de piezas o ajuste: Si el equipamiento contiene un elemento averiado o fuera de su funcionamiento óptimo.
- Limpieza: Si se logra evidenciar suciedad sobre el mismo.

Las tareas pueden ser realizadas por operarios especializados si son complejas (Mantenimiento Profesional) o por operarios de producción si son sencillas, tales como inspección, limpieza, lubricación y detección de señales a través de los sentidos (Mantenimiento Autónomo). Esta última nos brinda una ventaja debido a la estrecha relación existente entre el operario y la máquina.

Mientras que en el TBM los estándares son registro de datos y realización de inspecciones periféricas de ajuste y limpieza en intervalos de tiempo, en el CBM se predice la ocurrencia de falla a través de la apreciación de señales que la máquina emite.

Para la aplicación del presente proyecto consideramos que el área de mantenimiento aplique la metodología de inspección basada principalmente en **TBM** ya sea para mantenimiento autónomo o profesional, debido a las características de la empresa, sus equipos y los objetivos del área de mantenimiento en la misma. Junto a la metodología elegida, se optó por incorporar el Mantenimiento de mejora (KAIZEN) buscando mejorar por un lado la fiabilidad (MTBF: Tiempo medio entre fallas) y la mantenibilidad del equipo (MTTR: tiempo medio de reparación), con la medición de estos indicadores.

Mantenimiento correctivo (Posterior a la falla)

De acuerdo a la Norma ISO 14224:2016 es el mantenimiento llevado a cabo después de la detección de una falla hasta completar la restauración. Puede ser llevado a cabo de forma inmediata o diferida de acuerdo a la gravedad de la falla detectada y la afectación en el proceso que provoque la avería.

3.2 Plan de Mantenimiento Preventivo

3.2.1 Beneficios de aplicar un Plan de Mantenimiento Preventivo

Tal como se comentó previamente, para el presente proyecto se ha optado por formular las bases para la implementación de un plan de **mantenimiento preventivo** sobre las máquinas críticas del área de Metalmecánica.

Si bien *“un buen mantenimiento comienza en el momento del diseño del equipo, y desde luego, en la decisión de compra” [...]* y *“continúa con un buen uso del equipo” (GARCÍA GARRIDO, 2003)*, lo que se busca en fin con la aplicación del plan es mejorar la eficiencia de la empresa a través de la mejora de los procesos que se llevan a cabo en el área de Mantenimiento.

Esto implica a su vez beneficios sobre los empleados de las demás áreas que tengan incidencia en el diseño y aplicación del plan, como así

también, permite capitalizar un conocimiento más avanzado de los equipos (y sus componentes) con aquellos que se relacionan en el proceso diario.

3.2.2 Pasos para desarrollar un Plan de Mantenimiento Preventivo

Para desarrollar un plan de mantenimiento adecuado, el personal que va a efectuarlo debe tener una noción de las características generales de la empresa, los distintos componentes del sistema productivo (entradas y salidas) de cada uno de los procesos y los servicios que se llevan a cabo, además de poseer las competencias necesarias para llevar a cabo el análisis técnico de distintos tipos de equipos.

A partir de allí, debe iniciarse con un “**Relevamiento de equipos**” sobre las máquinas que posee la empresa o el área en particular que se ha seleccionado, lo que va a permitir tener un conocimiento preciso de los equipos de los que se dispone para luego realizar sobre éstos un “**Análisis de Criticidad**”, en donde se analiza cada equipo respecto del conjunto de instalaciones de la empresa y se categoriza a los mismos según criticidad para destinar inteligentemente los recursos de los que se dispone.

Después, se procede a realizar un “**Análisis de modos de falla y efectos (AMFE)**” sobre los equipos categorizados en la etapa anterior como críticos. Aquí se conocerá qué puede fallar en esos equipos y cómo podría afectar ésta falla a las actividades desarrolladas. A partir de esta información se pueden tomar acciones para reducir la probabilidad de falla de los equipos, efectuando una serie de tareas con una cierta frecuencia. Surge la etapa de la “**Planificación del mantenimiento**”. Deberá detallarse también en ésta etapa los recursos humanos necesarios, las herramientas y elementos de seguridad con las que deberá contar el personal y los repuestos que deberá tener a disposición, además del planteo de indicadores relevantes que será necesario medir y analizar. Por último, se debe llevar a cabo un “**Análisis de costos**”, teniendo en cuenta todos los recursos anteriormente mencionados y que serán útiles para efectuar el plan de mantenimiento preventivo.

3.2.3 Herramientas utilizadas para desarrollar el Plan de Mantenimiento

A continuación se detalla brevemente cada una de las etapas para el desarrollo del plan.

1) *Relevamiento de equipos*

Este proceso puede ser dividido en dos etapas fundamentales: la *elaboración del listado y análisis de equipos* con los que cuenta la planta, y la *codificación* de estos equipos.

La primera consiste en realizar un “banco de datos” luego de un análisis sobre todos los equipos que influyen y son relevantes en el desarrollo del proceso productivo que estamos analizando.

Para que este listado de equipos sea información útil para hacer el análisis, debe organizarse como una estructura, y una relación, que se expresa en el layout.

Tal como señalamos hace un momento, la segunda etapa fundamental del proceso de “Relevamiento de equipos” es la *codificación* de los mismos, la cual debe ser única para así poder identificarlos rápidamente. Esto nos permitirá luego localizarlos fácilmente, agregar ese dato a las órdenes de trabajo, a los registros de fallas e intervenciones y como forma de simplificación cuando se formulen indicadores o cálculos referidos a costos.

El formato de codificación es en general fijado por cada empresa de acuerdo a su conveniencia y a la facilidad para gestionar esta información, y depende del rubro, la cantidad de equipos y el nivel de capacitación del personal. Existen a su vez, dos tipos de codificaciones, un sistema de codificación no significativa (en donde el código elegido no aporta ningún tipo de información adicional más que el número para diferenciar un equipo de otro) y un *sistema de codificación significativa o inteligente* (en donde el número asignado aporta información

relevante) que es el que buscaremos utilizar durante la implementación del presente plan.

Un código debería contener la información obtenida en la etapa de análisis de los equipos anteriormente mencionada, detallando los distintos niveles.

Luego, más allá de estas dos etapas mencionadas, es importante complementar la fase de *relevamiento de equipos* con otros aspectos que pueden o no tenerse ya documentados por la empresa, como son, cantidad de reparaciones que se han efectuado sobre los equipos, fechas de intervención y componentes con mayor frecuencia de fallo, impacto ambiental de los equipos y sus distintos componentes, entre otros. También se deberá analizar el deterioro que han tenido las máquinas a partir de las horas de uso para ver en qué etapa de su vida útil se encuentran.

2) *Análisis de criticidad de equipos*

El análisis de criticidad se establece para diferenciar la relevancia de los equipos dentro del proceso.

Se pueden distinguir distintos niveles de importancia o criticidad. Uno de ellos refiere a **Equipos Críticos** los cuales son aquellos equipos cuya afectación (parada o mal funcionamiento) afecta directamente los resultados de la empresa. Aquí puede hacerse una distinción entre equipos “altamente críticos” y equipos simplemente “críticos” para diferenciar niveles de afectación. Otro de los niveles es el de **Equipos Importantes** los cuales son los equipos cuya afectación (parada, avería o mal funcionamiento) afecta a la empresa, pero en menor medida que el nivel anterior, ya que las consecuencias son asumibles. El tercer nivel es el de **Equipos prescindibles**, el cual abarca aquellos equipos cuya afectación genera una incidencia casi ínfima en los resultados de la empresa.

Para incluir a los equipos en alguna de las categorías anteriores, se plantean una serie de criterios en función de la influencia que una falla/anomalía de los equipos tendrá en distintos aspectos. Para el análisis de los equipos del área Metalmecánica, se decidió fijar en común acuerdo con los directivos de la empresa, los criterios de afectación a Producción, Calidad, Mantenimiento y Seguridad / Medio Ambiente, los cuales serán desarrollados más adelante en el desarrollo del plan.

3) *Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMFE)*

Esta herramienta sirve para identificar los modos de falla que tienen los equipos y que pueden causar su afectación total o parcial, así como también se centra en identificar el motivo o causal de estas fallas. A partir de esto podemos ver cuáles de éstos podrían ser a posteriori prevenidos o eliminados según el caso, y de ésta forma planificar las tareas correspondientes con responsable y fecha.

Sobre este aspecto, la Norma ISO 14224:2006 define a un **modo de falla** como “el efecto por el cual una falla es observada en un elemento fallido”, por lo cual es clave conocer los componentes críticos del equipo y su funcionamiento.

El desarrollo del AMFE (o FMEA por sus siglas en inglés) se basa en la valoración del riesgo de un ítem dado a través del producto de tres factores: la probabilidad de que la falla se manifieste (Probabilidad de Ocurrencia) [P], la gravedad de las consecuencias que produce si aparece (Gravedad del efecto) [G] y la capacidad de que sea detectada a tiempo (Detección) [D], lo que da como resultado un índice llamado **Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)**.

$$IPR = P \times G \times D$$

Cada uno de éstos tres factores se obtiene de una tabla de ponderación que le otorga un valor cuantitativo a cada uno de los criterios. Éstos, varían en cada organización según sus características.

El método utiliza también esquemas que representan las partes principales del sistema como bloques, lo cual ayuda a comprender la secuencia causa efecto. Sin embargo, estos esquemas no se tendrán en cuenta ya que no se consideran estrictamente necesarios por la finalidad del proyecto.

El método se divide en tres partes: Análisis, Control y Acción Correctiva (Correcciones) tal como se presenta en la Fig. 2. El esquema debe contener la información necesaria para poder calcular el *IPR* y las acciones de mejora correspondientes.

			ANÁLISIS					CONTROL		IPR	CORRECCIONES			NUEVA EVALUACIÓN			
EQUIPO	CÓDIGO	FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROB. (P)	EFECTOS DEL FALLO	GRAVEDAD (G)	CONTROLES	GRADO DE CONTROL (D)		ACCIÓN DE MEJORA	FECHA DE IMPLEM.	RESPONSABLE	P2	G2	D2	IPR 2

Fig. 8 - Esquema de planilla AMFE [Fuente: Pontelli, D., & Gallara, I. (2018). *Mantenimiento industrial*]

Primero debe colocarse el nombre del equipo con su respectivo código y una breve descripción de la función que cumple el mismo.

El concepto de “*Fallo de función*” se refiere a la forma en la que el equipo puede fallar. Los llamados ***fallos funcionales***, son aquellos que impiden al equipo o al sistema cumplir su función, y los ***fallos técnicos***, los cuales no impiden que el equipo siga funcionando, pero sí suponen un funcionamiento anormal de este y pueden convertirse en fallos funcionales a largo plazo.

Los “*Modos de fallo*” reflejan el por qué el sistema falla, es decir, para cada fallo de función pueden existir distintos modos de fallo.

Los “*Efectos de la falla*” refieren a las consecuencias que tienen los modos de fallo.

Los “*Controles*” son los métodos de control que se pueden aplicar actualmente con los recursos que tiene la empresa en pos de buscar detectar la falla.

Las “*Acciones de mejora*” refieren a una forma de atacar la falla en función del IPR. Sobre éstas se designará un responsable (en función de las habilidades del personal que pueda llevarlas a cabo) y una fecha para llevarlas a cabo.

Una vez obtenida toda la información necesaria, se procederá en la siguiente etapa a detallar las tareas que podemos emplear para evitar los fallos o minimizar sus efectos y la frecuencia con la que se realizarán las mismas. Sin embargo, no solo pueden tomarse acciones que impliquen mantenimiento, sino también acciones que podrían reducir efectos de los fallos a través de modificaciones en la instalación, cambios en los procedimientos que se llevan a cabo para operar los equipos y modificaciones en los procedimientos de mantenimiento actuales que se tendrán en cuenta en el análisis.

Para determinar los fallos y modos de fallo se suele recurrir a distintas fuentes de información, que varían según el tipo de empresa que se analice y el desarrollo de su área de mantenimiento. En principio algunas de estas fuentes de consulta son documentación del equipo, histórico de averías, experiencia del personal de mantenimiento, entre otras.

Debido a que la empresa a la que nos referimos no cuenta con un área de mantenimiento desarrollada ni con un registro formal de información, la principal fuente de información que se va a utilizar será el personal que desempeña sus tareas en el “*Sector Metalmecánica 4A y Sector Metalmecánica 4B* (Ver punto 2.6.1).

4) *Planificación del mantenimiento*

En ésta etapa se llevará a cabo la ejecución de las tareas para gestionar la información obtenida en las etapas anteriores.

Herramientas que llevarán a cabo la gestión de los procedimientos, tales como las planillas de Estándar de Mantenimiento, el Calendario de Mantenimiento, las Solicitudes de Trabajo y las Órdenes de Trabajo de Mantenimiento, los Registros Históricos de Fallas y Averías, y también los procedimientos de intervención de los equipos, serán algunos de los elementos con los que cuente el área para el desarrollo del plan. Una vez definidas las herramientas a utilizar, se plantearán una serie de indicadores que serán útiles para medir los resultados del área.

Es imprescindible para la mejora de los procesos en las empresas llevar periódicamente un registro de distintos **indicadores (KPI)** para medir el desempeño de las tareas llevadas a cabo y poder tomar decisiones a futuro, ya que no se puede controlar aquello que no se puede medir. Para ello deben seleccionarse del conjunto de datos generados por el proceso, aquellos que nos brinden información útil para la toma de decisiones. Un indicador puede ser directamente un dato histórico obtenido o puede formularse a través de relacionar distintas variables. A su vez, debe ser válido, confiable, preciso, medible e importante programáticamente.

5) *Análisis de Costos*

Tal como expone el autor Nassir Sapag Chain, “los sistemas de mantenimiento industrial se pueden considerar como proyectos que es posible evaluar, porque generan beneficios y costos diferenciales y porque afectan de distinta forma la productividad de la empresa” (*Proyectos de Inversión, 2004*). Es por ésto que para evaluar la implementación del nuevo plan de mantenimiento se debe tener claros ciertos conceptos sobre costos.

Los **costos fijos** involucrados en el plan serán aquellos que permanecen constantes aunque cambie el número de acciones de mantenimiento que se efectúen. Los **costos variables**, en cambio, si varían según el número de acciones que se realicen (mayor consumo de repuestos, accesorios, lubricantes, etc.).

Los **costos directos** son aquellos que se asocian directamente con el activo que recibe la acción de mantenimiento y los costos indirectos no pueden asignarse a un equipo en particular.

El **costo inicial de mantenimiento** es la inversión que se requiere inicialmente para cumplir correctamente con las acciones de mantenimiento.

De ésta forma, los “beneficios” que obtendría la empresa por la confiabilidad de sus equipos y las -no paradas- repentinas de producción, deberán ser mayores a los costos que se tendrían por reparar las máquinas con un mantenimiento correctivo o sin planificación.

Se plantea desarrollar un centro de costos llamado “*costos directos de mantenimiento y reparación*”, en donde se incluyen los gastos en los que la organización tendrá que incurrir eventualmente para realizar tareas de mantenimiento preventivo o correctivo, incluyendo los insumos del depósito necesarios para llevar a cabo las tareas de inspección, control y reparación. Ésto permitirá medir las erogaciones efectuadas por el área y definir un presupuesto más preciso.

Haciendo una comparativa de tiempo en relación con los gastos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo se presentará como una curva ascendente ya que, reducirá la vida útil de los activos presentando una fuerte depreciación y llevando a una mala utilización de los recursos, impactando en la pérdida de producción o calidad de los servicios brindados.

Por otro lado, implementar un plan de mantenimiento preventivo evitará costos elevados en intervenciones de emergencia ya que, aparte de los gastos propios de la reparación, no incurrirá en costos por pérdida de producción debido a la falta de disponibilidad del equipo y costos por parada y arranque de actividades. Dependiendo de la magnitud del trabajo, los costos por paradas no deseadas pueden

llegar a alcanzar la mitad del presupuesto anual de mantenimiento en una organización. Si bien su implementación requiere un esfuerzo económico para la puesta a punto en poder conformar una estructura destinada al mantenimiento con personal idóneo, destinando tiempo en efectuar los procedimientos correspondientes y armando un stock con los insumos necesarios destinados a estas actividades, se verá reflejado en el tiempo en un ahorro en costos incurridos por fallas eventuales.

3.3 Vinculación del mantenimiento con la calidad

El concepto de **calidad** plasmado en un producto terminado o un servicio que se brinda dependerá de si las características físicas obtenidas son las correctas en un producto terminado o si se logró alcanzar la satisfacción del cliente al brindar un servicio determinado. La *calidad en el mantenimiento* puede entenderse como: “**Lograr obtener una máxima disponibilidad al mínimo coste posible**”.

El *Pilar Mantenimiento de la Calidad (QM)* que se utiliza en el TPM (herramienta originaria del Sistema de producción Toyota y luego expandida a otras industrias con el objetivo de lograr confiabilidad en los equipos para poder desarrollar la metodología JIT y disminuir pérdidas por retrabajos o piezas rechazadas por defectos de calidad) se basa en el principio de que un equipo mantenido en perfectas condiciones produce un producto de perfecta calidad. De ésta forma, se busca verificar y medir periódicamente las condiciones “cero defectos” y para su aplicación se debe:

- 1) Clasificar los defectos e identificar las circunstancias en que se presentan, la frecuencia de ocurrencia de los mismos y los efectos que producen.
- 2) Realizar un análisis con causa raíz para identificar los factores del equipo que generan los defectos de calidad.
- 3) Establecer valores estándar para las características de los factores del equipo y valorar los resultados a través de un proceso de medición.
- 4) Establecer un sistema de inspección periódico de las características críticas.

5) Preparar matrices de aseguramiento de la calidad (QA). La matriz QA permite identificar los procesos o elementos de los equipos que más influyen en la calidad del producto, para realizarla se cruzan los defectos del producto con los elementos de los procesos que intervienen en la elaboración del mismo.

6) Realizar un análisis de las 4M. La tabla 4M permite realizar un diagnóstico de materiales, maquinarias, métodos y mano de obra que pueden llegar a ser factores causales de los defectos del producto.

7) Actualizar periódicamente los estándares de mantenimiento, se busca ajustar el plan de mantenimiento AM y PM para que los defectos no aparezcan nuevamente. Para ello se realizan investigaciones mediante AMFE de Producción y Mantenimiento.

A su vez, el área de mantenimiento debe asegurarse que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) *Disponer de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.* Es decir, un departamento de mantenimiento adecuadamente dimensionado no debe tener personal esperando a que se produzca una avería para intervenir y debe ser capaz de responder ante un problema imprevisto con una rapidez correspondiente a su importancia. Por lo tanto, es necesario dimensionar el departamento de manera que se logre cumplir los planes establecidos y los sucesos imprevistos que puedan suceder, integrando un personal calificado y con funciones adecuadamente distribuidas con cargos perfectamente definidos.
- b) *Que se encuentren disponibles insumos y herramientas adecuados para los equipos a intervenir.* Además de que los mismos cumplan con especificaciones técnicas, dentro del mantenimiento debemos tener las siguientes consideraciones:
 - Conformar un stock de materiales adecuado, lo cual abarca un costo inmovilizado para la organización por lo que debe ser el mínimo posible con objetivos bien marcados en cuanto a disponibilidad.

- Contar con un sistema de recepción, verificación de aquellos materiales que lo precisen, agregando un registro de salida una vez que se utilizó.
 - Conformar y llevar a cabo un procedimiento de almacenaje, manipulación y conservación de los materiales. Asegurando su perfecto estado para el momento de utilizarlos.
 - Contener medios que nos permitan saber cómo colocar los repuestos o utilizar materiales, máquinas y herramientas.
 - Tener un equipo de máquinas y herramientas listo para ser utilizado por personal de mantenimiento.
- c) *Contener métodos de trabajo adecuados para las tareas de mantenimiento.* Asegurando que las reparaciones efectuadas sean fiables, es decir, que no vuelvan a producirse en el corto plazo. En este punto es importante la conformación de procesos documentados donde se detallan procedimientos con tareas a seguir e indicando frecuencias de ejecución y cómo actuar en caso de emergencia. También es importante llevar un registro de las intervenciones que sufrió el equipo junto con recomendaciones para su posterior uso y cuidado.

Si bien el pilar “mantenimiento de la calidad” es un de suma importancia en la implementación de planes de mantenimiento enfocados a procesos, no será el principal objeto del presente proyecto ahondar en el desarrollo de cada uno de sus puntos, por lo que en términos generales se buscó que varios de los conceptos que el pilar plantea, estén implícitos en el desarrollo del plan de mantenimiento.

3.4 Ciclo PHVA

Es una herramienta que permite el enfoque a procesos, y según la norma internacional ISO 9001:2015: “El ciclo PHVA permite a una organización asegurarse de que sus procesos cuenten con recursos y se gestionen adecuadamente, y que las oportunidades de mejora se determinen y se actúe en consecuencia.”

Las siglas PHVA refieren a:

Planificar

- Establecer los objetivos del sistema y sus procesos.
- Establecer los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Identificar y abordar los riesgos y las oportunidades.

Esto es porque un sistema debe planificarse teniendo en cuenta el contexto de la empresa, las necesidades y las expectativas de las partes interesadas, así como todos los requisitos del cliente.

En la norma ISO 9001:2008 se planteaba la planificación como el establecimiento de todos los objetivos y los procesos necesarios para conseguir los resultados según los requisitos de los clientes y la empresa.

En la norma ISO 9001: 2015 se añade que se debe establecer además los recursos que vamos a necesitar y es necesario identificar los riesgos y las oportunidades, asignándoles recursos.

Hacer:

La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe considerar:

1. Las capacidades y limitaciones de los recursos internos existentes.
2. Qué se necesita obtener de los proveedores externos.

Verificar:

Realizar el seguimiento y (cuando sea aplicable) la medición de los procesos y los productos y servicios resultantes respecto a las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas, e informar sobre los resultados.

La organización debe determinar:

- Qué necesita seguimiento y medición.
- Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos.
- Cuándo se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición.
- Cuándo se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

Actuar:

Es necesario tomar acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario. La empresa tiene que determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implantar cualquier acción que sea necesaria para cumplir con los requisitos del cliente.

Deben incluir:

- Mejorar los productos y servicios para cumplir los requisitos, así como considerar las necesidades y expectativas futuras.
- Corregir, prevenir o reducir los efectos no deseados.
- Mejorar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

4. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA ORGANIZACIÓN

Luego de exponer la historia y los conceptos relacionados al mantenimiento que fueron considerados importantes para comprender el desarrollo del PI, y antes de comenzar a desarrollar los pasos para efectuar el Plan de Mantenimiento Preventivo, se procederá a efectuar un análisis breve del estado actual en el que se encuentra la empresa en cuanto al mantenimiento y de qué recursos disponemos para realizar una correcta gestión del mismo.

4.1 Presentación de situación actual

La firma actualmente no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo formal en funcionamiento, y actúa de forma reactiva ante los fallos que suelen presentarse, lo que ha generado inconvenientes con sus clientes por incumplimiento de plazos o provocado la necesidad de incurrir en gastos elevados por llevar a cabo soluciones de emergencia, sobre todo en lo que respecta a trabajos de Diseño.

Luego de un relevamiento enfocado en la función del mantenimiento en la empresa, se pudo elaborar un diagnóstico con distintos puntos a tener en cuenta:

- 1) **No existe formalmente un “área de mantenimiento”**, por lo cual tampoco se tiene una política de mantenimiento ni procedimientos con los alcances, funciones y responsabilidades del personal involucrado en tareas de este tipo.
- 2) **No posee un plan de mantenimiento** que detalle los procesos a llevar a cabo ni un desarrollo de los objetivos y metas que se desean alcanzar mediante la aplicación del mismo.

- 3) **No se analizan costos** por tiempos de reparación, repuestos e insumos utilizados para poner los equipos nuevamente en funcionamiento.
- 4) **No existen registros históricos** de averías y fallos en las máquinas, así como tampoco de intervenciones sobre las mismas.
- 5) **No hay un inventario de máquinas, equipos ni herramientas**, así como tampoco se conoce cuáles de éstas están disponibles en su totalidad o en qué estado de su vida útil se encuentran.

A nivel de “gestión del mantenimiento”, refiriéndonos a la administración de los requerimientos, solicitudes de trabajo y programación de las actividades, nos encontramos con la siguiente situación:

- Utilizan en todos los casos mantenimiento *correctivo*.
- Para la ejecución de reparaciones no cuentan con Órdenes de Trabajo (OT) que permitan a quien debe ejecutar las tareas, conocer las especificaciones del trabajo a realizar o dejar asentado en algún lugar los costos en los que incurrió para efectuar la reparación. En éstos casos, si el personal logra identificar una falla o anomalía en alguno de los equipos, la informan verbalmente al personal que se encuentra en el mando superior y que se ubique en ese momento dentro de las instalaciones, quien debe conseguir los repuestos necesarios. Al no estar documentado o estandarizado el proceso de identificación y reparación, éstas observaciones por lo general pasan desapercibidas y no se realiza un control de quién ni cuándo intervino el equipo con fallas.
- Puede identificarse una gran predisposición y colaboración por parte de los trabajadores para realizar tareas de reparación cuando se requiere.
- Gran dificultad para encontrar los manuales técnicos de los equipos, lo que imposibilita que pueda llevarse a cabo el



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



mantenimiento acorde a las recomendaciones de los fabricantes, y además implica mayor tiempo de análisis para obtener en campo datos técnicos y características de las máquinas.



Fig. 9 - Área de trabajos de soldadura y varios. Sector 4B: Metalmecánica
[Fuente: Institucional]

4.2 Análisis de los recursos actuales para aplicar un plan de mantenimiento

4.2.1 Infraestructura en Herramientas

Es importante determinar la calidad y cantidad de los recursos físicos que se tienen para efectuar el mantenimiento. Teniendo en cuenta que la empresa ofrece un servicio de mantenimiento a terceros, tiene conformada una buena estructura en herramientas de distintos tipos con las que cuenta para hacer frente a distintos trabajos.

En el presente proyecto se considerarán “herramientas” aquellos equipos/instrumentos compartidos por las distintas cuadrillas y que ocasionalmente son trasladados fuera de las instalaciones de la empresa para realizar trabajos externos o que se utilizan para reparar otros equipos dentro de la instalación.

Las herramientas se encuentran distribuidas **sin una locación particular**, por lo que en general están o en estanterías del “pañol de herramientas y máquinas eléctricas” o repartidas en los distintos sectores de trabajo (Metalmecánica, Electrónica, etc.).

Además, se pudo identificar que uno de los motivos por los que no se logra ordenar las herramientas para facilitar su disponibilidad es el hecho de que **no poseen un número de serie o código** con un registro de su ubicación que permita localizarlas rápidamente. Las cajas de herramientas no están completas y muchas veces los operarios se apropian de algunas unidades y las llevan a su estación de trabajo para facilitar su labor diario y ahorrarse el tiempo de buscar en los distintos sectores de la instalación, lo que provoca diversos conflictos entre el personal ya que genera tiempos de búsqueda que son improductivos.

Más adelante, en el Capítulo 6, y como complemento del Plan de Mantenimiento se ahondará en éste tema para gestionar de manera correcta las herramientas, lo que implicará un punto importante para el desarrollo óptimo del plan y un beneficio para las cuadrillas en lo que respecta a trabajos externos.

4.2.2 Manejo de Repuestos

La instalación posee un **pañol de insumos** con disponibilidad para todos los proyectos en proceso y para uso interno en el lugar. En él se pueden encontrar materiales eléctricos, bulonería, materiales de limpieza, lubricantes y aceites, entre otros. Actualmente es de libre acceso por parte del personal, y su consumo es a demanda. No se lleva un registro de los

ingresos y egresos realizados, lo que conlleva a desconocer el stock disponible.

Para reparaciones y uso interno, la empresa acude a la experiencia de los operarios para determinar los elementos con mayor rotación, y su reposición se basa en un aviso informal por parte de quien notó el faltante al primer personal de mando superior que se encuentre en el sector en el momento.

En el Capítulo 6 se mostrará un relevamiento de los insumos con los que hoy cuenta la organización junto con una propuesta de aquellos que deberán adquirir como complemento al plan. Implicará un aporte significativo para el correcto desarrollo de la gestión del plan de mantenimiento y, al igual que con la gestión de las herramientas, resultará en un beneficio para las cuadrillas ya que podrán evidenciar la clasificación de los insumos con los que cuenta.

4.2.3 Personal

El puntapié inicial para la confección del plan y para gestionar el mantenimiento es el personal encargado de ejecutarlo. Es fundamental conocer la formación y la capacidad de respuesta del empleado, por lo que en este apartado se analizarán las competencias del personal con el que cuenta actualmente la empresa, con el fin de **evaluar** el capital humano para llevar a cabo el plan de mantenimiento.

El personal que conforma las cuadrillas posee diversas competencias, y si bien algunos integrantes de la “Cuadrilla de trabajos de Mantenimiento General” **efectúan tareas de mantenimiento sobre máquinas en industrias** que contratan ese servicio, su disponibilidad de tiempo es acotada, por lo que se intentará utilizar en la mayor medida posible otros operarios para las tareas y así dejar a éstos las tareas más complejas o que requieran de mayor especialización.

Debemos tener en cuenta que entre las tareas que insumirá el plan de mantenimiento se incluyen la planificación, programación, ejecución,

evaluación y mejora, por lo que se deberá asignar de manera correcta los recursos humanos necesarios a cada etapa, de acuerdo a sus competencias y capacidades.

Se optó por dividir la evaluación de competencias en dos etapas, una sobre las llamadas habilidades “soft” (referidas a cualidades personales, conocimientos de gestión y manejo de equipos, capacidad de organización, etc.) y otra sobre las llamadas habilidades “hard” o de competencias y conocimientos técnicos sobre determinados campos.

Para comenzar con la **primer etapa** de conocimientos “soft” se llevó a cabo una breve encuesta al personal de las cuadrillas sobre su comprensión en los conceptos PROCEDIMIENTO y GESTIÓN, en donde se realizaron las preguntas cerradas:

¿Qué es un procedimiento?

Respuesta óptima: Método o modo de tramitar o ejecutar una actividad.

¿Qué es la gestión?

Respuesta óptima: Conjunto de operaciones que se realizan para dirigir y administrar actividades.

Si su respuesta coincidía o daba a entender el concepto, se asignaba un “SI”, en caso contrario un “NO”.

La encuesta arrojó los resultados expresados en la "*Fig. 10 - Relevamiento del manejo de conceptos del personal*" demostrando un importante desconocimiento de ambos conceptos.

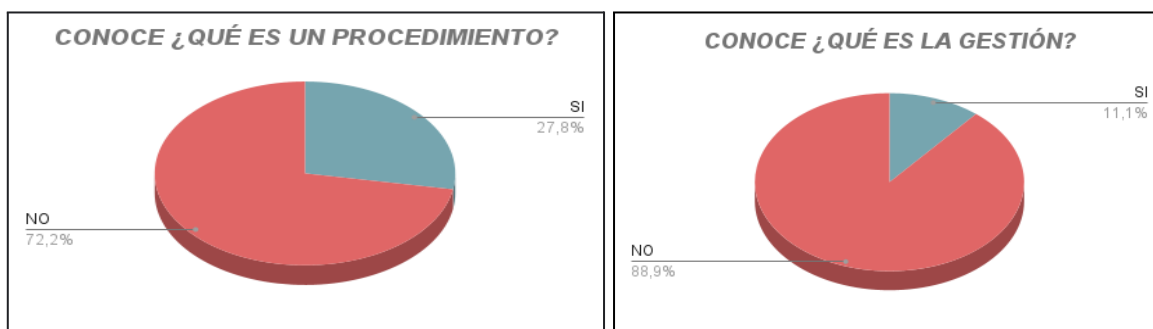


Fig. 10 - Relevamiento del manejo de conceptos del personal
 [Fuente: Elaboración Propia]

Se realizaron reuniones con los gerentes de cada una de las cuadrillas en donde se analizaron los perfiles de cada uno de los operarios y luego, a través de encuentros con el personal se detectó su necesidad de brindar más capacitaciones, ya que en el momento éstas eran nulas o casi nulas, tanto técnicas como referidas a temas de gestión y sobre todo en lo que implica al mantenimiento.

Se considera que con un plan de capacitaciones adecuado, se logrará estimular el desarrollo de destrezas técnicas y de procedimientos y gestión, lo que permitirá una mayor organización y un funcionamiento óptimo del plan propuesto. El personal podrá entonces dimensionar la importancia de ejecutar bien los procedimientos y llevar a cabo una buena gestión de las tareas con la responsabilidad que esto implica.

La correcta implementación del plan de mantenimiento, que implica nuevas formas de llevar a cabo ciertas tareas y procedimientos ya “asentados” en la empresa, significa al comienzo un cambio de filosofía en el personal, que debe entender los beneficios que generará el cambio. Es por ello que se brindó especial importancia a éste tema como punto de partida, ya que la resistencia al cambio es muy frecuente en general y hace que grandes proyectos puedan culminar en grandes ideas no realizadas.

En la **segunda etapa**, para evaluar las habilidades “hard”, decidimos realizar una “matriz de polivalencia” poniendo en consideración las distintas operaciones que se llevan a cabo en la labor diaria con motivo de conocer,

medir, evaluar, plantear objetivos y tomar decisiones en relación con la capacidad de versatilidad del equipo.

Su conformación fue llevada adelante mediante una encuesta realizada a los operarios de producción junto con el aval de su responsable a cargo (Oficial de Producción), lo que permitió establecer una ponderación para las distintas habilidades. A modo de preservar la identidad de los trabajadores, se optó por listarlos con la codificación asignada en el organigrama institucional según la cuadrilla en la que forman parte.

A continuación se visualizaron los resultados:



UNC



Código Operarios	Operarios															% Operaciones
	Operario N°1 E	Operario N°2 E	Operario N°1 Mant	Operario N°2 Mant	Operario N°3 Mant	Operario N°4 Mant	Operario N°5 Mant	Operario N°6 Mant	Operario N°7 Mant	Operario N°1 D	Operario N°2 D	Operario N°3 D	Operario N°4 D	Operario N°5 D	Operario N°6 D	
OPERACIONES																
Albañilería	2	2	3	3	3	3	3	3	3	1	2	0	2	0	3	74%
Conocimiento en programar CNC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	1	13%
Conocimientos de Tornería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	15%
Electricidad monofásica	3	3	1	2	0	0	1	2	2	2	3	2	2	3	2	63%
Electricidad trifásica	2	3	0	2	0	0	0	1	2	0	2	0	0	2	0	32%
Electrónica	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	15%
Hidráulica	0	0	0	2	0	2	0	2	3	0	0	0	0	2	0	25%
Interpretación de planos	2	3	2	3	0	2	1	2	0	3	3	3	3	3	2	72%
Manejo de herramientas de mano en gral.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	98%
Mecánica	1	0	0	2	2	3	2	3	0	1	2	0	1	2	0	43%
Medición con calibre pie de rey	2	3	0	1	0	0	1	3	2	3	3	3	3	3	0	60%
Medición con cinta métrica	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	100%
Medición con micrómetro	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	27%
Neumática	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	2	0	2	2	0	27%
Plomería	1	0	3	3	2	2	3	3	2	0	1	0	1	0	1	49%
Soldadura autógena	0	0	0	1	2	0	3	2	2	3	2	0	0	2	0	39%
Soldadura MIG	1	2	0	1	3	0	3	3	3	3	2	0	0	3	2	58%
Soldadura por punto	1	2	0	1	3	2	3	2	3	3	3	0	0	3	0	58%
Soldadura TIG	1	0	0	1	2	0	1	0	3	3	2	0	0	2	0	33%
Utilización de Router	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7%
Utilización de Tester	3	3	0	2	0	0	1	3	2	2	3	3	2	3	1	63%
% en Polivalencia de los Operarios	42%	48%	24%	48%	37%	36%	49%	66%	53%	48%	58%	43%	50%	58%	35%	46%

Tabla 2 - Matriz de Polivalencia [Fuente: Elaboración propia]

Parámetros		Nivel %
● 0	No posee conocimiento	0%
● 1	Conocimiento Básico	30%
● 2	Conocimiento Avanzado	70%
● 3	Experto	100%

Fig. 11 - Cuadro de puntuación para la Matriz de polivalencia
 [Fuente: Elaboración propia]

Se describen las referencias correspondientes a las puntuaciones.

- No posee conocimiento: No puede realizar la actividad.
- Conocimiento Básico: Puede realizar la actividad con ayuda externa.
- Conocimiento Avanzado: Puede realizar la actividad por sus propios medios y seguro.
- Experto: Puede realizar la actividad y se encuentra en condiciones de capacitar a otra persona.

La sumatoria ideal que debería tener un operario es un valor de 63 puntos, lo cual indicaría un 100% de habilidades con respecto a la matriz, esto es un objetivo inalcanzable en la práctica, pero que sirve para tener una referencia al momento de llevar a cabo mejoras.

A continuación, visualizamos gráficamente los resultados promedio obtenidos por cada cuadrilla:



POLIVALENCIA POR EQUIPO DE TRABAJO

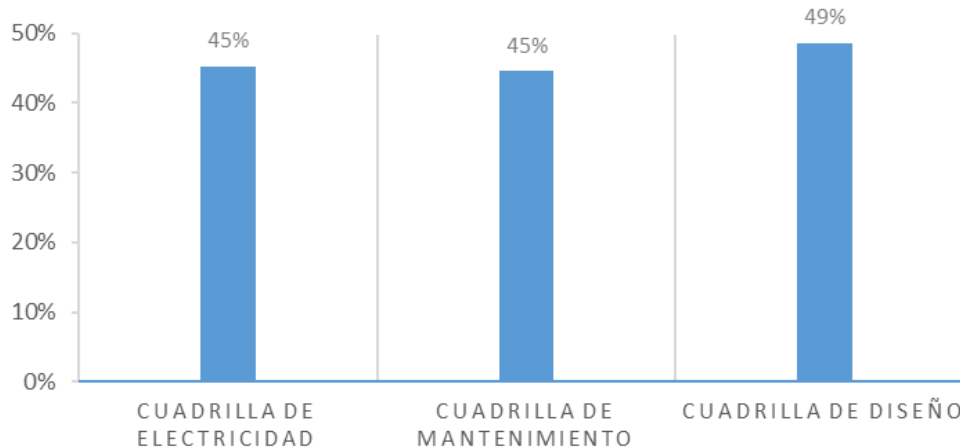


Fig. 12 - Gráfica de porcentaje de polivalencia por cuadrilla
[Fuente: Elaboración propia]

En la gráfica se logra identificar una participación promedio similar sobre la totalidad de las operaciones por cada equipo de trabajo.

Si analizamos la tabla, los puntos máximos de operarios con mayor versatilidad se identifican dentro de la Cuadrilla de trabajos de Diseño y de Mantenimiento General. Mientras que los operarios de la “Cuadrilla de trabajos de Electricidad” reflejan una especialización en su área de análisis.

Ahora se muestra el porcentaje de participación por operación, evidenciando cuáles actividades pueden ser realizadas por la mayor cantidad de personal y cuáles no.

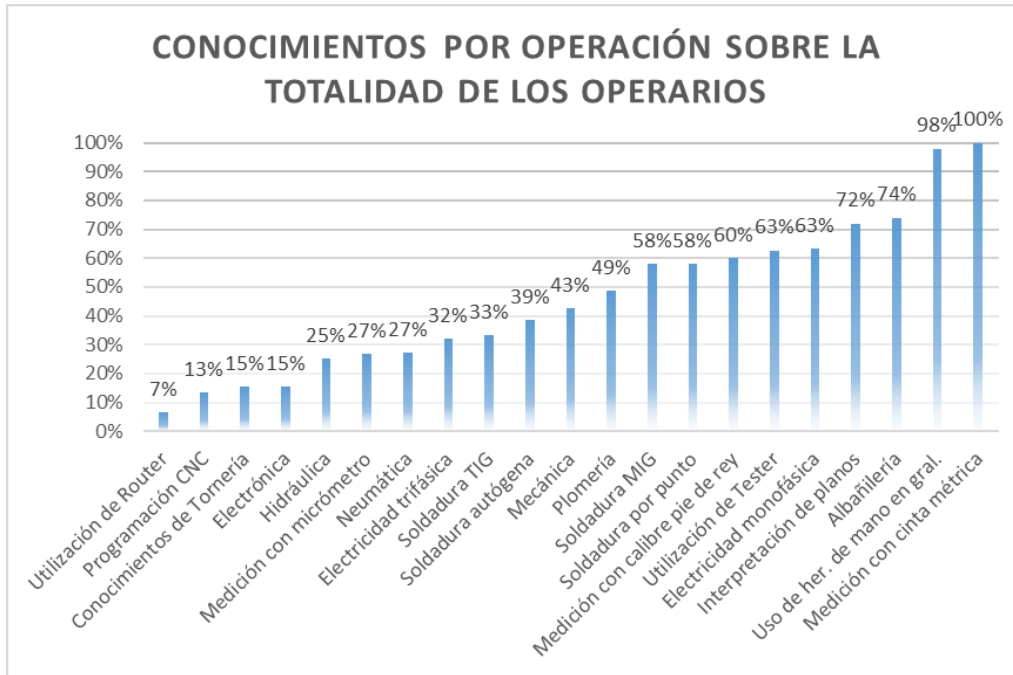


Fig. 13 - Gráfica de conocimientos por operación
[Fuente: Elaboración propia]

El promedio de estos porcentajes nos arroja de resultado una media del 46%, al cual definiremos como un Macro Indicador que evidencia el nivel de polivalencia que tiene el personal operativo de la organización.

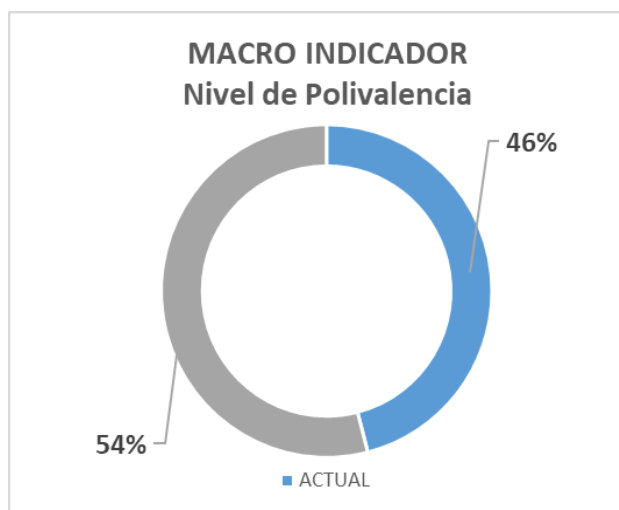


Fig. 14 - Gráfica de Macro indicador polivalencia
[Fuente: Elaboración propia]

Si bien medir los conocimientos del personal implica un análisis subjetivo, permite obtener una aproximación en la evaluación de conocimientos. A partir de esto, el ápice estratégico de la organización puede definir objetivos de mejora periódicos y plantear un esquema de capacitaciones.

En el capítulo 6 se ampliará una propuesta sobre qué objetivos y acciones tomar para llevar adelante los planes de capacitación de los operarios, y en especial en cuanto al mantenimiento.

5. CONFORMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1 Relevamiento de Máquinas

Para el desarrollo del plan de mantenimiento de las **máquinas críticas del área de Metalmecánica**, la cual, como se aclaró al comienzo del presente proyecto, es la que utiliza la Cuadrilla de Trabajos de Diseño para llevar a cabo sus actividades, se llevará adelante un relevamiento inicial de los equipos que se encuentran en el área. En este paso es importante obtener la mayor información posible acerca de las características técnicas para facilitar la planificación de las tareas de mantenimiento sobre cada máquina.

Para realizar el análisis se tuvo en cuenta, además de las máquinas que se encuentran expresamente en el sector, **máquinas que son soporte de las tareas realizadas allí** y pueden no encontrarse físicamente en ese sector, como es el caso del compresor principal que alimenta la totalidad del sistema de aire comprimido y el grupo electrógeno, que si bien no está permanentemente activo, es crítico ante alguna imposibilidad de acceso a la red eléctrica.



5.1.1 Relevamiento de equipos del área Metalmecánica

En un primer relevamiento, se registraron los siguientes equipos que se encuentran disponibles para ser utilizados. Se revisó información importante y si se encontraban o no sus manuales de funcionamiento o alguna documentación del fabricante.

FICHA DE DATOS DE EQUIPO 001	
NOMBRE MÁQUINA	SIERRA SENSITIVA
DESIGNACIÓN	SIERRA FIJA DE CORTE
MARCA	MAKITA
MODELO	M14
N° DE SERIE	4568221A
CÓDIGO DE ORIGEN	1152JB
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2014
FECHA ENT. EN SERVICIO	DESCONOCIDO
FECHA DE ALTA	2019
POTENCIA	1650 W
PESO	18,40 KG
DIMENSIONES (m)	0,50 x 0,28 x 0,60
UBICACIÓN ACTUAL	S4.B SECTOR METALMECÁNICA B
CAPACIDAD	DISCO 35mm (14")
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-



Fig. 15 - Ficha técnica Sierra Sensitiva M14
[Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 002	
NOMBRE MÁQUINA	SIERRA SENSITIVA
DESIGNACIÓN	SIERRA FIJA DE CORTE
MARCA	MAKITA
MODELO	M15
N° DE SERIE	1135187K
CÓDIGO DE ORIGEN	2414NB
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2015
FECHA ENT. EN SERVICIO	DESCONOCIDO
FECHA DE ALTA	2020
POTENCIA	2000 W
PESO	20 KG
DIMENSIONES (m)	0,50 x 0,35 x 0,40
UBICACIÓN ACTUAL	S4.A SECTOR METALMECÁNICA A
CAPACIDAD	DISCO 35mm (14")
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 16 - Ficha técnica Sierra Sensitiva M15
[Fuente: Elaboración propia]



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 003	
NOMBRE MÁQUINA	TORNO CQ260
DESIGNACIÓN	TORNO PARALELO
MARCA	HEPPER
MODELO	JIRAN HO 3
N° DE SERIE	NO SE IDENTIFICA
CÓDIGO DE ORIGEN	CQ260
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	SIN DATOS
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2019
POTENCIA	NO SE IDENTIFICA
PESO	480 KG
DIMENSIONES (m)	1,50 x 0,90 x 1,60
UBICACIÓN ACTUAL	S4.A SECTOR METALMECÁNICA A
CAPACIDAD	-
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 17 - Ficha técnica Torno Paralelo CQ260
[Fuente: Elaboración propia]

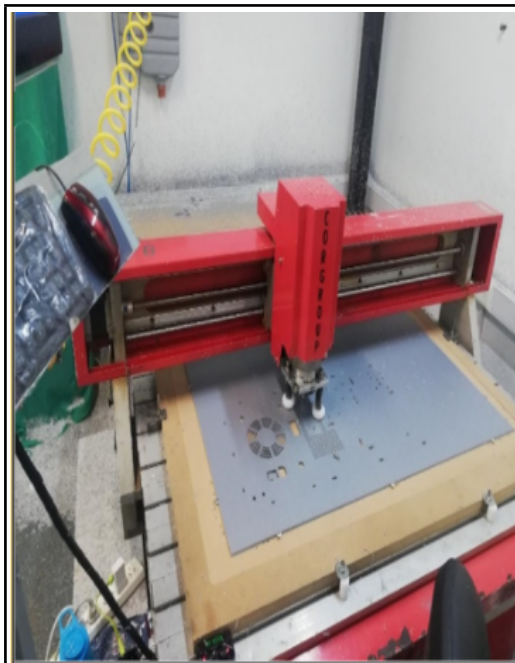


UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 004	
NOMBRE MÁQUINA	ROUTER CORGROUP
DESIGNACIÓN	ROUTER 60 X 110
MARCA	CORGROUP
MODELO	C19
N° DE SERIE	MR260K
CÓDIGO DE ORIGEN	NO SE IDENTIFICA
ORIGEN	ARGENTINA
AÑO FABRICACIÓN	2013
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2019
POTENCIA	SIN DATOS
PESO	140 KG
DIMENSIONES (m)	1 x 1,20 x 1,40
UBICACIÓN ACTUAL	S4.A SECTOR METALMECÁNICA A
CAPACIDAD	SUP. DE TRABAJO 0,60 x 1,10
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 18 - Ficha técnica Router CORGROUP
[Fuente: Elaboración propia]



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 005	
NOMBRE MÁQUINA	TORNO CK6136A
DESIGNACIÓN	TORNO CNC LATHE MACHINE
MARCA	SIEMENS
MODELO	SINUMERIC 808D
N° DE SERIE	TNC15
CÓDIGO DE ORIGEN	CK6136A
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2015
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2019
POTENCIA	NO LOGRA IDENTIFICARSE
PESO	520 KG
DIMENSIONES (m)	2 x 1,20 x 1,60
UBICACIÓN ACTUAL	S4.A SECTOR METALMECÁNICA A
CAPACIDAD	-
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 19 - Ficha técnica Torno CNC LATHE MACHINE
[Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 006	
NOMBRE MÁQUINA	SOLDADORA LASER
DESIGNACIÓN	SOLDADORA LASER 315
MARCA	LA-SER
MODELO	BRONCO
N° DE SERIE	JK12B
CÓDIGO DE ORIGEN	NO SE IDENTIFICA
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2010
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2018
POTENCIA	NO SE IDENTIFICA
PESO	78 KG
DIMENSIONES (m)	0,3 x 0,8 x 0,65
UBICACIÓN ACTUAL	S4.B SECTOR METALMECÁNICA B
CAPACIDAD	-
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 20 - Ficha técnica Soldadora LASER 315
[Fuente: Elaboración propia]



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 007	
NOMBRE MÁQUINA	SOLDADORA LASER
DESIGNACIÓN	SOLDADORA MIG LASER LT180 M
MARCA	INTRAUD
MODELO	BRONCO
N° DE SERIE	LT180M
CÓDIGO DE ORIGEN	SIN DATOS
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2012
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2018
POTENCIA	NO LOGRA IDENTIFICARSE
PESO	66 KG
DIMENSIONES (m)	0,3 x 0,7 x 0,7
UBICACIÓN ACTUAL	S4.B SECTOR METALMECÁNICA B
CAPACIDAD	MIG-MAG
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 21 - Ficha técnica Soldadora MIG LASER
[Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 008	
NOMBRE MÁQUINA	SOLDADORA MIG LASER LT180M
DESIGNACIÓN	SOLDADORA MIG TAURO
MARCA	TAURO
MODELO	RSM-350
N° DE SERIE	1045K1S
CÓDIGO DE ORIGEN	MS OIT
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2013
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2018
POTENCIA	NO LOGRA IDENTIFICARSE
PESO	72 KG
DIMENSIONES (m)	0,4 x 0,75 x 0,65
UBICACIÓN ACTUAL	S4.B SECTOR METALMECÁNICA B
CAPACIDAD	MIG
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 22 - Ficha técnica Soldadora MIG TAURO
[Fuente: Elaboración propia]



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 009	
NOMBRE MÁQUINA	TALADRO DE BANCO
DESIGNACIÓN	TALADRO DE BANCO P/ MECANIZADO
MARCA	BARBERO
MODELO	SH-425RM
N° DE SERIE	Z4CJ21
CÓDIGO DE ORIGEN	SIN DATOS
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2009
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2018
POTENCIA	NO LOGRA IDENTIFICARSE
PESO	82 KG
DIMENSIONES (m)	0,3 x 0,7 x 1,20
UBICACIÓN ACTUAL	S4.B SECTOR METALMECÁNICA B
CAPACIDAD	-
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 23 - Ficha técnica Taladro de Banco BARBERO
[Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 010	
NOMBRE MÁQUINA	TALADRO DE BANCO
DESIGNACIÓN	TALADRO DE BANCO P/ MECANIZADO
MARCA	SHENZEN POLYTOP
MODELO	ZT-16J
N° DE SERIE	SIN DATOS
CÓDIGO DE ORIGEN	210045
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2014
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2019
POTENCIA	½ HP
PESO	54 KG
DIMENSIONES (m)	0,4 x 0,9 x 1,10
UBICACIÓN ACTUAL	S4.A SECTOR METALMECÁNICA A
CAPACIDAD	-
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 24 - Ficha técnica Taladro de Banco POLYTOP
[Fuente: Elaboración propia]



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 011	
NOMBRE MÁQUINA	AMOLADORA DE BANCO
DESIGNACIÓN	AMOLADORA DE BANCO BARBERO
MARCA	BARBERO
MODELO	NO SE IDENTIFICA
N° DE SERIE	A210-0012
CÓDIGO DE ORIGEN	SIN DATOS
ORIGEN	ARGENTINA
AÑO FABRICACIÓN	2015
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2020
POTENCIA	½ HP
PESO	10 KG
DIMENSIONES (m)	0,5 x 0,3 x 0,3
UBICACIÓN ACTUAL	S4.A SECTOR METALMECÁNICA A
CAPACIDAD	Ø MAX 200 MM
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 25 - Ficha técnica Amoladora de Banco BARBERO
[Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 012

NOMBRE MÁQUINA	ARENADORA
DESIGNACIÓN	ARENADORA NEUMÁTICA MÓVIL
MARCA	OMAHA TOOLS
MODELO	AN-17
N° DE SERIE	O1211
CÓDIGO DE ORIGEN	SIN DATOS
ORIGEN	USA
AÑO FABRICACIÓN	2017
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2021
POTENCIA	-
PESO	19 KG
DIMENSIONES (m)	0,5 x 0,5 x 0,6
UBICACIÓN ACTUAL	S4.B SECTOR METALMECÁNICA B
CAPACIDAD	17 L
MANUAL	SI TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 26 - Ficha técnica Arenadora Neumática OMAHA TOOLS
[Fuente: Elaboración propia]



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 013

NOMBRE MÁQUINA	GRUPO ELECTRÓGENO
DESIGNACIÓN	GRUPO ELECTRÓGENO MWM
MARCA	MWM INTERNATIONAL
MODELO	MS3.9A
N° DE SERIE	ZCN000639
CÓDIGO DE ORIGEN	SIN DATOS
ORIGEN	USA
AÑO FABRICACIÓN	2015
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2018
POTENCIA	42 KW
PESO	592 KG
DIMENSIONES (m)	2,2 x 1,30 x 1,70
UBICACIÓN ACTUAL	S14 SECTOR EXTERIOR
CAPACIDAD	-
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 27 - Ficha técnica Grupo Electrónico
[Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 014	
NOMBRE MÁQUINA	COMPRESOR FEMA
DESIGNACIÓN	COMPRESOR FEMA 330
MARCA	FEMA
MODELO	WB-553308
N° DE SERIE	2018.06
CÓDIGO DE ORIGEN	SIN DATOS
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2017
FECHA ENT. EN SERVICIO	2018
FECHA DE ALTA	2018
POTENCIA	4 KW 380V/50HZ
PESO	130 KG
DIMENSIONES (m)	1,8 x 0,45 x 1,10
UBICACIÓN ACTUAL	S14 SECTOR EXTERIOR
CAPACIDAD	330 L
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	BUENO
OBSERVACIONES	-

Fig. 28 - Ficha técnica Compresor FEMA 330
[Fuente: Elaboración propia]



FICHA DE DATOS DE EQUIPO 015	
NOMBRE MÁQUINA	PRENSA
DESIGNACIÓN	PRENSA GALDABINI
MARCA	GALDABINI
MODELO	FH-352 L
N° DE SERIE	NO SE IDENTIFICA
CÓDIGO DE ORIGEN	SIN DATOS
ORIGEN	CHINA
AÑO FABRICACIÓN	2002
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2018
POTENCIA	NO SE IDENTIFICA
PESO	455 KG
DIMENSIONES (m)	1,62 x 0,62 x 1,85
UBICACIÓN ACTUAL	S4.B SECTOR METALMECÁNICA B
CAPACIDAD	
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	REGULAR
OBSERVACIONES	DESGASTE AVANZADO POR USO

Fig. 29 - Ficha técnica Prensa GALDABINI
[Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN

FICHA DE DATOS DE EQUIPO 016	
NOMBRE MÁQUINA	ARENADORA FIJA
DESIGNACIÓN	CABINA ARENADORA
MARCA	BLASTING
MODELO	SIN DATOS
N° DE SERIE	SIN DATOS
CÓDIGO DE ORIGEN	SIN DATOS
ORIGEN	ARGENTINA
AÑO FABRICACIÓN	2017
FECHA ENT. EN SERVICIO	SIN DATOS
FECHA DE ALTA	2021
POTENCIA	VER COMPRESOR
PESO	105 KG
DIMENSIONES (m)	1,40 x 0,45 x 1,60
UBICACIÓN ACTUAL	S4.B SECTOR METALMECÁNICA B
CAPACIDAD	
MANUAL	NO TIENE
ESTADO	REGULAR
OBSERVACIONES	

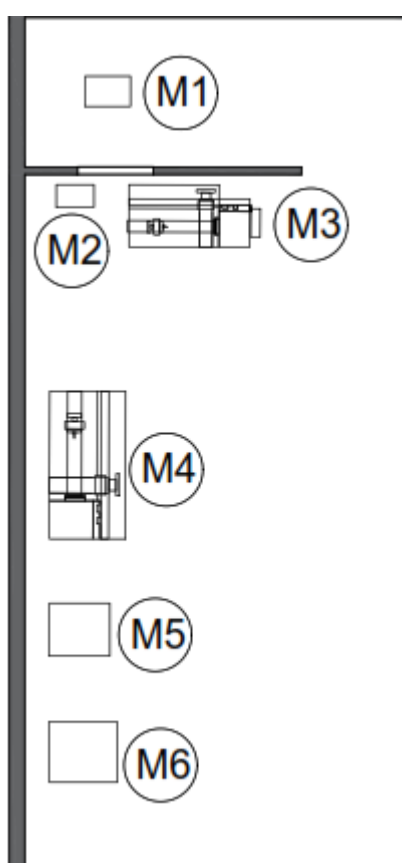
Fig. 30 - Ficha técnica Cabina Arenadora BLASTING
[Fuente: Elaboración propia]

5.1.2 Vista en planta de cada sector con los equipos

En éste apartado se muestra la distribución de los equipos relevados en cada sector a modo de identificar su ubicación específica. Se optó por colocar de simbología la letra “M” como referencia indicando “máquina” junto con un número identificativo para cada equipo.

Primero se evidencian los 3 sectores principales sobre los cuales se aplicará el plan y luego la vista en planta general con los activos.

5.1.2.1 SECTOR DE METALMECÁNICA A:



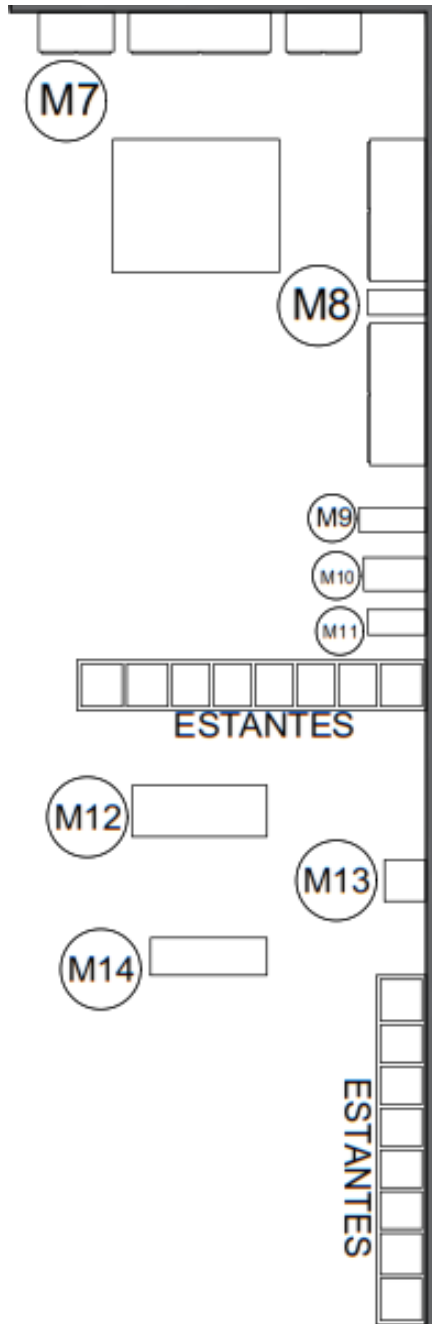
REFERENCIAS

- **M1:** Router Corgroup
- **M2:** Amoladora de banco
- **M3:** Torno paralelo
- **M4:** Torno CNC Lathe Machine
- **M5:** Sierra sensitiva M14
- **M6:** Taladro de banco Polytop

Fig. 31 - Sector de Metalmecánica A con distribución de máquinas
 [Fuente: Institucional]



5.1.2.2 SECTOR DE METALMECÁNICA B:

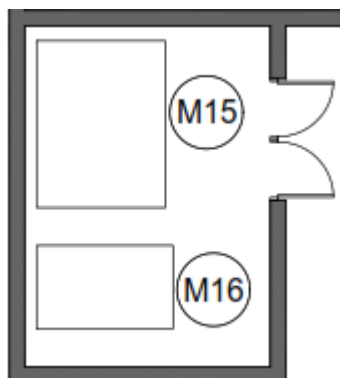


REFERENCIAS

- **M7:** Sierra sensitiva M15
- **M8:** Taladro de banco Barbero
- **M9:** Soldadora LASER
- **M10:** Soldadora MIG TAURO
- **M11:** Soldadora MIG LASER
- **M12:** Prensa Galdabini
- **M13:** Arenadora móvil
- **M14:** Cabina arenadora

Fig. 32 - Sector de Metalmecánica B con distribución de máquinas
[Fuente: Institucional]

5.1.2.3 SECTOR EXTERNO:



REFERENCIAS

- **M15:** Grupo electrógeno MWM
- **M16:** Compresor FEMA

Fig. 33 - Sector Externo con distribución de máquinas
[Fuente: Institucional]



5.1.2.4 VISTA EN PLANTA GENERAL:

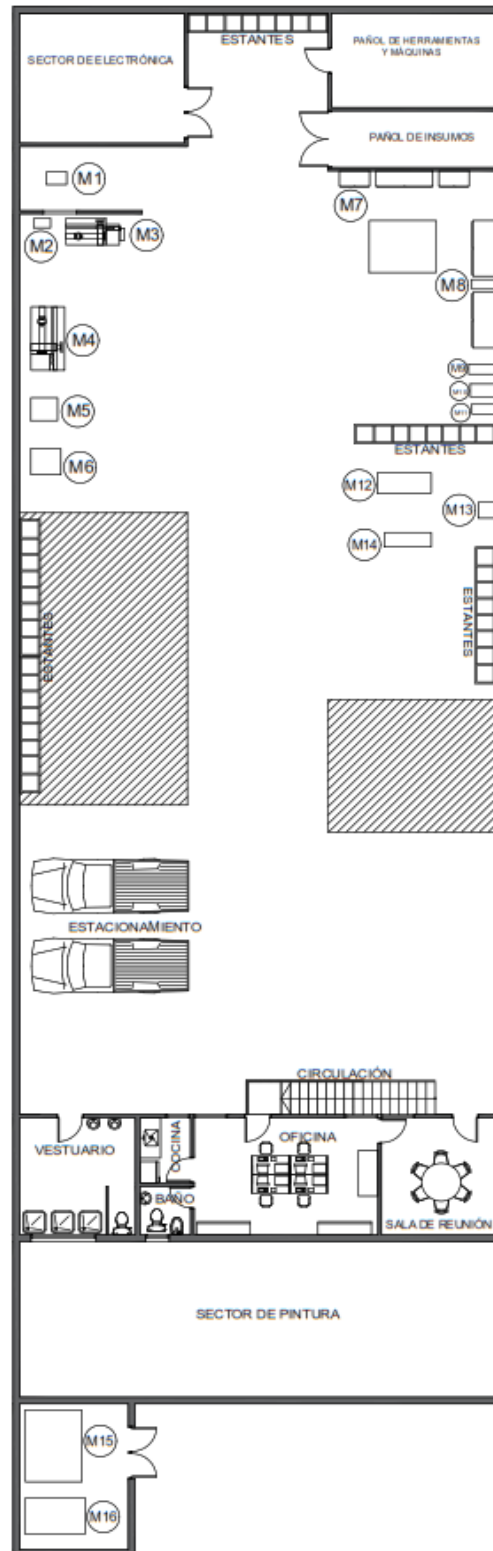


Fig. 34 - Vista en planta General [Fuente: Institucional]

5.1.3 Codificación de equipos

La codificación de equipos será de gran utilidad para el desarrollo del Plan de Mantenimiento, así como también permitirá a la empresa mejorar la gestión del mantenimiento a través de por ejemplo, un acceso inequívoco al histórico de mantenimiento, un control de costos en mantenimiento por equipo, entre otros.

La codificación adoptada para equipos fue la siguiente:

XX (Tipo de Equipo) - XXX (N° de Equipo) - XXX (Sector donde se encuentra)

Dos letras en mayúscula conformadas por dos letras relevantes del nombre, luego un guión con tres dígitos únicos que indicarán el número de máquina (se fueron numerando consecutivamente) y por último, tres siglas alfanuméricas en mayúscula indicando el sector en donde se encuentra (Ver punto 2.6.1. Layout).

En la siguiente tabla se indican las siglas empleadas para hacer referencia según el tipo de equipo (cada tipo puede englobar diferentes equipos).

TIPO DE EQUIPO	SIGLAS ASIGNADAS
AMOLADORA DE BANCO	AM
CABINA ARENADORA	AR
COMPRESOR	CO
GRUPO ELECTRÓGENO	GE
PRENSA	PR
ROUTER	RO
SIERRA SENSITIVA	SI
SOLDADORA	SO
TALADRO DE BANCO	TA
TORNO	TO

Tabla 3 - Nombre de Equipos con posición fija y su Sigla
[Fuente: Elaboración propia]

Ejemplo: Si en el relevamiento se encontró la Cabina Arenadora ubicada en el Área B del sector de Metalmecánica, su codificación será: **AR-001-S4B**.

5.1.4 Listado general

Se muestra el listado general conformado luego de finalizar el relevamiento y la codificación. Se utilizará como base para definir cuáles equipos se integrarán dentro del plan de mantenimiento preventivo. Éste dato se incorporará a la planilla de datos de las máquinas que se efectuó en el relevamiento. (Ver punto 5.1.1)

EQUIPO	CÓDIGO
AMOLADORA DE BANCO	AM-001-S4B
ARENADORA MÓVIL	AR-001-S4B
CABINA ARENADORA	AR-002-S4B
COMPRESOR FEMA 330	CO-001-S14
GRUPO ELECTRÓGENO POWER DIESEL	GE-001-S14
PRENSA GALDABINI	PR-001-S4B
ROUTER CORGROUP	RO-001-S4A
SENSITIVA MAKITA M14	SI-001-S4B
SENSITIVA MAKITA M15	SI-002-S4A
SOLDADORA BRONCO LASER MIG-MAG	SO-001-S4B
SOLDADORA INTRAUD MIG LT-180M	SO-002-S4B
SOLDADORA TAURO RSM 350	SO-003-S4B
TALADRO DE BANCO BARBERO	TA-001-S4B
TALADRO DE BANCO POLYTOP	TA-002-S4A
TORNO PARALELO CG260	TO-001-S4A
TORNO CNC LATHE MACHINE CK6136A	TO-002-S4A

Tabla 4 - Codificación según la ubicación de los Equipos
[Fuente: Elaboración propia]

5.2 Análisis de criticidad de equipos

Dentro de todos los equipos que se utilizan en la instalación para llevar a cabo las actividades productivas, existen aquellos que al ser afectados por

una falla producen pérdidas importantes (producto de una disminución en la disponibilidad, que impacta directamente en la producción) y otros cuya falla produce un impacto menor en el desempeño de las tareas. De aquí surge la primera diferencia entre equipos Críticos y No Críticos. Luego, si buscamos matizar éstas dos condiciones, se puede evaluar el “grado de criticidad” utilizando diversas clasificaciones. El análisis de cada una de éstas categorías es particular de cada empresa ya que dependiendo del rubro o del tipo de organización se le dará mayor o menor importancia a cada una de las categorías.

En éste caso utilizamos las categorías: **Producción, Calidad, Higiene y Seguridad y Mantenimiento.**

Una falla puede afectar la **Producción**, cuando se determina su “Influencia en las operaciones” y su grado de “Fiabilidad”. El primer término se refiere a la posibilidad de que el equipo pueda ser reemplazado por otro o cuya tarea pueda ser efectuada de otra manera. El segundo término se refiere a la cantidad de paradas al mes que tiene la máquina, afectando negativamente la producción.

En cuanto a que una falla pueda afectar a **Calidad**, se refiere a si afecta las características finales de las piezas que se obtienen del proceso.

Por otro lado, si una falla pudiera tener influencia en **Higiene y Seguridad**, se hace referencia a las lesiones que le podría provocar a una persona la falla del equipo.

Y por último, una falla puede afectar a **Mantenimiento**, evidenciando el tiempo medio que demanda la reparación del equipo incapacitado de funcionar.

Teniendo en cuenta la información brindada por la empresa se establecieron los siguientes criterios a tener en cuenta para realizar el análisis:



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



TABLA DE GRAVEDAD						
AREA DE ANALISIS	CRITERIO			GRAVEDAD	PUNTUACIÓN DE GRAVEDAD	
PRODUCCIÓN	INFLUENCIA EN LAS OPERACIONES	La operación que realiza la máquina no puede ser reemplazada por otra en el corto plazo			Grave	7
		La máquina puede ser reemplazada por otra en el corto plazo			Media	5
		La falla de la máquina no afecta a las operaciones			Leve	3
	FIABILIDAD	Más de 3 paradas mensuales			Grave	7
		Promedio entre 1 y 3 paradas mensuales			Media	5
		Promedio menor a una parada mensual			Leve	3
CALIDAD	DEFECTOS DE CALIDAD EN PIEZAS	La falla produce piezas con defectos de calidad que no se pueden reparar o afecta fuertemente la calidad de los servicios que se brindan			Grave	7
		La falla produce piezas con defectos de calidad que se pueden solucionar mediante retrabajos. La falla afecta levemente la calidad del servicio brindado			Media	5
		La falla produce piezas con defectos de calidad, pero que no afectan la función de la misma y tampoco son detectados por los clientes. La falla no afecta la calidad del servicio brindado			Leve	3
HIGIENE Y SEGURIDAD	ACCIDENTES LABORALES	La falla puede producir accidentes laborales graves			Grave	7
		La falla puede producir accidentes laborales leves			Media	5
		La falla no provoca lesiones, pero sí molestias			Leve	3
		La falla no provoca daños ni molestias			Insignificante	1
MANTENIMIENTO	TIEMPO MEDIO DE INTERVENCIÓN DE LA MÁQUINA	La falla se diagnostica y repara en más de 24 hs			Grave	7
		La falla se diagnostica y repara entre 1 h y 24 hs			Media	5
		La falla se diagnostica y repara en menos de 1 hs			Leve	3

Tabla 5 - Criterios para el Análisis de Criticidad de equipo [Fuente: Elaboración propia]

En cuanto a la puntuación de gravedad, el criterio fue:

PARÁMETROS DE GRAVEDAD	
GRAVEDAD	PONDERACIÓN
GRAVE	7
MEDIA	5
LEVE	3
INSIGNIFICANTE	1

Tabla 6 - Puntuación de Gravedad [*Fuente: Elaboración propia*]

Luego de definir la tabla con los parámetros de gravedad, se identifica que al ser cuatro las áreas de análisis, con distintos criterios que tienen una puntuación mínima de gravedad de 1 o 3 puntos (según el criterio de análisis) y máxima de 7 puntos, tenemos que la puntuación máxima que podría tener un equipo es de 35 puntos. Por otro lado, haciendo el mismo análisis, la puntuación mínima que podría tener el equipo teniendo en cuenta las áreas de análisis y la probabilidad de ocurrencia es de 13 puntos (lo que se obtiene sumando los mínimos puntajes en cada categoría). Queda entonces definido el rango de puntos en los que definimos la criticidad del equipo (de 13 a 35 puntos).

Al debatir el criterio con el nuevo responsable del área, se consideró pertinente considerar como altamente críticos los equipos que superen el 70% de la criticidad máxima. De ésta forma, a partir de los 24,5 puntos, se considerará como equipo Clase A; como Clase B aquel cuya criticidad esté entre los 15 y 24,5 puntos (es decir, superior al 40% de la criticidad máxima posible y menor al 70% anteriormente calculado) y como clase C aquel cuya criticidad sea igual o inferior a los 14 puntos (menos del 40% de la criticidad máxima). Con ésto se decidió establecer la importancia que cada uno de los equipos tiene en la empresa y el desarrollo de sus actividades productivas.

Luego de realizar el análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:



UNC



EQUIPO	CÓDIGO	AREA DE ANALISIS					SUB TOTAL	CATEGORÍA
		PRODUCCIÓN		CALIDAD	H Y S	MANTENIMIENTO		
		INFLUENCIA EN LAS OPERACIONES	FIABILIDAD	DEFECTOS DE CALIDAD EN PIEZAS	ACCIDENTES LABORALES	TIEMPO MEDIO DE INTERVENCIÓN DE LA MÁQUINA		
AMOLADORA DE BANCO	AM-001-S4B	3	3	3	5	3	17	B
ARENADORA MÓVIL	AR-001-S4B	3	3	3	1	3	13	C
CABINA ARENADORA	AR-002-S4B	3	3	3	1	7	17	B
COMPRESOR FEMA 330	CO-001-S14	7	5	7	3	7	29	A
GRUPO ELECTRÓGENO POWER DIESEL	GE-001-S14	7	3	7	3	7	27	A
PRENSA GALDABINI	PR-001-S4B	3	3	3	3	7	19	B
ROUTER CORGROUP	RO-001-S4A	7	5	7	1	7	27	A
SENSITIVA MAKITA	SI-001-S4B	3	3	3	5	3	17	B
SENSITIVA MAKITA	SI-002-S4A	3	3	3	5	3	17	B
SOLDADORA BRONCO LASER MIG-MAG	SO-001-S4B	5	3	5	3	5	21	B
SOLDADORA INTRAUD MIG LT-180M	SO-002-S4B	5	3	5	3	5	21	B
SOLDADORA TAURO RSM 350	SO-003-S4B	5	3	5	3	5	21	B
TALADRO DE BANCO BARBERO	TA-001-S4B	3	3	3	1	3	13	C
TALADRO DE BANCO POLYTOP	TA-002-S4A	3	3	3	1	3	13	C
TORNO PARALELO CG260	TO-001-S4A	7	7	5	5	7	31	A
TORNO CNC LATHE MACHINE CK6136A	TO-002-S4A	7	5	5	5	7	29	A

Tabla 7 - Resultados del análisis de criticidad. [Fuente: Elaboración propia]

Puede verse que son 5 los equipos que a través de la ponderación de criticidad serán seleccionados.

Sin embargo, considerando como criterio restrictivo el de Higiene y Seguridad, y particularmente en lo que respecta a accidentes laborales, se decidió incorporar también en la criticidad “A” a aquellos equipos cuya puntuación en el criterio “Accidentes Laborales” sea 5 (“la falla puede producir accidentes laborales leves”) o 7 (“la falla puede producir accidentes laborales graves”) por más que la puntuación final de criticidad no esté definida en el rango fijado previamente para definir la criticidad.

De ésta forma, luego de obtenidos los resultados, se corroboró con el responsable del área y a modo de resumen, resultaron una cantidad de 8 equipos con criticidad “A” (3 de los cuales fueron incorporados por el criterio de accidentes laborales), y sobre los cuales se decidió realizar un **mantenimiento preventivo**, con tareas de tipo autónomo y profesional. En resumen, los 8 equipos seleccionados con criticidad “A” son:

- (RO-001-S4A) Router Corgroup
- (TO-001-S4A) Torno paralelo CG260
- (TO-002-S4A) Torno CNC Lathe machine CK6136A
- (CO-001-S14) Compresor FEMA 330
- (GE-001-S14) Grupo electrógeno power diesel
- (AM-001-S4B) Amoladora de Banco
- (SI-001-S4B) Sensitiva Makita M14
- (SI-002-S4A) Sensitiva Makita M15

Luego, 5 equipos con criticidad “B” a los cuales se les realizará mantenimiento correctivo (se recomienda desarrollar los canales de información para la compra de algunos repuestos por si fallan).

- (AR-001-S4B) Cabina Arenadora
- (PR-001-S4B) Prensa Galdabini
- (SO-001-S4B) Soldadora Bronco laser MIG-MAG
- (SO-002-S4B) Soldadora Intraud MIG LT-180M
- (SO-003-S4B) Soldadora TAURO rsm 350

Por último, 3 equipos con criticidad “C” a los cuales también se les realizará mantenimiento correctivo, aunque no se analizarán ni se tendrá en cuenta información sobre repuestos o acciones a tomar ante alguna falla. Éstos son:

- (AR-001-S4B) Arenadora móvil
- (TA-001-S4B) Taladro de banco Barbero
- (TA-002-S4A) Taladro de banco Polytop

5.3 Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE)

Tal como se expuso en el apartado 3.2.3, el objetivo del AMFE es tener en claro cómo pueden fallar los equipos (modos de fallo), y brinda como resultado una categorización de las posibles fallas y cómo éstas pueden ser eliminadas o atenuadas (disminuyendo el índice obtenido en la ponderación).

El desarrollo de las tablas fue revisado por el responsable del área y los operarios de los equipos con el objetivo de aprovechar su experiencia para considerar las principales fallas que se presentan.

El análisis fue realizado sobre los **equipos críticos** (o de criticidad “A”) obtenidos en el Análisis de Criticidad, y será de utilidad para poder elaborar un registro y conocer el comportamiento de los equipos.

A continuación, se mostrarán las tablas AMFE elaboradas y el detalle de las acciones a llevar a cabo en función de los IPR obtenidos.

Luego de un análisis se definió como criterio priorizar el planteamiento de acciones de mejora en el mantenimiento de los componentes si el IPR era igual o superior al 10% del valor máximo posible (es decir, se considerarán acciones a tomar en cuenta a partir de un IPR de 100 puntos sobre 1000 posibles). De esta manera, con la incorporación de estas acciones a los procesos que hoy llevarían adelante con los recursos que se dispone, se

logrará disminuir el índice y no impactará de forma negativa en la gestión interna actual.

En los ítems que poseen un IPR bajo, pero con alto puntaje de gravedad, se opta por realizar acciones de mejora siempre que el valor de gravedad esté determinado por un posible daño en la seguridad del operador o terceros. Éstos casos serán informados con el símbolo (*) al lado de la puntuación.

Se muestran a continuación las tablas con las diferentes puntuaciones junto con sus criterios:

DETECCIÓN	D	CRITERIO
Casi segura	1	Con los procedimientos establecidos se detectará la falla con anticipación a su aparición.
Muy Alta	2-3	El método de detección tendrá alta probabilidad de detectar la falla desde un principio.
Moderada	4-6	El método de detección tendrá alta probabilidad de detectar la falla en alguna instancia de sus intervenciones.
Muy baja	7-8	La falla es de tal naturaleza que resulta difícil detectarla con los procedimientos establecidos hasta el momento. Puede ocurrir en lugares de difícil acceso.
Casi inevitable	9-10	La falla puede detectarse al desarmar el equipo. El método de detección sería muy costoso o no confiable para el plan establecido.

Tabla 8 - Ponderación de la capacidad de detección.

[Fuente: Elaboración propia]

GRAVEDAD DEL EFECTO	G	CRITERIO
Peligroso: Sin Advertencia	10	La falla afecta a la producción impidiendo totalmente el funcionamiento del equipo e imposibilitando el proceso, la calidad tendrá defectos que atentan contra la seguridad del cliente. La seguridad laboral con riesgo de muerte al operario o terceros. Atenta severamente contra el ambiente. Una vez ocurrida la falla sus efectos no tienen atenuantes ni alternativas de contención. No se logra realizar la entrega del producto al cliente. La falla ocurrirá sin aviso.



Peligroso: Con Advertencia	9	La falla afecta a la producción impidiendo totalmente el funcionamiento del equipo e imposibilitando el proceso, la calidad tendrá defectos que atentan contra la seguridad del cliente. La seguridad laboral con riesgo de muerte al operario o terceros. Atenta severamente contra el ambiente. Una vez ocurrida la falla sus efectos no tienen atenuantes ni alternativas de contención. No se logra realizar la entrega del producto al cliente. La falla ocurrirá con aviso.
Pérdida de la función primaria	8	La falla afecta la producción, interrumpiendo fuertemente el funcionamiento del equipo y afectando gravemente el proceso. Item inoperable. El 100% de lo producido probablemente sea desechado. La seguridad laboral con riesgo de lesiones graves al operario o terceros. Atenta moderadamente contra el ambiente. Cliente demasiado insatisfecho por demoras en el tiempo de entrega y/o fallas de calidad que impiden la función primaria del producto.
Rendimiento reducido de la función primaria	7	La falla afecta la producción, interrumpiendo el funcionamiento del equipo y reduciendo el rendimiento del proceso. Item operable. Un porcentaje menor al 100% de lo producido probablemente deba ser clasificado y desechado. La seguridad laboral con riesgo de lesiones moderadas al operario o terceros. Atenta moderadamente contra el ambiente. Cliente insatisfecho por demoras en el tiempo de entrega y/o fallas de calidad que afectan severamente el rendimiento del producto.
Moderado	6	La falla afecta la producción: el funcionamiento del equipo y el rendimiento del proceso se ven afectados en menor medida. Un porcentaje menor al 100% de lo producido probablemente deba ser clasificado para ser desechado o retrabajado. La seguridad laboral con riesgo de lesiones moderadas al operario o terceros. Afecta levemente al ambiente. El cliente experimenta incomodidad y/o fallas de calidad que afectan levemente el rendimiento del producto.
Bajo	5	La falla afecta la producción: el funcionamiento del equipo y el rendimiento del proceso se ven afectados en menor medida. Un porcentaje menor al 100% de lo producido probablemente deba ser retrabajado. La seguridad laboral con riesgo de molestias al operario o terceros. El cliente percibe fallas de calidad por pérdida de confort/convivencia con el producto.
Muy bajo	4	La falla afecta la producción: el funcionamiento del equipo y el rendimiento del proceso se ven afectados en menor medida. Un porcentaje menor al 100% de lo producido probablemente deba ser retrabajado. La seguridad laboral con riesgo bajo de molestias al operario o terceros. El cliente experimenta incomodidad y logra percibir alguna falla de calidad del producto.
Pequeño	3	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. La seguridad laboral con riesgo bajo de molestias leves al operario o terceros. El cliente logra percibir alguna falla de calidad del producto.
Muy Pequeño	2	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. No produce afectación al ambiente. Sólo algunos clientes logran percibir alguna falla mínima de calidad del producto.

Ninguno	1	No existe una interrupción de la actividad productiva por lo que no se produce ningún efecto. No produce afectación al ambiente.
---------	---	--

Tabla 9 - Ponderación de la gravedad. *[Fuente: Elaboración propia]*

PROBABILIDAD DE FALLA	PUNTUACIÓN	CRITERIO
Muy Alta	10-9	El fallo es casi inevitable. Se produce una falla o más semanal.
Alta	8-7	El fallo se da de manera repetitiva. Se produce una falla o más mensual.
Moderada	6-4	El fallo se produce ocasionalmente. Se produce una falla o más trimestral.
Baja	3-2	El fallo ocurre muy ocasionalmente. Se produce una falla o más semestral.
Remota	1	El fallo es improbable. Se produce al menos una falla anual.

Tabla 10 - Ponderación de probabilidad. *[Fuente: Elaboración propia]*



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



EQUIPO		COMPRESOR FEMA 330		CÓDIGO	CO-001-S14		PREPARADO EL		RESPONSABLE						
ANÁLISIS					CONTROL			IPR	CORRECCIONES						
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROBABILIDAD (P)	EFFECTOS DEL FALLO	GRAVEDAD (G)	CONTROLES (para detectar el modo de fallo)	GRADO DE CONTROL (D)		ACCIONES DE MEJORA	FECHA IMPLEMENTACIÓN	RESPONSABLE	P2	G2	D2	IPR 2
Incrementar la presión de un gas/fluido.	Incapaz de presurizar un gas/fluido	Falta de alimentación eléctrica	1	El equipo no recibe alimentación para hacer funcionar el motor	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual) y revisión de parámetros relevantes en la alimentación eléctrica del equipo.	3		24						
		Corte de correa	1	Imposibilidad de generar movimiento de elementos mecánicos	8	Detección con equipo en funcionamiento	3		24						
		Filtro de aire muy obstruido	1	El compresor no recibe caudal de aire para procesar	8	Revisión del filtro de aire	7		56						
		Motor eléctrico averiado	1	Imposibilidad de mover la transmisión para ingresar el aire al sistema	8	Control termográfico del motor o detección con equipo de medición sobre la disminución de potencia entregada	8		64						



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Presurizar gases/fluidos con una capacidad inferior a la requerida	Alargamiento de correa	1	No logra un correcto agarre para generar el movimiento de elementos mecánicos	8	Control visual de la correa	5	40								
	Filtro de aire obstruido parcialmente	6	Disminuye el caudal de aire que puede ser procesado en el compresor	6	Revisión del filtro de aire	7	252	Comenzar a implementar alta frecuencia de control y centralizar la atención en la revisión y limpieza del filtro	-	Op. N°1, N°2 o N°5 D	3	6	4	72	
	Desajuste de estructura mecánica	5	Vibraciones, ruidos y deterioro prematuro de la vida útil del compresor	5	Control visual y auditivo del equipo en funcionamiento	7	175	Comenzar a implementar controles frecuentemente (especial atención en uniones, bulones y en rodamientos)	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	5	5	5	125	
	Motor eléctrico con funcionamiento defectuoso	3	No logra alcanzar la potencia requerida para entregar la presión óptima	6	Control termográfico del motor o detección con equipo de medición sobre la disminución de potencia entregada	8	144	Comenzar a implementar controles frecuentemente con registro de temperaturas del motor cuando se encuentra en funcionamiento y parámetros eléctricos de alimentación y entrega	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	3	6	5	90	



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



		Agua condensada acumulada en el pulmón	4	El sistema no logra otorgar la presión requerida	6	Revisión del pulmón	7	168	Comenzar a implementar controles frecuentemente y realizar purgados periódicos del agua condensada acumulada en el pulmón	-	Op. N°1, N°2 o N°5 D	3	6	5	90
--	--	--	---	--	---	---------------------	---	-----	---	---	----------------------	---	---	---	----

Tabla 11 - AMFE Compresor FEMA 330. [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



EQUIPO	GRUPO ELECTRÓGENO POWER DIESEL		CÓDIGO	GE-001-S14		PREPARADO EL	RESPONSABLE								
ANÁLISIS					CONTROL			IPR	CORRECCIONES						
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROBA BILIDAD (P)	EFFECTOS DEL FALLO	GRAVED AD (G)	CONTROLES	GRADO DE CONTROL (D)		ACCIONES DE MEJORA	FECHA IMPLEMEN TACIÓN	RESPONSA BLE	P2	G2	D2	IPR 2
Brindar soporte eléctrico a la instalación en caso de imposibilidad total o parcial de acceso a la red eléctrica	Imposibilidad de suministrar energía en caso de corte	Recalentamiento de tablero de control	1	No logra poner en funcionamiento el circuito eléctrico	8	Control termográfico del tablero eléctrico	8	64							
		Desconexión de bornes de tablero eléctrico	1	No logra poner en funcionamiento el circuito eléctrico	8	Inspección visual de circuito del tablero eléctrico	8	64							
		Rotura de elementos mecánicos (Correa / rodamientos tensores)	1	No logra poner en funcionamiento el circuito mecánico	8	Verificar nivel de potencia entregado por el equipo, presencia de ruidos extraños y vibraciones	8	64							
		Motor diesel averiado	1	Imposibilitado de dar funcionamiento	8	Control con equipo en funcionamiento (presencia de ruidos, olores, etc.)	8	64							
		Acumulación de aire en el sistema de combustible	3	El aire se filtra al sistema de combustible impidiendo el arranque de la máquina	8	Control con equipo en funcionamiento (presencia de ruidos, estado de la válvula)	7	168	El aire debe ser purgado del sistema de combustible cada vez que el filtro de combustible o de aceite se cambie o	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	2	8	6	96



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



								cuando cualquiera de los accesorios de tubería de combustible se aflojen						
	Fuga total/ muy importante de combustible y/o aceite	1	El generador no posee suministro para poder dar arranque. Suelen aparecer grietas en las válvulas y mangueras del combustible afectando el sistema de aire. Las fugas de aceite se deben a un problema llamado apilamiento húmedo, sucede cuando se acumulan el combustible y el aceite en los tubos de escape del generador.	8	Control visual: humo oscuro en el escape del motor, presencia de olor intenso	8	64							
	Escasez de refrigerante	3	Sobrecalentamiento de la máquina	8	Control con equipo en funcionamiento (presencia de ruidos, incremento de la temperatura entregada por el equipo)	6	144	Comenzar a implementar controles frecuentemente, verificar que contenga líquido refrigerante y que éste tenga las propiedades necesarias por el equipo	-	Op. N°1, N°2 o N°5 D	3	8	4	96



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Suministra energía inferior a la requerida por la instalación o no lo hace eficientemente	Obstrucción parcial en el filtro de aire	5	El generador enciende, pero funciona de forma irregular a causa de suciedad u obstáculos en el depurador.	7	Revisión del filtro de aire	6	210	Comenzar a implementar controles frecuentemente para limpieza de filtro	-	Op. N°1, N°2 o N°5 D	4	7	4	112
	Refrigerante con propiedades inadecuadas	3	No logra mantener el equipo a la temperatura óptima de funcionamiento, produce sobrecalentamiento	6	Control con equipo en funcionamiento (presencia de olores extraños, incremento de la temperatura entregada por el equipo)	6	108	Utilizar siempre refrigerante con propiedades sugeridas por el fabricante	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	2	6	5	60
	Desgaste parcial de elementos mecánicos	3	No pueden desplazarse normalmente	6	Control con equipo en funcionamiento (presencia de ruidos, vibraciones)	7	126	Comenzar a implementar controles frecuentemente y revisión de elementos de mayor desgaste (elementos mecánicos, rotativos o sometidos a variaciones de temperatura)	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	3	6	6	108

Tabla 12 - AMFE Grupo Electrógeno. [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



EQUIPO	ROUTER CORGROUP	CÓDIGO	RO-001-S4A	PREPARADO EL				RESPONSABLE							
ANÁLISIS						CONTROL			IPR	CORRECCIONES					
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROBABILIDAD (P)	EFFECTOS DEL FALLO	GRAVEDAD (G)	CONTROLES	GRADO DE CONTROL (D)	ACCIONES DE MEJORA		FECHA IMPLEMENTACIÓN	RESPONSABLE	P2	G2	D2	IPR 2
Realizar cortes y grabados sobre distintos materiales	Imposibilidad de realizar cortes sobre piezas	No posee alimentación eléctrica	1	El motor eléctrico no tiene suministro de energía	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual) y revisión de parámetros relevantes en la alimentación eléctrica del equipo.	3	24							
		Parámetros de entrada de los motores con valores inadecuados	2	Fallo del motor. Imposibilidad de desplazar el husillo en alguno de los ejes	8	Verificar valores nominales en las placas de los motores y controlar valor real medido	5	80							
		Obstrucción de las mangueras de refrigeración	3	Falta de refrigeración del husillo. Sobrecalentamiento del motor.	7	Medir temperatura husillo, controlar limpieza mangueras y el correcto estado del sistema de refrigeración	5	105	Comenzar a implementar controles frecuentemente	-	Op. N°6 D	3	7	3	63
		Fallo en la bomba de agua	3	Falta de refrigeración del husillo. Sobrecalentamiento del motor.	7	Medir temperatura husillo. Verificar nivel de agua en depósito y presencia de ruidos extraños	5	105	Comenzar a implementar controles frecuentemente	-	Op. N°6 D	3	7	3	63
		Clavado de rodamientos	3	Imposibilidad de movimiento del husillo sobre las guías.	7	Verificar limpieza de rodamientos en los ejes móviles del equipo	4	84							
		Fallo en el CPU	4	Imposibilidad de cargar los archivos para dar	7	Validar parámetros del programa de diseño	6	168	Comenzar a implementar controles	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	4	7	5	140



UNC



				funcionamiento al equipo					frecuentement e de los parámetros base de coordenadas X, Y, Z en el sistema							
Realiza el proceso con defectos	Obstrucción parcial de las guías	3	No permite el correcto desplazamiento del husillo	7	Corroborar velocidad de movimiento del husillo	6	126	Comenzar a implementar controles frecuentement e del estado de las guías	-	Op. N°6 D	3	7	5	105		
	Desgaste de correa	3	Impide un óptimo desplazamiento del husillo	6	Detección con equipo en funcionamiento (ruidos extraños)	3	54									
	Acumulación de polvo en correa	6	Puede producir el apriete y el daño progresivo de los cables	3	Control visual correa	3	54									
	Rodamientos con suciedad	6	Movimiento defectuoso del husillo sobre las guías	3	Verificar limpieza de rodamientos (control visual)	3	54									

Tabla 13 - AMFE Router CORGROUP [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



EQUIPO	TORNO PARALELO CG260	CÓDIGO	TO-001-S4A	PREPARADO EL				RESPONSABLE							
ANÁLISIS				CONTROL				IPR	CORRECCIONES						
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROBABILIDAD (P)	EFFECTOS DEL FALLO	GRAVEDAD (G)	CONTROLES	GRADO DE CONTROL (D)		ACCIONES DE MEJORA	FECHA IMPLEMENTACIÓN	RESPONSABLE	P2	G2	D2	IPR 2
Mecanizado de piezas de revolución. Pulido y terminación.	Imposibilidad de realizar piezas	Falta de alimentación eléctrica	1	El equipo no recibe alimentación para hacer funcionar el motor	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual) y revisión de parámetros relevantes en la alimentación eléctrica del equipo.	3	24							
		Obstrucción en la guía por presencia de viruta o elemento externo	2	Atascamiento del carro principal	8	Verificar estado de la guía del carro (limpieza y lubricación)	2	32							
		Correas de transmisión estiradas	1	Imposibilidad de giro de husillo	8	Control visual de la correa	6	48							
		Desgaste o corrosión de las poleas	1	Imposibilidad de giro de husillo	8	Detección con equipo detenido. Revisión poleas	6	48							
	Piezas con fallas de calidad	Desgaste en los engranajes o fractura de parte de algún diente de transmisión	1	Leve cambio de la velocidad del paso, ruidos molestos en la caja norton	7	Detección con equipo detenido. Revisión caja norton	6	42							
		Desajuste de elementos	3	Exceso de vibraciones que	7	Detección con equipo en funcionamiento	5	105	Comenzar a implementar	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	3	7	4	84



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



		mecánicos		puede provocar un descarrilamiento del elemento ubicado en el carro principal (falla que suele ocurrir si vibraciones persisten a largo plazo)		(vibraciones, ruidos extraños)			controles generales frecuentemente de todos los elementos móviles y de fijación.							
		Desajuste en el disco de agarre de la pieza a mecanizar	1	Vibraciones en la pieza a mecanizar, problemas de calidad en el producto final	7	Control del estado del disco, así como del mecanismo de sujeción de material	5	35								
		Falta de lubricación	4	Sobrecalentamiento de elementos móviles	6	Control visual del depósito de lubricante y de los distintos conductos de lubricación	7	168	Comenzar a implementar controles frecuentemente	-	Op. N°3 o N°4 D	3	6	6	144	
		Fallo en el filtro del líquido refrigerante	4	Las piezas tienen fallas de calidad por presencia de partículas en el líquido refrigerante y lubricante	6	Verificar sistema refrigerante y las características del líquido utilizado.	5	120	Comenzar a implementar controles frecuentemente, corroborar que las características del líquido refrigerante utilizado coincidan con las recomendadas por el fabricante	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	3	6	4	72	

Tabla 14 - AMFE Torno Paralelo. [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



EQUIPO	TORNO CNC LATHE MACHINE CK6136A	CÓDIGO	TO-002-MA	PREPARADO EL				RESPONSABLE							
ANÁLISIS						CONTROL			IPR	CORRECCIONES					
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROBABILIDAD(P)	EFECTOS DEL FALLO	GRAVEDAD (G)	CONTROLES	GRADO DE CONTROL (D)	ACCIONES DE MEJORA		FECHA IMPLEMENTACIÓN	RESPONSABLE	P2	G2	D2	IPR 2
Mecanizado de piezas de revolución. Pulido y terminación.	Imposibilidad de realizar piezas	Falta de alimentación eléctrica	1	El equipo no recibe alimentación para hacer funcionar el motor	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual) y revisión de parámetros relevantes en la alimentación eléctrica del equipo.	3								
		Obstrucción en la guía por presencia de viruta o elemento externo	1	Atascamiento del carro principal	8	Verificar estado de la guía del carro (limpieza y lubricación)	2								
		Correas de transmisión estiradas	1	Imposibilidad de giro de husillo	8	Control visual de la correa	6								
		Desgaste o corrosión de las poleas	1	Imposibilidad de giro de husillo	8	Detección con equipo detenido. Revisión poleas	6								
		Fallo total en el programa de entrada de datos para la programación del CNC	1	Imposibilidad de dar órdenes de movimientos al sistema	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual) del programa y de parámetros de funcionamiento (validar sistema de coordenadas y efecto de datos ingresados)	6								



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Piezas con fallas de calidad	Desgaste en los engranajes o fractura de parte de algún diente de transmisión	1	Exceso de vibraciones que puede provocar un descarrilamiento del elemento ubicado en el carro principal (falla que suele ocurrir si vibraciones persisten a largo plazo)	7	Detección con equipo en funcionamiento (vibraciones, ruidos extraños)	6	42								
	Desajuste de elementos mecánicos	3	Exceso de vibraciones que puede provocar un descarrilamiento del elemento ubicado en el carro principal o problemas con la selección de la herramienta	7	Detección con equipo en funcionamiento (vibraciones, ruidos extraños)	5	120	Comenzar a implementar controles generales frecuentemente de todos los elementos móviles y de fijación. Verificar el estado del selector de la herramienta	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	3	7	4	84	
	Desajuste en el disco de agarre de la pieza a mecanizar	1	Vibraciones en la pieza a mecanizar, problemas de calidad en el producto final	7	Control del estado del disco, así como del mecanismo de sujeción de material	5	35								
	Falta de lubricación	4	Sobrecalentamiento de elementos móviles	6	Control visual del depósito de lubricante y de los distintos conductos de lubricación	7	168	Comenzar a implementar controles frecuentemente e del depósito de lubricante y sistema de	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	3	6	6	144	



UNC



								lubricación en general									
		Fallo en el filtro del líquido refrigerante	4	Las piezas tienen fallas de calidad por presencia de partículas en el líquido refrigerante y lubricante	6	Verificar el sistema refrigerante y las características del líquido utilizado.	5	120	Comenzar a implementar controles frecuentemente, corroborar que las características del líquido refrigerante utilizado coincidan con las recomendadas por el fabricante	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	3	6	4	72		
		Fallo parcial en la entrada de datos para la programación del CNC	1	Las órdenes efectuadas al sistema no se procesan correctamente o lo hacen de manera muy lenta	6	Detección con equipo en funcionamiento (control visual)	4	24									

Tabla 15 - AMFE Torno CNC. [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



EQUIPO	AMOLADORA DE BANCO	CÓDIGO	AM-001-S4B		PREPARADO EL			RESPONSABLE								
ANÁLISIS					CONTROL			IPR	CORRECCIONES							
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROBABILIDAD(P)	EFFECTOS DEL FALLO	GRAVEDAD (G)	CONTROLES	GRADO DE CONTROL (D)		ACCIONES DE MEJORA	FECHA IMPLEMENTACIÓN	RESPONSABLE	P2	G2	D2	IPR 2	
Cortar, dar forma, lijar, pulir, rectificar y modificar diversos materiales.	Imposibilidad de modificar materiales	Falta de alimentación eléctrica	1	El equipo no recibe alimentación para hacer funcionar el motor	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual) y revisión de parámetros relevantes en la alimentación eléctrica del equipo.	3									
		Obstrucción total en las muelas por presencia de viruta o elemento externo	2	Imposibilidad de generar la rotación de las muelas	8	Control visual de evidencia de limpieza	5									
		Desgaste excesivo de muelas	3	No permite modificar el material	8	Visualizar estado general de las muelas	4									
		Fallo en interruptor de encendido o conexión eléctrico	4	El equipo no recibe alimentación para hacer funcionar el motor	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual)	3									
		Sobrecalentamiento excesivo del motor	2	Sobreexigencia del mismo que podría provocar su avería total	8	Detectar conexión eléctrica en malas condiciones, ya que eso puede incrementar su temperatura	8			Comenzar a implementar controles frecuentemente	-	Op. N°5, N°6 o N°7 Mant	2	8	5	80



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Disminución de la calidad en el procesamiento de materiales	Obstrucción parcial en las muelas por presencia de viruta o elemento externo	4	Se genera su rotación pero con un rendimiento bajo	7	Control visual de evidencia de limpieza	4	112	Comenzar a implementar controles frecuentemente . Realizar limpieza alrededor de muelas una vez realizado el trabajo	-	Op. N°1, N°2 o N°5 D	3	7	3	63
	Desgaste en menor medida de las muelas	6	Se procesa el material con una disminución de su calidad	5	Visualizar estado general de las muelas	5	150	Comenzar a implementar controles frecuentemente , verificar estado superficial y correcto ajuste de las muelas	-	Op. N°1, N°2 o N°5 D	5	5	4	100
	Desajuste de elementos mecánicos	2	Exceso de vibraciones	4	Detección con equipo en funcionamiento (vibraciones, ruidos extraños)	6	48							

Tabla 16 - AMFE Amoladora de Banco. [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



EQUIPO	SIERRA SENSITIVA MAKITA	CÓDIGO	SI-001-S4B	PREPARADO EL				RESPONSABLE							
ANÁLISIS				CONTROL				IPR	CORRECCIONES						
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROBABIL IDAD(P)	EFECTOS DEL FALLO	GRAVEDAD (G)	CONTROLES	GRADO DE CONTROL (D)		ACCIONES DE MEJORA	FECHA IMPLEMENT ACIÓN	RESPONS ABLE	P2	G2	D2	IPR 2
Corte de piezas de manera transversal, longitudinal y en ángulo.	Imposibili dad de realizar el corte	Falta de alimentación eléctrica	1	El equipo no recibe alimentación para hacer funcionar el motor	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual) y revisión de parámetros relevantes en la alimentación eléctrica del equipo. Control de interruptor de conexión/desconexión.	2	16							
		Falta total de condiciones de corte del disco	2	Desgaste de la estructura de la herramienta y del motor.	8	Con equipo en funcionamiento, observar nivel de chispas emitidas en el contacto del disco con la pieza y nivel de penetración del corte. Con equipo detenido, control visual del estado del disco y fecha de caducidad establecida por el fabricante.	4	64							
	Desgaste excesivo del disco	3	El equipo requiere más trabajo para realizar los cortes, desgaste prematuro del motor	7	Con equipo detenido, verificar correcto estado del disco. Corroborar fecha de vencimiento del mismo y su limpieza.	4	84								



Piezas con fallas de calidad por cortes imprecisos	Inestabilidad en los apoyos del equipo	3	Exceso de vibraciones que puede provocar desajustes en los elementos de sostén del disco de corte	5 *	Con equipo en funcionamiento, verificar firmeza y correcta nivelación de la superficie de apoyo. Con equipo detenido, corroborar ajuste de elementos de sostén del disco.	4	60	Comenzar a implementar controles frecuentemente, verificando estabilidad del soporte del equipo								
	Inclinación/d esviación del disco de corte	2	El equipo recibe fuerzas longitudinales que desgastan los elementos de sostén del disco	5 *	Con equipo en funcionamiento, verificar línea de corte con posicionamiento del cabezal de corte. Con equipo detenido, verificar ajuste de los elementos de sostén del disco.	6	60	Comenzar a implementar controles frecuentemente								
	Falta de lubricación	3	Sobrecalentamiento de elementos móviles	5	Control visual de existencia de lubricante sólido en los elementos móviles críticos (ej. sostén del brazo principal)	4	60									
	Juego en el tornillo de ajuste de las piezas a cortar	2	Posicionamiento incorrecto de las piezas a cortar, ocasionando problemas de corte y posibilidad de accidentes	8 *	Con equipo detenido, verificar correcta alineación del tornillo sostén	5	80	Comenzar a implementar controles frecuentemente								

Tabla 17 - AMFE Sierra Sensitiva Makita. [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



EQUIPO		SIERRA SENSITIVA MAKITA		CÓDIGO	SI-002-S4A		PREPARADO EL		RESPONSABLE						
ANÁLISIS						CONTROL			IPR	CORRECCIONES					
FUNCIÓN	FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	PROBABI LIDAD(P)	EFECTOS DEL FALLO	GRAVEDAD (G)	CONTROLES	GRADO DE CONTROL (D)	ACCIONES DE MEJORA		FECHA IMPLEMEN TACIÓN	RESPONS ABLE	P2	G2	D2	IPR 2
Corte de piezas de manera transversal, longitudinal y en ángulo.	Imposibilid ad de realizar el corte	Falta de alimentación eléctrica	1	El equipo no recibe alimentación para hacer funcionar el motor	8	Detección con equipo en funcionamiento (control visual) y revisión de parámetros relevantes en la alimentación eléctrica del equipo. Control de interruptor de conexión/desconexión.	2	16							
		Falta total de condiciones de corte del disco	2	Desgaste de la estructura de la herramienta y del motor.	8	Con equipo en funcionamiento, observar nivel de chispas emitidas en el contacto del disco con la pieza y nivel de penetración del corte. Con equipo detenido, control visual del estado del disco y fecha de caducidad establecida por el fabricante.	4	64							
	Desgaste excesivo del disco	3	El equipo requiere más trabajo para realizar los cortes, desgaste prematuro del motor	7	Con equipo detenido, verificar correcto estado del disco. Corroborar fecha de vencimiento del mismo	4	84								



Piezas con fallas de calidad por cortes imprecisos	Inestabilidad en los apoyos del equipo	3	Exceso de vibraciones que puede provocar desajustes en los elementos de sostén del disco de corte	5 *	y su limpieza. Con equipo en funcionamiento, verificar firmeza y correcta nivelación de la superficie de apoyo. Con equipo detenido, corroborar ajuste de elementos de sostén del disco.	4	60	Comenzar a implementar controles frecuentemente									
	Inclinación/desviación del disco de corte	2	El equipo recibe fuerzas longitudinales que desgastan los elementos de sostén del disco	5 *	Con equipo en funcionamiento, verificar línea de corte con posicionamiento del cabezal de corte. Con equipo detenido, verificar ajuste de los elementos de sostén del disco.	6	60	Comenzar a implementar controles frecuentemente									
	Falta de lubricación	3	Sobrecalentamiento de elementos móviles	5	Control visual de existencia de lubricante sólido en los elementos móviles críticos (ej. sostén del brazo principal)	4	60										
	Juego en el tornillo de ajuste de las piezas a cortar	2	Posicionamiento incorrecto de las piezas a cortar, ocasionando problemas de corte y posibilidad de accidentes	8 *	Con equipo detenido, verificar correcta alineación del tornillo sostén	5	80	Comenzar a implementar controles frecuentemente									

Tabla 18 - AMFE Sierra Sensitiva Makita. [Fuente: Elaboración propia]

5.4 Planificación del Mantenimiento

5.4.1 Selección del Personal

Para el desarrollo del plan de mantenimiento es importante designar a personal capacitado para realizar las tareas propuestas y a un responsable a cargo del control de la ejecución de las mismas. Para ello, se tuvo en cuenta el Análisis de Polivalencia llevado a cabo en el **Punto 4.2.3**.

El gerente de planificación que integra la “Cuadrilla de Trabajos de Mantenimiento General” será el Responsable del Mantenimiento Interno de la organización, quien tendrá la función de llevar adelante la coordinación de actividades, coordinar al personal que intervendrá los equipos, digitalizar la información extraída *en campo*, analizar prioridades de intervención o criticidades, gestionar compra de insumos y tercerizar trabajos en caso de no contar con los recursos en determinado momento.

El personal que intervendrá los equipos tanto para labores de mantenimiento preventivo, correctivo o trabajos generales de mejora a través de tareas complejas (mantenimiento profesional), estará conformado por operarios capacitados y que con frecuencia realizan este tipo de trabajos en otras organizaciones. La selección de éstos se basará en los tres trabajadores con mayor porcentaje de polivalencia, los cuales serán designados a demanda dependiendo su ocupación diaria.

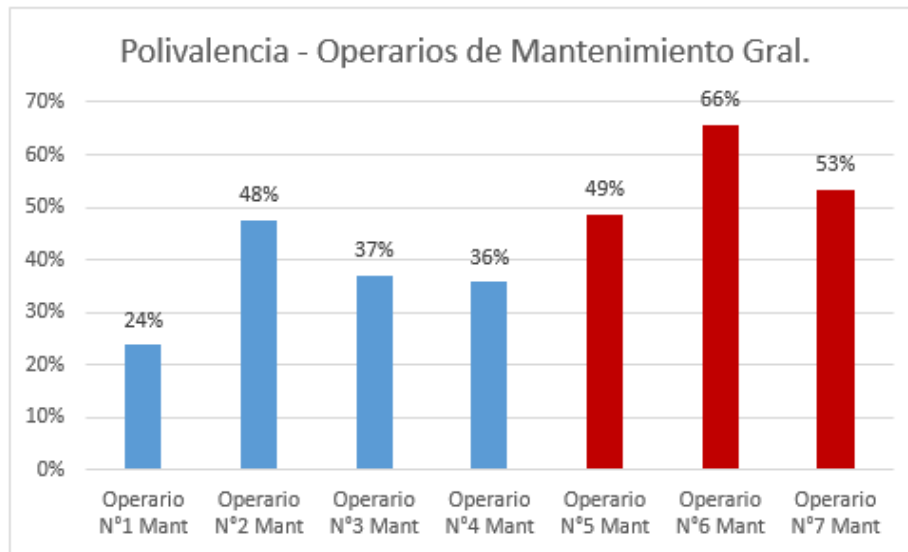


Fig. 35 - Selección de personal con mayor % de versatilidad en la Cuadrilla
[Fuente: Elaboración propia]

En cambio, para tareas de mantenimiento autónomo, se optó por seleccionar al operario que utiliza el equipo diariamente. Es decir, será ejecutado por personal de la Cuadrilla de Diseño (sector en el cual focalizamos nuestro estudio).

A continuación se asigna a cada máquina el Operario de Producción que ejecutará el tipo de mantenimiento que le corresponda.

● COMPRESOR FEMA 330

- Ejecuta el Mantenimiento Autónomo: Operario N°1 D, N°2 D o N°5 D, según disponibilidad. Ellos no poseen un puesto de trabajo fijo.
- Ejecuta el Mantenimiento Profesional: Operario N°5 Mant., N°6 Mant. o N°7 Mant.

● GRUPO ELECTRÓGENO POWER DIESEL

- Ejecuta el Mantenimiento Autónomo: Operario N°1 D, N°2 D o N°5 D.
- Ejecuta el Mantenimiento Profesional: Operario N°5 Mant., N°6 Mant. o N°7 Mant.

- **ROUTER CORGROUP**

- Ejecuta el Mantenimiento Autónomo: Operario N°6 D
- Ejecuta el Mantenimiento Profesional: Operario N°5 Mant., N°6 Mant. o N°7 Mant.

- **TORNO PARALELO CG260**

- Ejecuta el Mantenimiento Autónomo: Operario N°3 D o N°4 D (ambos se encuentran realizando operaciones de Tornería).
- Ejecuta el Mantenimiento Profesional: Operario N°5 Mant., N°6 Mant. o N°7 Mant.

- **TORNO CNC LATHE MACHINE CK6136A**

- Ejecuta el Mantenimiento Autónomo: Operario N°3 D o N°4 D.
- Ejecuta el Mantenimiento Profesional: Operario N°5 Mant., N°6 Mant. o N°7 Mant.

- **AMOLADORA DE BANCO**

- Ejecuta el Mantenimiento Autónomo: Operario N°1 D, N°2 D o N°5 D.
- Ejecuta el Mantenimiento Profesional: Operario N°5 Mant., N°6 Mant. o N°7 Mant.

- **SIERRA SENSITIVA MAKITA**

- Ejecuta el Mantenimiento Autónomo: Operario N°1 D, N°2 D o N°5 D.
- Ejecuta el Mantenimiento Profesional: Operario N°5 Mant., N°6 Mant. o N°7 Mant.

- **SIERRA SENSITIVA MAKITA**

- Ejecuta el Mantenimiento Autónomo: Operario N°1 D, N°2 D o N°5 D.
- Ejecuta el Mantenimiento Profesional: Operario N°5 Mant., N°6 Mant. o N°7 Mant.

5.4.2 Documentos

Estándar de Mantenimiento

Los estándares de mantenimiento son instructivos con una serie de controles que deben realizarse sobre las máquinas y que sirven al personal que realiza el mantenimiento (tanto autónomo como profesional) para guiarse. Surgen como resultado del AMFE, y establecen la siguiente información:

- Esquema general del equipo, distinguiendo sus partes.
- Código del equipo.
- Ubicación donde se encuentra.
- Tareas a realizar para intervenir las distintas partes del equipo y la frecuencia con que se deben realizar éstas intervenciones.
- Herramientas necesarias para llevar a cabo las tareas y EPP necesarios.
- Tiempo asignado para realizar cada una de las intervenciones.
- Observaciones.

Las siguientes tablas representan los “Estándares de mantenimiento” de los equipos:



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



		TORNO CNC LATHE MACHINE CK6136A CÓDIGO: TO-002-S4A							
		Lugar:		SECTOR		LOGO DE LA EMPRESA			
		Fecha de elaboración		12/1/2022 Rev.1.00					
		Abreviaturas		AM= Mantenimiento Autónomo / PM=Mantenimiento Profesional					
		EPP Necesarios		Gafas Calzado de Seguridad Guantes de protección Protección auditiva					
		Nombre y Firma Responsable							
Nº	TIPO	TAREAS A REALIZAR	REF.	EJECUTA	HERRAMIENTA NECESARIA	OBSERVACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	TIEMPO EST. (MIN)	FREC. DE INTERVENCIÓN
1	MA	Limpieza general del medio. Extraer viruta y restos de lubricante en cubierta y en torreta, botones del equipo y ventana de puerta de seguridad.	1, 2, 3, 6	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	Cepillo de alambre / Trapo desengrasante / Pistola neumática	Depositar los trapos utilizados en el lugar de desecho correspondiente. Dejar los elementos de limpieza que sean reutilizables en correcto estado.	Manual	2	Diaria
2	MA	Verificar sonidos extraños al encender el equipo y luego al mecanizar la pieza.	-	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Evaluar si es necesaria la parada para revisión ya que el ruido es independiente del accionar del operario. Dar aviso al encargado en caso de ser necesario.	Auditivo	1	Diaria
3	MA	Inspeccionar el correcto movimiento y cierre de la puerta de seguridad.	4	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Observar posibles elementos que obstaculicen el correcto desplazamiento de la misma. Evaluar la intervención mecánica o lubricación de la misma. Sólo en el primer caso dar aviso al encargado.	Visual	1	Diario
4	MA	Inspección de nivel de líquido refrigerante / nivel del tanque lubricante de guías.	5, 9	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Reponer el nivel de líquido refrigerante a niveles normales de operación (Ver nivel en el depósito [9]). Dar aviso al encargado en caso de ser necesario.	Visual	2	Semanal
5	MA	Limpieza de base de bancada.	-	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	Recipiente de depósito	Extraer los restos de viruta que quedan depositados en la parte inferior de la bancada.	Manual	4	Semanal
6	MP	Lubricación de sistemas mecánicos de difícil acceso y control del filtro del sistema refrigerante.	-	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	No precisa	Revisar lubricación de engranajes de la caja de transmisión. Revisar filtro del sistema refrigerante ubicado en la parte inferior del equipo.	Manual	8	Trimestral
7	MP	Inspección sistema de lubricación / Estado de bomba.	9, 10, 11, 12	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general / Manómetro de control	Revisar correcto estado de las mangueras de transmisión y correcto registro del medidor de caudal de la bomba.	Manual	5	Trimestral
8	MP	Inspección y limpieza profunda del medio / analizar y detectar pérdidas de fluidos / etc.	2	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Trapo desengrasante / Pistola neumática	Revisar el interior de la cabina y centrarse en la limpieza del carro porta herramientas, la guía y la bancada. Además de la base del equipo en donde se acumula la viruta.	Manual	7	Semestral



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



9	MP	Inspección conexionado eléctrico / estado general del cableado / Motor y selector de la herramienta.	7	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general/ Elementos de medición de electricidad / Pistola termográfica	Revisar el estado del motor y los principales parámetros eléctricos. Verificar si el selector de la herramienta funciona al accionar los comandos.	Manual	5	Semestral
10	MP	Revisión sistema de seguridad del medio.	7	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Controlar la correcta detención de la herramienta al accionar la parada de emergencia o al intervenir el mecanizado repentinamente.	Manual	5	Semestral
11	MP	Revisión y recambio elementos mecánicos de desgaste y filtros.	3	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Revisar los elementos rotativos del equipo y aquellos que estén sometidos a roce o a desgaste (herramienta de mecanizado). Revisar filtro del sistema de lubricación.	Manual	15	Anual

Tabla 19 - Estándares de mantenimiento (Torno CNC) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



						GRUPO ELECTRÓGENO POWER DIESEL CÓDIGO: GE-001-S14				
						1- Tablero de control	Lugar:	SECTOR		LOGO DE LA EMPRESA
						2- Sistema de enfriamiento y escape	Fecha de elaboración	12/1/2022	Rev.1.00	
						3- Motor diesel	Abreviaturas	AM= Mantenimiento Autónomo / PM=Mantenimiento Profesional		
						4- Sistema de enfriamiento y escape		EPP Necesarios	Guantes de protección Calzado de Seguridad	
						5- Batería	Nombre y Firma Responsable			
						6- Alternador				
N°	TIPO	TAREAS A REALIZAR	REF.	EJECUTA	HERRAMIENTA NECESARIA	OBSERVACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	TIEMPO EST. (MIN)	FREC. DE INTERVENCIÓN	
1	MA	Limpieza general del medio externo del equipo.	1, 2,4,5	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Cepillo/ Trapo	Especial atención al estado de la carcasa del alternador (libre de polvo) y de los filtros de aire en la parte superior del motor. Verificar la limpieza del tablero eléctrico.	Manual	7	Mensual	
2	MA	Inspección general del medio / Detectar pérdidas de fluido / Ruidos no propios del medio, etc.	1,2,3,4,5	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Revisar debajo del motor de combustión en búsqueda de pérdidas de fluidos. Especial atención a ruidos extraños en los lugares con presencia de elementos móviles (alternador / motor).	Visual / Auditivo	2	Mensual	
3	MA	Inspeccion niveles de refrigerante , aceite motor y combustible.	3	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Reponer a niveles estándares de funcionamiento en caso de ser necesario.	Visual	3	Mensual	
4	MP	Inspección de parámetros de funcionamiento (Tensión entregada / Temperatura refrigerante).	1, 4	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Pinza amperimétrica / Multímetro	Registrar los datos obtenidos en la inspección y la fecha de registro.	Visual	3	Trimestral	
5	MP	Ajuste general de bornes de tablero eléctrico y verificación de correcto funcionamiento de los elementos de seguridad y corte de energía.	1	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Controlar los interruptores de corte de energía en caso de sobrecarga o cortocircuito. Verificar el correcto conexionado en el tablero y con el resto del equipo.	Manual	2	Trimestral	
6	MP	Ajuste general de estructura mecánica y revisión de acumulación de aire en el sistema de combustible.	3	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Revisar desajustes en la estructura mecánica del equipo. Realizar el purgado de aire a través de la válvula en el sistema motor.	Manual	3	Trimestral	
7	MP	Inspección termográfica tablero electrico.	1	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Pistola termográfica	Se deberá tener una planilla para registrar la información recopilada (tipo de mant. CBM).	Manual	5	Semestral	
8	MP	Recambio elementos filtrantes y fluidos (Aceite, filtros, agua destilada y refrigerante).	3, 4	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	No precisa	Verificar especificaciones del refrigerante a utilizar para el correcto funcionamiento del equipo. Revisar el filtro del sistema de lubricación para su reemplazo.	Manual	10	Anual	



9	MP	Recambio elementos mecánicos de desgaste.	3, 4	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Realizar una verificación general. Especial atención a elementos rotativos, sometidos a roce, variaciones de temperatura y vibraciones. Realizar el cambio de aquellos que tengan un desgaste considerable.	Manual	15	Anual
---	----	---	------	---------------------------------------	------------------------------	---	--------	----	-------

Tabla 20 - Estándares de mantenimiento (Grupo Electrogeno) *[Fuente: Elaboración propia]*



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



						COMPRESOR FEMA 330 CÓDIGO: CO-001-S14			
						1- Regulador de presión 2- Pulmón y filtros de aire 3- Motor trifásico 4- Cilindro almacenador de aire 5- Correa de distribución	Lugar:	SECTOR	LOGO DE LA EMPRESA
						Fecha de elaboración	12/1/2022 Rev.1.00		
						Abreviaturas	AM= Mantenimiento Autónomo / PM=Mantenimiento Profesional		
						EPP Necesarios	Guantes de protección Calzado de Seguridad		
						Nombre y Firma Responsable			
N°	TIPO	TAREAS A REALIZAR	REF.	EJECUTA	HERRAMIENTA NECESARIA	OBSERVACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	TIEMPO EST. (MIN)	FREC. DE INTERVENCIÓN
1	MA	Purgado de agua condensada acumulada en pulmón.	2	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Tener un recipiente para depositar el líquido purgado.	Manual	2	Semanal
2	MA	Limpeza general del medio y estado de alimentación eléctrica al equipo.	3, 4	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Cepillo / Trapo	Limpeza externa de la superficie del tanque. Controlar estado del cable de alimentación eléctrica.	Manual/ Visual	4	Mensual
3	MA	Inspección general del medio / Detectar pérdidas de fluido / Ruidos no propios del medio, estado de la correa, etc.	1,2,3,4,5	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Herramientas de mano general	Corroborar el estado de las conexiones con manguera de presión. Correcto cierre de la llave y funcionamiento de los interruptores de arranque y parada del equipo. Verificar la base del equipo en búsqueda de pérdidas de fluido y correcto desplazamiento de la correa de transmisión.	Auditivo/ Visual/ Manual	3	Mensual
4	MA	Inspección y limpieza de filtro de aire.	1	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Revisar posibles obstrucciones en el sistema de filtrado del aire que toma el equipo.	Manual	3	Mensual
5	MP	Inspección de parámetros de funcionamiento (presión alcanzada).	1	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Manómetro de presión	Se necesitará una planilla de registro con valores estándar de referencia.	Manual	3	Bimestral
6	MP	Ajuste general de estructura Mecánica.	2,3	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Revisar elementos sueltos en el equipo o posibles desajustes mecánicos. Prestar especial atención a elementos rotativos y sometidos a roce. (correa de transmisión, soporte del cilindro, etc).	Manual	4	Bimestral
7	MP	Recambio elementos filtrantes.	2	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	-	Manual	7	Anual



8	MP	Recambio elementos mecánicos de desgaste.	5	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Revisar el estado de la correa. Al no tener especificaciones del fabricante (falta manual) se deberá revisar su estado anualmente.	Manual	10	Anual
9	MP	Revisión del estado del motor y del cableado en general.	2	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general, pistola termográfica	Relevar parámetros de entrada y salida del motor. Registrar información obtenida.	Manual	10	Anual

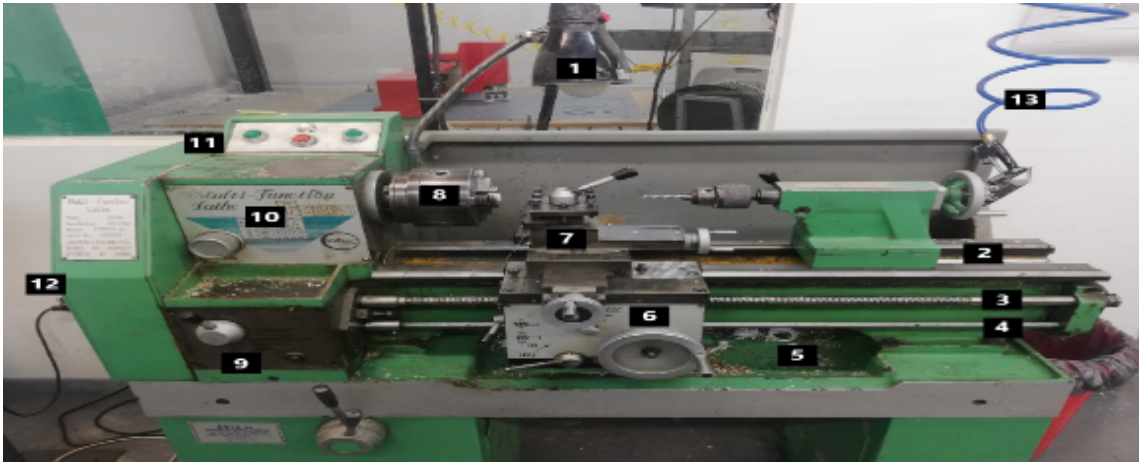
Tabla 21 - Estándares de mantenimiento (Compresor) *[Fuente: Elaboración propia]*



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



TORNO PARALELO CQ260		CÓDIGO: TO-001-S4A	
	1- Lámpara 2- Eje desplazamiento del contrapunto 3- Eje 1 del carro porta-herramientas 4- Bancada 5- Eje 2 del carro porta-herramientas 6- Carro porta-herramientas 7- Torre porta herramienta 8- Plato 9- Caja de control del carro 10- Caja norton 11- Caja de encendido/apagado 12- Entrada conexión eléctrica --- 13- Sistema aire comprimido p/limpieza	Lugar:	SECTOR
		Fecha de elaboración	12/1/2022 Rev.1.00
		Abreviaturas	AM= Mantenimiento Autónomo / PM=Mantenimiento Profesional
		EPP Necesarios	Gafas Calzado de Seguridad Guantes de protección Protección auditiva
	Nombre y Firma Responsable		LOGO DE LA EMPRESA

N°	TIPO	TAREAS A REALIZAR	REF.	EJECUTA	HERRAMIENTA NECESARIA	OBSERVACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	TIEMPO EST. (MIN)	FREC. DE INTERVENCIÓN
1	MA	Limpieza general del medio (Extraer la viruta y restos de lubricante que se encuentren en la superficie).	2, 3, 4, 5, 6, 8	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	Cepillo de alambre / Trapo desengrasante / Pistola neumática	Depositar los trapos utilizados en el lugar de desecho correspondiente.	Manual	2	Diaria
2	MA	Verificar el correcto funcionamiento de la iluminación y señales lumínicas del equipo.	1	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Controlar lámpara de iluminación de la herramienta de mecanizado y botones con señal lumínica (verde y roja). Dar aviso al encargado en caso de ser necesario.	Visual	1	Diaria
3	MA	Verificar sonidos extraños al encender el equipo y luego al mecanizar la pieza.	-	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Buscar identificar la ubicación del sonido extraño. Comprobar que sea independiente del accionar del operario. Dar aviso al encargado en caso de ser necesario.	Auditivo	1	Diaria
4	MA	Lubricar los sistemas mecánicos accesibles y controlar el nivel de líquido refrigerante.	2, 3, 5	Operario 3 o 4 (Cuadrilla Diseño)	Lubricante / Grasa / Guante de goma	Realizar una correcta limpieza previa a la lubricación.	Manual	1	Mensual
5	MP	Lubricación de sistemas mecánicos de difícil acceso y verificar el estado del filtro de líquido refrigerante.	6, 9, 10	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Especial atención a la herramienta de mecanizado y a los elementos rotativos o con roce del equipo. Tener en cuenta la posibilidad de recambio del filtro.	Manual	8	Trimestral
6	MP	Inspección y limpieza profunda del medio / analizar y detectar pérdidas de fluidos.	-	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Trapo desengrasante / Pistola neumática	Especial atención en el carro y la torre portaherramientas. Verificar la parte inferior del equipo en búsqueda de posibles pérdidas de fluidos.	Manual	7	Semestral
7	MP	Inspección conexionado eléctrico / estado general del cableado / Motor.	12	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Revisar el estado del motor y los principales parámetros eléctricos de entrada al equipo.	Manual	5	Semestral
8	MP	Revisión del sistema de seguridad del medio.	8,10,11	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	No precisa	Verificar sistema de detención del equipo al accionar la parada de emergencia. Realizar más de una prueba.	Manual	3	Semestral



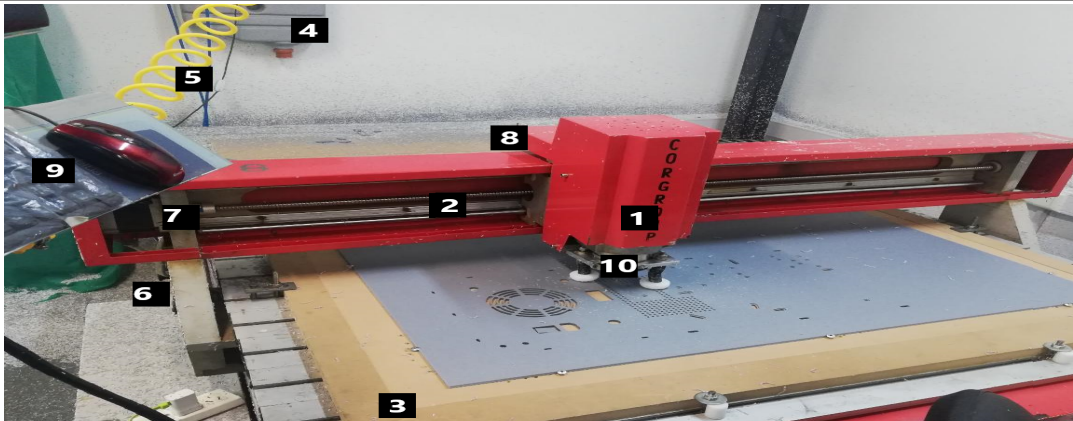
9	MP	Revisión de elementos mecánicos de desgaste y filtros.	6,7,10	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Revisar los elementos rotativos del equipo y aquellos que estén sometidos a roce o a desgaste (herramienta de mecanizado). Revisar filtro del sistema de lubricación. Evaluar el recambio de los mismos.	Manual	10	Anual
---	----	--	--------	---------------------------------------	------------------------------	--	--------	----	-------

Tabla 22 - Estándares de mantenimiento (Torno paralelo) [Fuente: *Elaboración propia*]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



ROUTER CORGROUP CÓDIGO: RO-001-S4A

1- Husillo	Lugar:	SECTOR	LOGO DE LA EMPRESA
2- Guías de desplazamiento husillo	Fecha de elaboración	12/1/2022 Rev.1.00	
3- Superficie de trabajo	Abreviaturas	AM= Mantenimiento Autónomo / PM=Mantenimiento Profesional	
4- Tanque de agua p/refrigeración	EPP Necesarios	Gafas Calzado de Seguridad Guantes de protección Protección auditiva	
5- Sistema de aire comprimido	Nombre y Firma Responsable		
6- Correa y cobertor de cables			
7- Motor DC			
8- Rodamiento axial del eje de desplazamiento			
9- PC de comando			
10- Soporte de mecanizado			

N°	TIPO	TAREAS A REALIZAR	REF.	EJECUTA	HERRAMIENTA NECESARIA	OBSERVACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	TIEMPO EST. (MIN)	FREC. DE INTERVENCIÓN
1	MA	Limpieza general del medio.	1, 2, 3	Operario 6 (Cuadrilla Diseño)	Cepillo de alambre / Trapo desengrasante / Pistola neumática	Depositar los trapos utilizados en el lugar de desecho correspondiente. Dejar los elementos de limpieza que sean reutilizables en correcto estado. Realizar correcto guardado de Pistola neumática.	Manual	2	Diaria
2	MA	Verificar sonidos extraños al encender el equipo y luego al realizar el proceso de ruteado.	-	Operario 6 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Dar aviso al encargado en caso de ser necesaria una intervención.	Auditivo	1	Diaria
3	MA	Controlar que el husillo esté siendo bien refrigerado.	5	Operario 6 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Colocar la mano sobre el mismo, debe estar tibio pero ser soportable. Dar aviso en caso de identificar alguna anomalía.	Manual	1	Diaria
4	MA	Lubricación del eje de desplazamiento del husillo y las guías.	1	Operario 6 (Cuadrilla Diseño)	Lubricante / Grasa / Guante de goma	Dar aviso al identificar pronta escasez de insumos. Guardar guantes en compartimiento correspondiente, realizar su descarte cuando lo amerite.	Manual	2	Mensual
5	MA	Verificar el correcto estado de las mangueras y el funcionamiento de la bomba de agua.	1	Operario 6 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Verificar estado superficial de las mismas y la falta de obstrucciones. Verificar correcta entrega de caudal de la bomba de agua. Dar aviso al encargado en caso de necesitar intervención.	Manual	1	Mensual
6	MP	Ajuste general de estructura Mecánica / Herramienta de corte y soporte. Revisión de los motores (principal y PAP).	1, 2, 3, 7, 10	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Verificar la correcta posición de las guías de la herramienta de corte. Verificar parámetros principales de entrada y salida de los motores PAP.	Manual	5	Trimestral
7	MP	Inspección conexión eléctrico de CPU / Monitor / etc / Higiene en conexión y del correcto funcionamiento del programa.	9	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general/ Trapo	Limpieza profunda PC y revisar parámetros de funcionamiento del programa.	Manual	4	Semestral



8	MP	Recambio de elementos mecánicos de desgaste (Secciones desgastadas de la cadena y rodamientos).	1, 2, 6, 8	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Rodamiento principal axial y rodamientos laterales de movimiento del husillo.	Manual	9	Anual
9	MP	Recambio base de bancada (madera).	3	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Verificar que no existan relieves (planicidad) y se encuentre correctamente fijada.	Manual	8	Anual

Tabla 23 - Estándares de mantenimiento (Router) [Fuente: *Elaboración propia*]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



						AMOLADORA DE BANCO		CÓDIGO: AM-001-S4B			
						Lugar:		SECTOR		LOGO DE LA EMPRESA	
						Fecha de elaboración		12/1/2022 Rev.1.00			
						Abreviaturas		AM= Mantenimiento Autónomo / PM=Mantenimiento Profesional			
						EPP Necesarios		Gafas Calzado de Seguridad Guantes de protección Protección auditiva			
						Nombre y Firma Responsable					
N°	TIPO	TAREAS A REALIZAR	REF.	EJECUTA	HERRAMIENTA NECESARIA	OBSERVACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	TIEMPO EST. (MIN)	FREC. DE INTERVENCIÓN		
1	MA	Limpieza general de restos de viruta.	4,5,8,9,10,11,12	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Cepillo de alambre / Trapo	Limpiar y corroborar el correcto funcionamiento de los protectores en ambos extremos.	Manual	3	Diaria		
2	MA	Verificar sonidos extraños al encender el equipo.	-	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Dar aviso al encargado en caso de ser necesario.	Auditivo	1	Diaria		
3	MA	Verificar correcta rotación de las muelas y vibraciones indebidas.	4,5	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	No precisa	Realizar el control con el equipo detenido y luego en funcionamiento.	Manual	4	Mensual		
4	MA	Revisión y recambio de elementos mecánicos de desgaste (Muelas y/o disco abrasivo).	4,5	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Llave de mano (tipo allen y tipo combinada)	En caso de desgaste excesivo deberá tenerse el repuesto adecuado para realizar el reemplazo.	Manual	3	Trimestral *		
5	MP	Ajuste general de estructura Mecánica.	10	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Prestar atención a elementos sueltos, en especial a elementos rotativos (muelas).	Manual	5	Trimestral		
6	MP	Lubricación del sistema de transmisión.	6,7	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Corroborar características del lubricante a colocar. Debe ser acorde a lo recomendado por el fabricante.	Manual	4	Semestral		
7	MP	Inspección de conexión eléctrica general y verificación del funcionamiento correcto del interruptor de arranque.	1,3	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	-	Manual	5	Semestral		
8	MP	Revisión de rodamientos.	2,4,5,6,7	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Corroborar el estado de los rodamientos principales y evaluar si es preciso el reemplazo de los mismos de acuerdo al uso.	Manual	10	Anual		

*Puede variar dependiendo el nivel de uso del equipo

Tabla 24 - Amoladora de banco [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



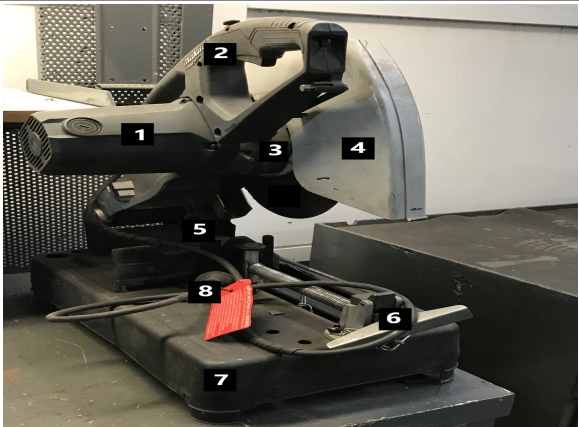
						SIERRA SENSITIVA MAKITA M14		CÓDIGO: SI-001-S4B		
						1- Motor CA 2- Interruptor conexión/ desconexión 3- Eje principal 4- Soporte y protección del disco 5- Articulación 6- Tornillo de ajuste de piezas a cortar 7- Chasis 8- Cable de alimentación 9- Disco de corte	Lugar:	SECTOR	LOGO DE LA EMPRESA	
							Fecha de elaboración	12/1/2022 Rev.1.00		
							Abreviaturas	AM= Mantenimiento Autónomo / PM=Mantenimiento Profesional		
							EPP Necesarios	Gafas Calzado de Seguridad Guantes de protección Protección auditiva		
						Nombre y Firma Responsable				
N°	TIPO	TAREAS A REALIZAR	REF.	EJECUTA	HERRAMIENTA NECESARIA	OBSERVACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	TIEMPO EST. (MIN)	FREC. DE INTERVENCIÓN	
1	MA	Limpieza general del medio.	3,4,5,6,7,8	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Cepillo de alambre / Trapo desengrasante / Pistola neumática	Depositar los trapos utilizados en el lugar de desecho correspondiente. Dejar los elementos de limpieza que sean reutilizables en correcto estado. Realizar correcto guardado de Pistola neumática.	Manual	2	Diaria	
2	MA	Verificar sonidos extraños al encender el equipo y luego al realizar el proceso de corte.	-	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Dar aviso al encargado en caso de ser necesario.	Auditivo	1	Diaria	
3	MA	Verificar correcta alineación del disco de corte respecto de la superficie de corte.	3	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Colocar la mano sobre el mismo, debe estar tibio pero ser soportable.	Manual	1	Diaria	
4	MA	Verificar estado del disco y fecha de vencimiento.	3	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Lubricante / Grasa / Guante de goma	Corroborar el estado superficial del disco de no ser posible observar la fecha de caducidad. Realizar cambio de ser necesario.	Manual	2	Mensual	
5	MA	Verificar el correcto funcionamiento del interruptor de parada/ arranque, así como el estado del cable de alimentación.	2,8	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	-	Agregar líquido refrigerante en caso de ser necesario.	Manual	1	Mensual	
6	MP	Corroborar lubricación de partes accesibles.	5,3	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	-	Manual	5	Trimestral	
7	MP	Control de elementos mecánicos de desgaste (Rodamientos).	3	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Dar aviso al encargado en caso de ser necesario el cambio de éstos.	Manual	9	Anual	
8	MP	Controlar el buen estado del tornillo de ajuste de las piezas a cortar.	3	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Dar aviso al encargado en caso de ser necesario el cambio de éstos.	Manual	8	Anual	

Tabla 25 - Sierra Sensitiva [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



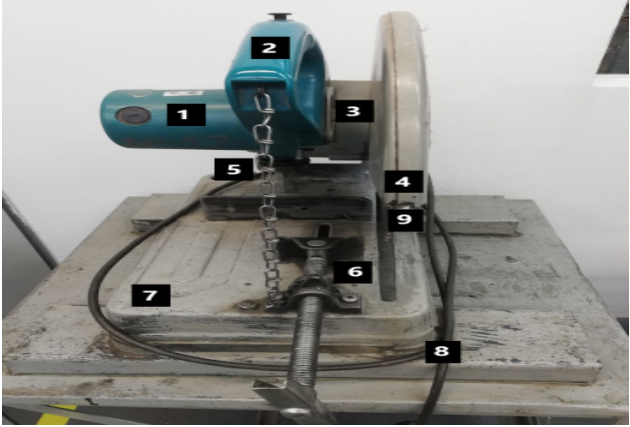
						SIERRA SENSITIVA MAKITA M15		CÓDIGO: SI-002-S4A		
						1- Motor CA 2- Interruptor conexión/ desconexión 3- Eje principal 4- Soporte y protección del disco 5- Articulación 6- Tornillo de ajuste de piezas a cortar 7- Chasis 8- Cable de alimentación 9- Disco de corte	Lugar:	SECTOR		LOGO DE LA EMPRESA
							Fecha de elaboración	12/1/2022	Rev.1.00	
							Abreviaturas	AM= Mantenimiento Autónomo / PM=Mantenimiento Profesional		
							EPP Necesarios	Gafas Calzado de Seguridad Guantes de protección Protección auditiva		
						Nombre y Firma Responsable				
N°	TIPO	TAREAS A REALIZAR	REF.	EJECUTA	HERRAMIENTA NECESARIA	OBSERVACIONES	MÉTODO DE INSPECCIÓN	TIEMPO EST. (MIN)	FREC. DE INTERVENCIÓN	
1	MA	Limpieza general del medio.	3,4,5,6,7,8	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Cepillo de alambre / Trapo desengrasante / Pistola neumática	Depositar los trapos utilizados en el lugar de desecho correspondiente. Dejar los elementos de limpieza que sean reutilizables en correcto estado. Realizar correcto guardado de Pistola neumática.	Manual	2	Diaria	
2	MA	Verificar sonidos extraños al encender el equipo y luego al realizar el proceso de corte.	-	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Dar aviso al encargado en caso de ser necesario.	Auditivo	1	Diaria	
3	MA	Verificar correcta alineación del disco de corte respecto de la superficie de corte.	3	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	No precisa	Colocar la mano sobre el mismo, debe estar tibio pero ser soportable.	Manual	1	Diaria	
4	MA	Verificar estado del disco y fecha de vencimiento.	3	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	Lubricante / Grasa / Guante de goma	Corroborar el estado superficial del disco de no ser posible observar la fecha de caducidad. Realizar cambio de ser necesario.	Manual	2	Mensual	
5	MA	Verificar el correcto funcionamiento del interruptor de parada/ arranque, así como el estado del cable de alimentación.	2,8	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	-	Agregar líquido refrigerante en caso de ser necesario.	Manual	1	Mensual	
6	MP	Corroborar lubricación de partes accesibles.	5,3	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	-	Manual	5	Trimestral	
7	MP	Control de elementos mecánicos de desgaste (Rodamientos).	3	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Dar aviso al encargado en caso de ser necesario el cambio de éstos.	Manual	9	Anual	
8	MP	Controlar el buen estado del tornillo de ajuste de las piezas a cortar.	3	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	Herramientas de mano general	Dar aviso al encargado en caso de ser necesario el cambio de éstos.	Manual	8	Anual	

Tabla 26 - Sierra Sensitiva [Fuente: Elaboración propia]

Como puede observarse, en éstas planillas se enumeraron las tareas a realizar con la frecuencia de intervención, el responsable y referencias sobre la complejidad de las operaciones, requerimiento de herramientas y los elementos de seguridad mínimos para realizar las tareas.

Para la disposición y el uso de los elementos de protección personal y herramientas necesarios, nos adaptamos a lo detallado en el “**Título III, Capítulo 15: Máquinas y herramientas**” de la Ley 19.587 que establece las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo, aprobada por decreto 351/1979. De esta forma, es obligatorio para el caso de los equipos descritos en los Estándares de Mantenimiento la utilización de *guantes, calzado de seguridad, gafas y protección auditiva*, además de la indumentaria reglamentaria para los operarios.



Fig. 36 - Ilustración de EPP

En cuanto al “*Tiempo asignado para realizar cada una de las intervenciones*”, se realizó una ponderación a través de un análisis de las tareas a llevar a cabo, teniendo en cuenta su complejidad y los tiempos considerados por los operarios y el responsable de mantenimiento.

Se detalla además, el tipo de mantenimiento que se realiza sobre los equipos, es decir, si es posible de llevar a cabo por el personal del puesto

(Mantenimiento Autónomo) o debe ser llevado a cabo por personal específicamente de mantenimiento con tareas programadas (Mantenimiento Profesional).

Calendario de Mantenimiento

Ésta herramienta se utilizará para planificar el mantenimiento preventivo sobre los equipos con nivel de criticidad “A” a lo largo del año.

Visualizar éste calendario va a permitir a la empresa asignar la carga horaria del personal destinado a ello y poder verificar que el mantenimiento se está llevando a cabo de la forma planificada. Para ello se utilizará el indicador “*grado de cumplimiento del plan de mantenimiento*”, el cual se detallará más adelante y utiliza el calendario como fuente de información.

Al igual que el estándar de mantenimiento, detalla el tipo de mantenimiento a llevar a cabo, el personal asignado y referencias a partes del equipo.

Para representar las planillas, se exponen las correspondientes al mes de Enero a modo de ejemplo. Luego, se coloca a modo de resumen, el calendario de mantenimiento de las máquinas seleccionadas con tareas de tipo “profesional” a lo largo del año, es decir, sin considerar el mantenimiento autónomo que es rutinario y casi diario en todos los casos (Ver “*Tabla 35 - Plan anual de mantenimiento preventivo (profesional)*”).



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: N°, TIPO DE MTTO, TAREAS A REALIZAR, EJECUTA, REF., and DÍAS DEL MES (3-31). Rows 1-11 describe maintenance tasks like 'Limpieza general del medio' and 'Lubricación de sistemas mecánicos'. Includes an 'OBSERVACIONES' section at the bottom.

Tabla 27 - Control físico de Calendario de mantenimiento (Torno CNC) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



PLANILLA CONTROL CALENDARIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 002: GRUPO ELECTRÓGENO POWER DIESEL

Rev: 1.00

LOGO EMPRESA

MES: ENERO

AÑO: 2022

RESPONSABLE:

N°	TIPO DE MTTO	TAREAS A REALIZAR	EJECUTA	REF.	DÍAS DEL MES																															
					3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31											
1	MA	Limpieza general del medio externo del equipo.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	1, 2,4,5						○																										
2	MA	Inspección general del medio / Detectar pérdidas de fluido / Ruidos no propios del medio, etc.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	1,2,3,4,5						○																										
3	MA	Inspeccion niveles de refrigerante , aceite motor y combustible.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	3						○																										
4	MP	Inspección de parámetros de funcionamiento (Tensión entregada / Temperatura refrigerante).	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	1, 4						○																										
5	MP	Ajuste general de bornes de tablero eléctrico y verificación de correcto funcionamiento de los elementos de seguridad y corte de energía.	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	1						○																										
6	MP	Ajuste general de estructura mecánica y revisión de acumulación de aire en el sistema de combustible.	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	3						○																										
7	MP	Inspección termográfica tablero electrico.	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	1						○																										
8	MP	Recambio elementos filtrantes y fluidos (Aceite, filtros, agua destilada y refrigerante).	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	3, 4						○																										
9	MP	Recambio elementos mecánicos de desgaste.	Operario 5,6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	3, 4						○																										
OBSERVACIONES																																				

Tabla 28 - Control físico de Calendario de mantenimiento (Grupo electrogeno) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



PLANILLA CONTROL CALENDARIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 003: COMPRESOR FEMA 330					Rev: 1.00											LOGO EMPRESA																			
MES: ENERO																																			
AÑO: 2022																																			
RESPONSABLE:																																			
N°	TIPO DE MTTO	TAREAS A REALIZAR	EJECUTA	REF.	DÍAS DEL MES																														
					3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31										
1	MA	Purgado de agua condensada acumulada en pulmón.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	2	<input type="radio"/>					<input type="radio"/>						<input type="radio"/>						<input type="radio"/>										<input type="radio"/>			
2	MA	Limpieza general del medio y estado de alimentación eléctrica al equipo.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	3, 4	<input type="radio"/>																														
3	MA	Inspección general del medio / Detectar pérdidas de fluido / Ruidos no propios del medio, estado de la correa, etc.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	1,2,3,4,5	<input type="radio"/>																														
4	MA	Inspección y limpieza de filtro de aire.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	1	<input type="radio"/>																														
5	MP	Inspección de parámetros de funcionamiento (presión alcanzada).	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	1	<input type="radio"/>																														
6	MP	Ajuste general de estructura Mecánica.	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	2,3	<input type="radio"/>																														
7	MP	Recambio elementos filtrantes.	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	2	<input type="radio"/>																														
8	MP	Recambio elementos mecánicos de desgaste.	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	5	<input type="radio"/>																														
9	MP	Revisión del estado del motor y del cableado en general.	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	2	<input type="radio"/>																														
OBSERVACIONES																																			

Tabla 29 - Control físico de Calendario de mantenimiento (Compresor) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



PLANILLA CONTROL CALENDARIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 004: TORNO PARALELO CG260

Rev: 1.00

LOGO EMPRESA

MES: ENERO

AÑO: 2022

RESPONSABLE:

DÍAS DEL MES

Table with columns: N°, TIPO DE MTTO, TAREAS A REALIZAR, EJECUTA, REF., and days of the month (3-31). It lists maintenance tasks such as cleaning, lubrication, and inspection with corresponding execution dates and personnel.

Tabla 30 - Control físico de Calendario de mantenimiento (Torno Paralelo) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: N°, TIPO DE MTTO, TAREAS A REALIZAR, EJECUTA, REF., and DÍAS DEL MES (3-31). Rows include tasks like 'Limpieza general del medio', 'Verificar sonidos extraños', 'Controlar que el husillo esté siendo bien refrigerado', etc.

Tabla 31 - Control físico de Calendario de mantenimiento (Router) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: N°, TIPO DE MTTO, TAREAS A REALIZAR, EJECUTA, REF., and a grid for DÍAS DEL MES (3-31). Rows include tasks like 'Limpieza general de restos de viruta', 'Verificar sonidos extraños al encender el equipo', etc.

Tabla 32 - Control físico de Calendario de mantenimiento Amoladora de Banco [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



PLANILLA CONTROL CALENDARIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 007: SIERRA SENSITIVA MAKITA M14																					Rev: 1.00					LOGO EMPRESA							
MES: ENERO																																	
AÑO: 2022																																	
RESPONSABLE:																																	
N°	TIPO DE MTTO	TAREAS A REALIZAR	EJECUTA	REF.	DÍAS DEL MES																												
					3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31								
1	MA	Limpieza general del medio.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	3,4,5,6,7,8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	MA	Verificar sonidos extraños al encender el equipo y luego al realizar el proceso de corte.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	MA	Verificar correcta alineación del disco de corte respecto de la superficie de corte.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	MA	Verificar estado del disco y fecha de vencimiento.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	3					<input type="checkbox"/>																								
5	MA	Verificar correcto funcionamiento del interruptor de parada/ arranque, así como el estado del cable de alimentación.	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	2,8					<input type="checkbox"/>																								
6	MP	Corroborar lubricación de partes accesibles.	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	5,3																													
7	MP	Control de elementos mecánicos de desgaste (Rodamientos).	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	3																													
8	MP	Controlar buen estado del tornillo de ajuste de las piezas a cortar.	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	3																													
OBSERVACIONES																																	

Tabla 33 - Control físico de Calendario de mantenimiento Sierra Sensitiva [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: N°, TIPO DE MTTO, TAREAS A REALIZAR, EJECUTA, REF., and a grid for DÍAS DEL MES (3-31). Includes a header for 'PLANILLA CONTROL CALENDARIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 008: SIERRA SENSITIVA MAKITA M15' and a 'LOGO EMPRESA' box.

Tabla 34 - Control físico de Calendario de mantenimiento Sierra Sensitiva [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



		TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Mantenimiento Profesional)											
Equipo	Código	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
COMPRESOR FEMA 330	CO-001-S14	x		x		x		x		x		x	
GRUPO ELECTRÓGENO POWER DIESEL	GE-001-S14	x			x			x			x		
ROUTER CORGROUP	RO-001-S4A	x			x			x			x		
TORNO PARALELO CG260	TO-001-S4A		x			x			x			x	
TORNO CNC LATHE MACHINE CK6136A	TO-002-S4A	x			x			x			x		
AMOLADORA DE BANCO	AM-001-S4B		x			x			x			x	
SIERRA SENSITIVA MAKITA M14	SI-001-S4B		x			x			x			x	
SIERRA SENSITIVA MAKITA M15	SI-002-S4A		x			x			x			x	

Tabla 35 - Plan anual de mantenimiento preventivo (profesional) [Fuente: Elaboración propia]

Para el caso puntual del “Grupo Electrónico Power Diesel” el calendario estará acompañado con una planilla de “Registro de parámetros de grupos electrógenos” (ver **Anexo I**) que contendrá información más detallada obtenida de las tareas indicadas en el calendario, y que es necesaria para brindar a la entidad correspondiente en caso de inspección.

Para el caso del “Compresor FEMA 330” se tendrá junto al calendario de mantenimiento la última prueba hidráulica realizada, la cual debe estar en regla.

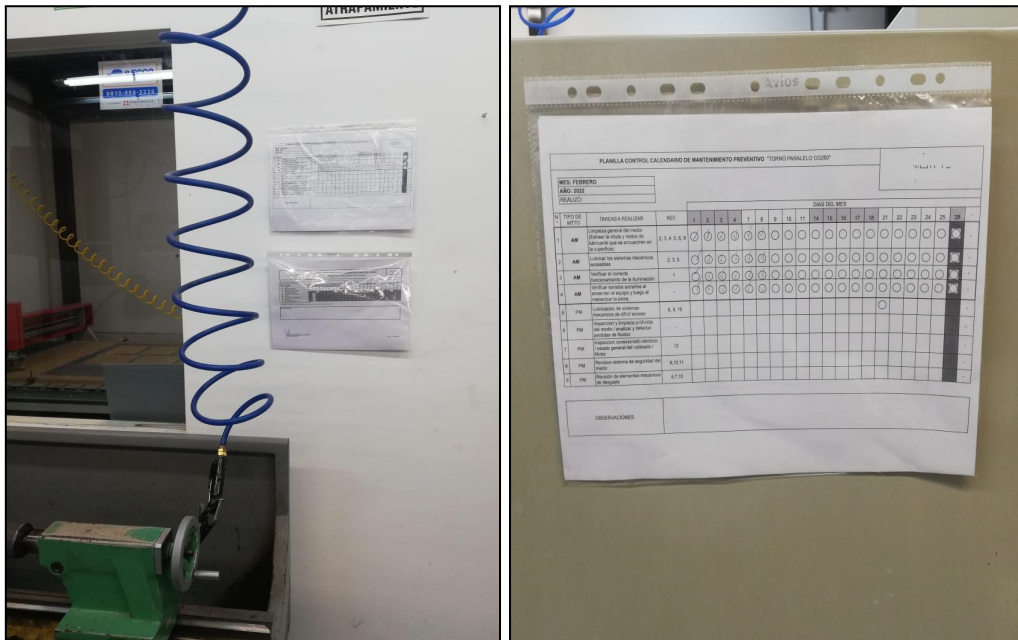


Fig. 37 - Calendario de mantenimiento en las máquinas (Torno Paralelo CQ260 y Torno CNC Lathe Machine CK6136A) [Fuente: Institucional]

La siguiente planilla es una representación parcial del Calendario Digital, en donde se detalla el seguimiento del plan semanalmente. A fines prácticos sólo se mostrará hasta la semana 10 del corriente año, y en el **Anexo II** se refleja el del resto de las máquinas.

Luego, se representa la “Planilla de Observaciones”, en donde se detalla la información obtenida de las intervenciones (reflejada en las Órdenes de Trabajo). Ésta se encuentra digitalmente.



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: TO-001-S4A (ID, ACTIVIDAD, Tipo Mtto, Frecuencia, Piloto), SEMANA (40-53, 1-10). Rows 1-9 describe maintenance activities like 'Limpieza general del medio', 'Verificar el correcto funcionamiento de la iluminación', etc., with status (PROGRAMADO/REALIZADO) and weekly occurrence (P/R).

Tabla 36 - Representación parcial del Calendario digital de mantenimiento (Torno Paralelo CQ260) [Fuente: Elaboración propia]

SEMANA	N° OT	EQUIPO	OBSERVACIÓN	INICIO	FIN

Tabla 37 - Planilla de Observaciones
[Fuente: Elaboración propia]

Solicitud de mantenimiento

Esta herramienta se utiliza cuando el personal detecta una anomalía o fallo que no puede resolverse instantáneamente y sin emplear recursos al alcance del personal. Se trata de una solicitud verbal que el operario o el personal de mantenimiento realizan al responsable de mantenimiento en caso de haber detectado la anomalía realizando sus tareas (mantenimiento autónomo o profesional).

Por lo general suele implicar un documento, pero en éste caso se optó por hacerlo de ésta forma ya que se consideró práctico para el personal y dinámico para el proceso debido a las características de la empresa.

Orden de Trabajo de mantenimiento

En éste documento se detalla el equipo que requiere de mantenimiento, la fecha de intervención, las tareas realizadas y el tiempo empleado, los insumos utilizados y el responsable.

Todos éstos datos son archivados en carpetas de registro para luego ser digitalizadas. A diferencia de las solicitudes de mantenimiento, en éste caso se utilizará formato papel ya que son registros que implican una intervención confirmada sobre los equipos, lo que puede afectar su vida útil a futuro. Además, facilita a quien ejecuta el mantenimiento ya que permite registrar los datos relevantes.

Será de suma importancia para el Centro de Costos del área de mantenimiento, ya que permite generar un antecedente de los recursos económicos empleados para dar soporte a las intervenciones.

FORMULARIO DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO - OT -		Rev: 1.00	
FECHA		N° SOLICITUD	
SOLICITANTE		HORA INICIO	
APROBADO POR		HORA FIN	
		TT	
DATOS DEL EQUIPO			
NOMBRE EQUIPO			
CÓDIGO			
DATOS DE LA FALLA			
TIPO DE FALLA (Marcar con una cruz)		DETECCIÓN (Marcar con una cruz)	
MECÁNICO		MANT. AUTÓNOMO	
ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO		MANT. PREVENTIVO	
OTRO	TIPO:	FALLA IMPREVISTA	
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA / MOTIVO DE INTERVENCIÓN:			
MANEJO DE REPUESTOS			
REPUESTO/ MATERIAL UTILIZADO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	OBSERVACIONES

Tabla 38 - Formulario de Orden de Trabajo de Mantenimiento.
[Fuente: Elaboración propia]

Flujograma del Proceso

El operario debe revisar diariamente el **calendario de mantenimiento** en la máquina que le fue asignada para saber si es necesario llevar a cabo mantenimiento autónomo, mientras que el personal de mantenimiento será notificado por el responsable en caso de que en esa ocasión corresponda mantenimiento profesional. En ambos casos, deberán tomar como guía de sus tareas el **estándar de mantenimiento** (que también se encontrará físicamente junto a su correspondiente máquina).

Luego de la intervención, deberán dejar registro en el calendario de mantenimiento, con un tilde dentro de los círculos a medida que se haya cumplido la “Tarea a Realizar” en la fecha prevista; en caso contrario o cuando se identifique un desperfecto o anomalía, se coloca una cruz. Luego, en la parte inferior se completará con observaciones los detalles importantes a tener en cuenta que se hayan detectado y que podrían implicar una solicitud de mantenimiento.

En el caso de que haya intervenciones excepcionales planificadas con anticipación por el personal de mantenimiento o tareas que fueran realizadas de manera inesperada (mantenimiento correctivo) o fuera de los estándares (mantenimiento de mejora), también se dejará registro en la sección de “observaciones” de ésta planilla.

Con una frecuencia semanal, el responsable de mantenimiento deberá ir al puesto donde se encuentra la máquina y retirar ésta planilla, para completar el calendario digital y realizar un seguimiento de las tareas ejecutadas. Luego de la carga, lo dejará nuevamente en el puesto para que el personal interviniente lo siga completando en las próximas fechas correspondientes.

En el calendario digital, en el caso de que las inspecciones hayan sido realizadas, se completará en el recuadro correspondiente a la fecha con la letra “R” (realizado) y el color con el que se lo pinte dependerá si hubo inconvenientes o presencia de anomalías. En caso de que se hayan observado anomalías, se pintará de color naranja la celda y se anotarán los

motivos en la **planilla de observaciones**. En el caso de que no se hayan observado anomalías, se pintará de color verde.

Cuando al realizar las tareas de mantenimiento se identifique una anomalía, el personal deberá notificar al responsable de mantenimiento a través de la **solicitud de mantenimiento**.

El responsable debe evaluar la criticidad del pedido y planificar la intervención para resolver la anomalía a través de una **orden de trabajo**.

Antes, deberá analizar si cuenta con los recursos técnicos necesarios (disponibilidad de personal de mantenimiento profesional asignado a cada equipo) y herramientas requeridas. Por otro lado, tendrá que revisar si cuenta con los insumos y repuestos necesarios, y en caso contrario iniciar la gestión del proceso de compra de los mismos.

En caso de que éstos elementos estén disponibles, se liberará la orden de trabajo al personal interno que fue asignado.

Luego de ejecutar las tareas para reparar las anomalías detectadas, el personal cargará la información relevada en la orden de trabajo y la devolverá al responsable de mantenimiento, quien registrará la información digitalmente en la planilla de observaciones del equipo (o Historial del Equipo) que se encuentra digitalmente en el mismo documento que los Estándares de Mantenimiento. Luego, guardará la orden de trabajo en una carpeta donde se tendrá registro de todas las intervenciones realizadas hasta el momento.

En el diagrama que se muestra a continuación se representan los procesos llevados a cabo tanto quien ejecuta el plan de mantenimiento como por quien lo gestiona, e incluye las tareas de mantenimiento autónomo y profesional.

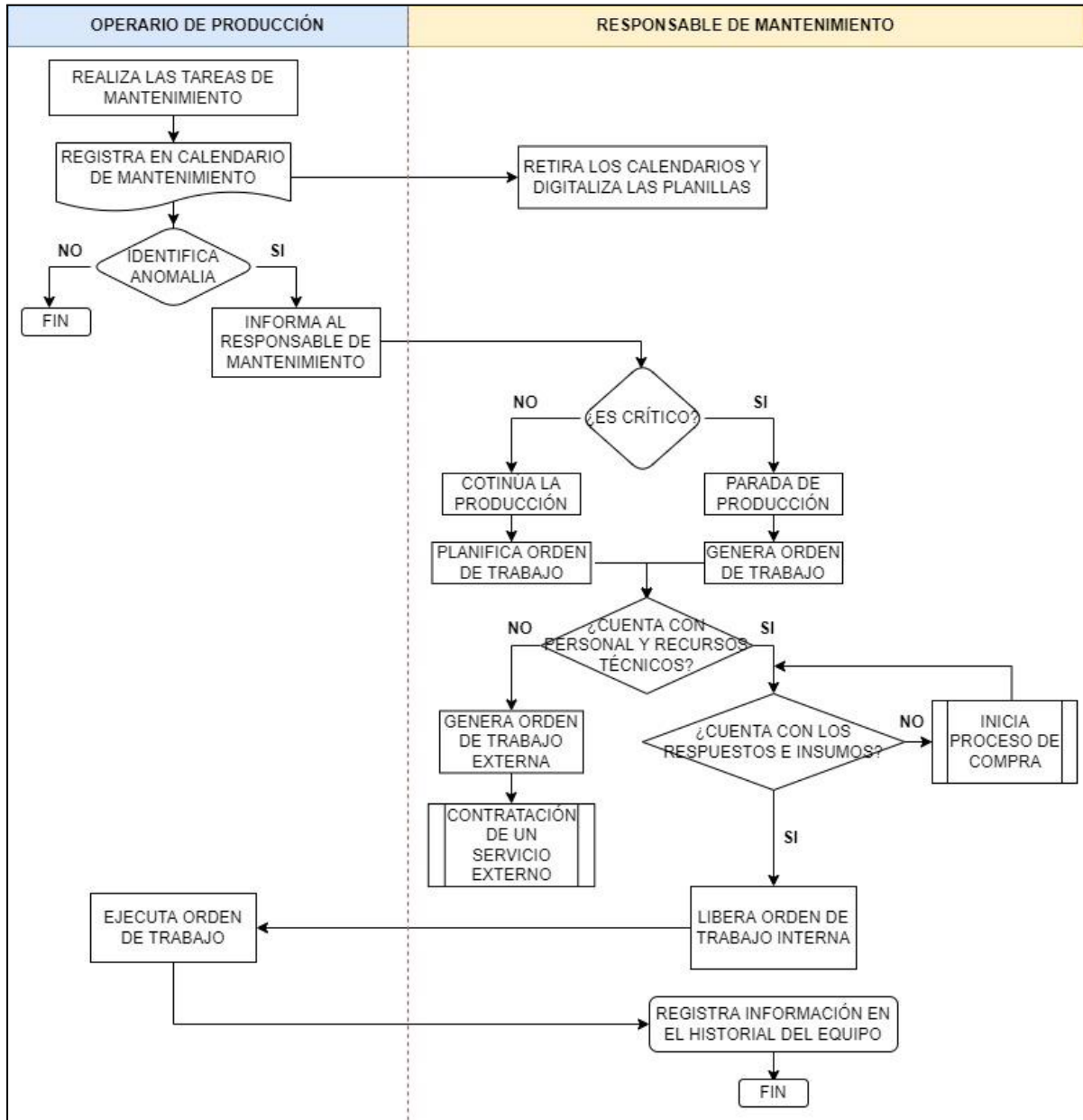


Fig. 38 - Flujograma del proceso general de mantenimiento. [Fuente: Elaboración propia]

5.4.3 Indicadores de mantenimiento (KPI's)

Teniendo en cuenta las características mencionadas anteriormente y necesarias para definir a un indicador como tal, y considerando las cualidades de la empresa, se propuso tres parámetros a medir, los cuales tienen frecuencia mensual por practicidad.

- Tiempo medio entre fallas (MTBF) [hs/fallos]
- Tiempo medio de reparación (MTTR) [hs/fallos]
- Grado de cumplimiento del Plan de Mantenimiento (GC) [hs/fallos]

]

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Para calcular el MTBF se debe dividir el tiempo de funcionamiento de la instalación/equipo (TF) por el número de fallos (NF) que surjan. Se buscará que éste indicador resulte el mayor valor posible.

$$MTBF = TF/NF$$

Éste indicador es también un parámetro que refleja la *disponibilidad* del equipo. Por lo que un valor **bajo** representa de la misma forma una **baja** disponibilidad para hacer uso del mismo.

Tiempo medio de reparación (MTTR)

Para obtener el MTTR debemos dividir el tiempo de paro propio por falla (TP) que ocurra, por el número de fallos (NF). Se buscará que éste indicador resulte el menor valor posible.

$$MTTR = TP/NF$$

Grado de cumplimiento del Plan de Mantenimiento (GC)

Éste dato se obtendrá en el “Calendario de Planificación de Mantenimiento” digital, en donde se indica en qué porcentaje se ha cumplido con el plan de mantenimiento que se tenía prefijado.

$$GC = (Cantidad\ de\ tareas\ realizadas / Cantidad\ de\ tareas\ planificadas) * 100$$

A modo de ejemplo, en la “Fig. 39 - Ejemplo de cálculo del Grado de Cumplimiento Plan” se detalla la totalidad de las tareas programadas en el calendario de mantenimiento por semana (se incluye un período desde la

semana 40 del año 2021 a la semana 10 del corriente año) y un hipotético número de tareas realizadas en esas semanas.

	SEMANA																							
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROGRAMADO	16	16	22	35	18	16	16	28	16	21	21	22	22	16	16	29	21	47	16	22	22	20	23	22
REALIZADO	16	16	22	34	18	16	16	28	16	20	21	22	19	16	16	29	13	41	16	19	20	20	22	21

TOTAL TAREAS PROG.	523
TOTAL TAREAS REALIZ.	497

CUMPLIMIENTO DEL PLAN	95,03%
-----------------------	--------

Fig. 39 - Ejemplo de cálculo del Grado de Cumplimiento Plan
[Fuente: Elaboración propia]

Debido a que la empresa no cuenta con un registro histórico de datos referidos a fallas en los equipos, para medir los indicadores MTBF y MTTR, solicitamos al personal que opera los equipos del área Metalmecánica, llevar a cabo un registro de las anomalías que detectaron y de los inconvenientes que se les presentaron en los meses de diciembre y enero del año 2021 sobre algunos de los equipos que determinamos como críticos, en donde debían tener en cuenta también los tiempos que insumieron en conseguir los repuestos y repararlas. A partir de ello pudimos obtener la siguiente información que servirá como modelo sobre cómo debería en adelante la empresa calcular éstos indicadores.

Ejemplo 1: Para TORNO PARALELO CG260

El tiempo medio de funcionamiento del equipo fue de 495 hs en el mes de diciembre y de 385 hs en el mes de enero.

A partir de los datos recolectados, analizamos que se llevaron a cabo las siguientes intervenciones con los tiempos expresados.

Nº	FALLA/ INTERVENCIÓN	FECHA DETECCIÓN	FECHA INICIO INTERVENCIÓN	FECHA FINALIZACIÓN INTERVENCIÓN	TIEMPO (min)	TIEMPO (hs)
1	Dificultad de movimiento del carro por viruta. Se limpia y lubrica	3/12/2021	7/12/2021	7/12/2021	32	0,53
2	Cambio de lámpara de iluminación por falla	17/12/2021	17/12/2021	17/12/2021	7	0,12

3	Exceso de ruido en caja norton por falta de lubricación en el mecanismo Se lubrica el mismo.	5/01/2022	7/01/2022	7/1/2022	51	0,85
4	Luz piloto muy tenue. Se reemplaza la misma por repuesto nuevo	12/01/2021	17/01/2022	18/01/2022	245	4,08
TOTAL					1,50	

Tabla 39 - Registro de intervenciones sobre el Torno Paralelo CG260
[Fuente: Elaboración propia]

Con ésta información, puede obtenerse los indicadores MTBF y MTTR a través de la fórmula expresada anteriormente.

$$MTBF (Diciembre) = 495 [hs] / 2 [fallos] = 247,5 [hs/fallos]$$

$$MTBF (Enero) = 385 [hs] / 2 [fallos] = 192,5 [hs/fallos]$$

$$MTTR(Diciembre) = (0,53 + 0,12) [hs] / 2 [fallos] = 0,33 [hs/fallos]$$

$$MTTR(Enero) = (0,85 + 4,08) [hs] / 2 [fallos] = 2,47 [hs/fallos]$$

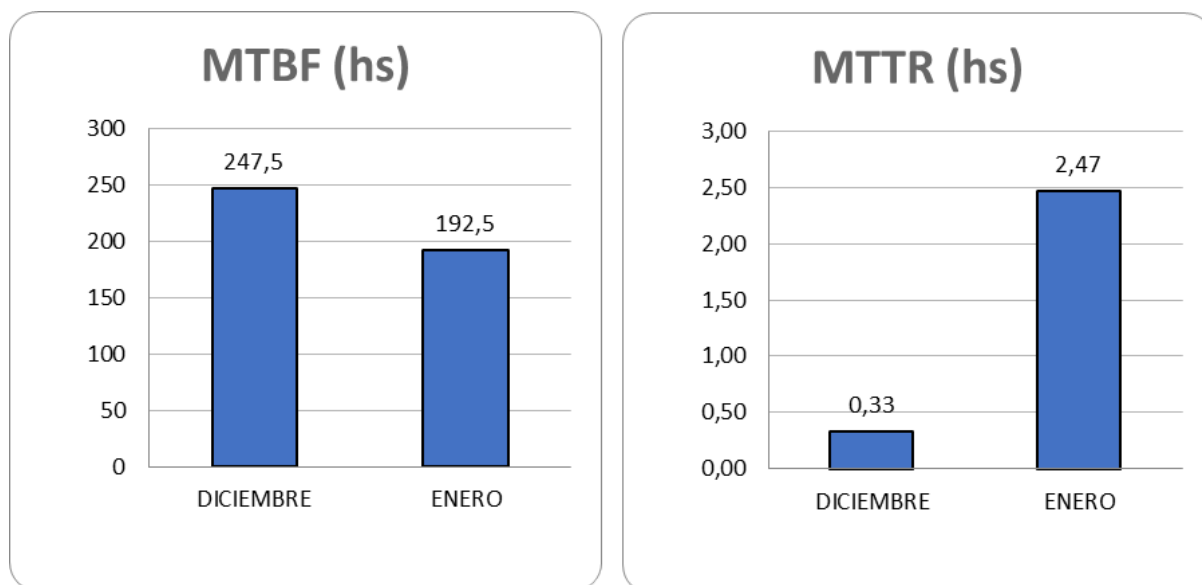


Fig. 40 - Gráficos de indicadores Torno Paralelo CG260.
[Fuente: Elaboración propia]

En el mes de enero, el MTBF se redujo respecto a diciembre, lo cual es algo negativo, ya que las horas sobre las que se está calculando son menores en el mes de enero. En cuanto al MTTR, refleja un escaso valor en la disponibilidad del equipo en el mes de diciembre, lo cual pudo derivar en pérdidas e incumplimiento de plazos en entregas.

En lo que respecta al incremento significativo del indicador en el mes de enero, tuvo que ver con el reemplazo de uno de los componentes que debió ser adquirido por lo que se tomó en cuenta ese tiempo de adquisición. Sin embargo, era una acción que se había pospuesto, por lo que podría haberse considerado en cualquier momento.

Ejemplo 2: Para TORNO CNC LATHE MACHINE CK6136A

El tiempo medio de funcionamiento del equipo fue de 330 hs en el mes de diciembre y de 275 hs en el mes de enero.

Se obtuvo la siguiente información:

Nº	FALLA / INTERVENCIÓN	FECHA DETECCIÓN	FECHA INICIO INTERVENCIÓN	FECHA FINALIZACIÓN INTERVENCIÓN	TIEMPO (min)	TIEMPO (hs)
1	Cambio de interruptor interno del sistema eléctrico por falla.	6/12/2021	7/12/2021	9/12/2021	210	3,50
2	Relay quemado. Se realiza reemplazo de la pieza	21/12/2021	23/12/2021	23/12/2021	189	3,15
3	Guía del carro porta-herramientas con dificultad en movimiento. Se limpia y lubrica la zona.	7/1/2022	7/1/2022	7/1/2022	72	1,20
4	Problema en el selector de la herramienta. El plato queda girando libre sin seleccionar la herramienta para mecanizar. Se realiza ajuste mecánico.	13/1/2022	14/1/2022	14/1/2022	82	1,37
5	Ruido interno por falta de lubricación. Se agrega líquido en depósito	18/1/2022	20/1/2022	20/1/2022	9	0,15
6	Carro portaherramienta golpea en el plato cuando está funcionando	27/1/2022	28/1/2022	28/1/2022	195	3,25
TOTAL						9,22

Tabla 40 - Registro de intervenciones sobre el Torno CNC LATHE MACHINE CK6136A

[Fuente: Elaboración propia]

A partir de esto, el MTBF y el MTTR serán:

$$MTBF \text{ (Diciembre)} = 330 \text{ [hs]} / 2 \text{ [fallos]} = 165 \text{ [hs/fallos]}$$

$$MTBF \text{ (Enero)} = 275 \text{ [hs]} / 4 \text{ [fallos]} = 68,75 \text{ [hs/fallos]}$$



$$MTTR(\text{Diciembre}) = (3,50 + 3,15) [\text{hs}] / 2 [\text{fallos}] = 3,33 [\text{hs}/\text{fallos}]$$

$$MTTR(\text{Enero}) = (1,20 + 1,37 + 0,15 + 3,25) [\text{hs}] / 4 [\text{fallos}] = 1,49 [\text{hs}/\text{fallos}]$$

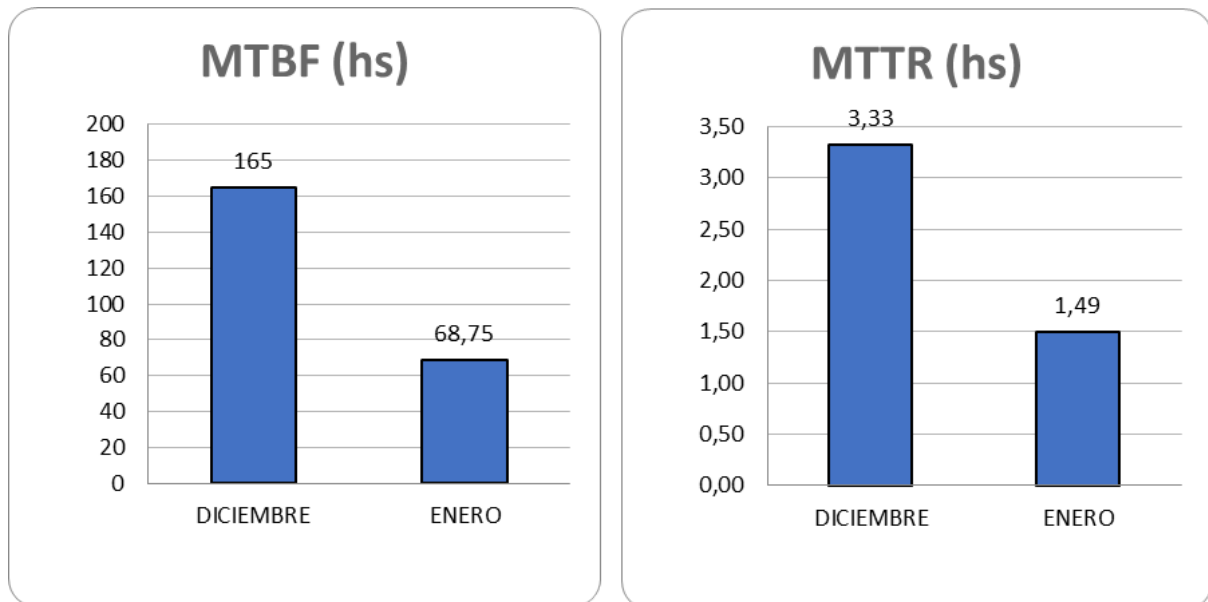


Fig. 41 - Gráfica de indicadores Torno CNC. [Fuente: Elaboración propia]

Se puede ver a través del indicador MTBF como la disponibilidad del equipo disminuyó significativamente en el mes de Enero, ya que si bien el tiempo medio de reparación (MTTR) fue menor en ese mes, el equipo debió discontinuar su funcionamiento más veces para ser reparado, lo que podría implicar cortes en lotes de producción en serie que estaban programados.

Ejemplo 3: Para ROUTER CORGROUP

El tiempo medio de funcionamiento del equipo fue de 451 hs en el mes de diciembre y de 418 hs en el mes de enero.

Nº	FALLA / INTERVENCIÓN	FECHA DETECCIÓN	FECHA INICIO INTERVENCIÓN	FECHA FINALIZACIÓN INTERVENCIÓN	TIEMPO (min)	TIEMPO (hs)
1	Calentamiento del husillo por falta de lubricación. Se rellena tanque con agua destilada + lubricante	8/12/2021	8/12/2021	8/12/2021	14	0,23



2	Se realiza recambio de cable a tierra por notar falta de continuidad en la descarga luego de corte de luz prolongado.	27/12/2022	28/12/2022	28/12/2022	51	0,85
3	Cables con esfuerzos cortantes por mal posicionamiento de la cadena de contención. Se cambia elemento de la cadena y se reacomoda los cables	6/1/2022	7/1/2022	10/1/2022	420	7,00
4	Uno de los rodamientos se encuentra obstruido por exceso de polvo, dificultando el correcto funcionamiento del eje. Se realiza compra y recambio del mismo	14/1/2022	17/1/2022	18/1/2022	302	5,03
5	Falla en reconocimiento de la posición del husillo por parte del CNC. Se realiza corrección.	24/1/2022	24/1/2022	24/1/2022	180	3,00
					TOTAL	16,12

Tabla 41 - Registro de intervenciones sobre el Router CORGROUP
[Fuente: Elaboración propia]

A partir de esto, el MTBF y el MTTR serán:

$$MTBF (\text{Diciembre}) = 451 [\text{hs}] / 2 [\text{fallos}] = 225,5 [\text{hs/fallos}]$$

$$MTBF (\text{Enero}) = 418 [\text{hs}] / 3 [\text{fallos}] = 209 [\text{hs/fallos}]$$

$$MTTR(\text{Diciembre}) = (0,23 + 0,85) [\text{hs}] / 2 [\text{fallos}] = 0,54 [\text{hs/fallos}]$$

$$MTTR(\text{Enero}) = (7 + 5,03 + 3) [\text{hs}] / 3 [\text{fallos}] = 5,01 [\text{hs/fallos}]$$

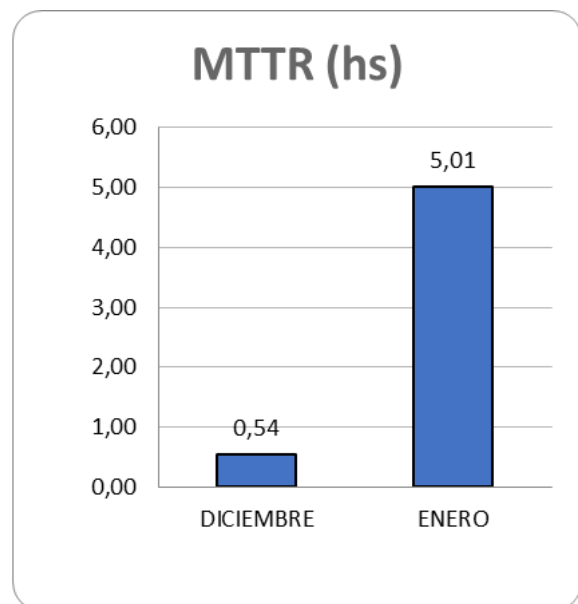
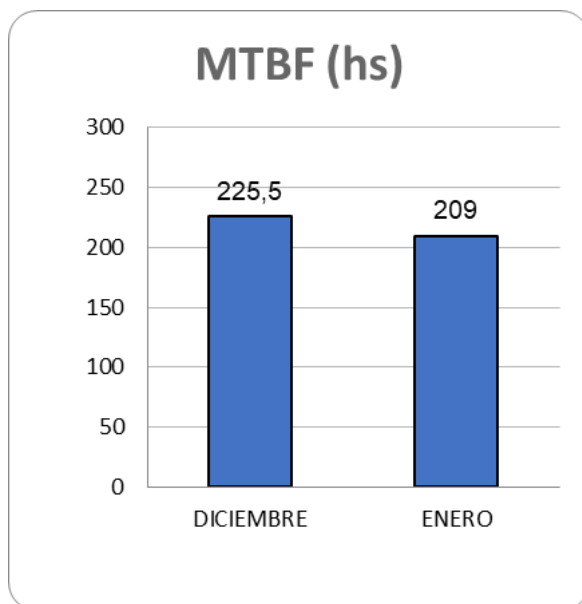


Fig. 42 - Gráfica de indicadores Router CORGROUP. [Fuente: Elaboración propia]

En éste caso la disponibilidad del equipo en el mes de Enero disminuyó aunque de manera no significativa (7,8%), aunque sí se refleja un incremento considerable en el tiempo medio de reparación de fallas (MTTR) el cual se relaciona sobre todo al tiempo perdido por la adquisición de repuestos que no disponía la empresa, por lo que tuvieron que ser adquiridos en ese momento.

Para el caso del Grupo Electrónico y el Compresor FEMA 330 no se presentaron fallos significativos que implicaran una parada del equipo por reparación o le demandaran tiempos a los operarios, en parte debido a que el grupo electrónico fue revisado hacía poco tiempo para estar preparado para la fecha (debido a que suelen ser recurrentes los cortes de energía en esta etapa del año), y el compresor particularmente en esa época tuvo una escasa utilización sobre todo por el área de pintura. Por otro lado, en consideración a la Amoladora de Banco y las dos Sierras Sensitivas, no se lograron recolectar registros de fallos en el periodo de análisis. Sin embargo, la forma en la que se calculan los indicadores es de la misma manera que se representó para los demás equipos.

Si bien los indicadores expuestos carecen de elevada representatividad para tomar decisiones debido al escaso período que abarca la muestra, sirven para tener en cuenta como modelo de cómo debe efectuarse el control de la información relevada, y de ésta forma poder tomar decisiones sobre datos concretos.

En base a ésto, se formuló un tablero de decisión en base a los KPI's *MTBF* y *MTTR* para ser completado y poder gestionar la información recolectada. El mismo será completado con una frecuencia mensual, en donde se realizará la comparación entre los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

No se realizó el planteo de objetivos ya que dependerá de la organización en base a lo esperado por el plan y a los resultados que arrojará mes a mes.

En la “Fig. 44 - Tablero de decisión” se puede visualizar el formato de tablero que tendrá cada equipo, a modo de ejemplo se colocó el del TORNO

PARALELO CG260 con los resultados de los indicadores que arrojó la muestra.

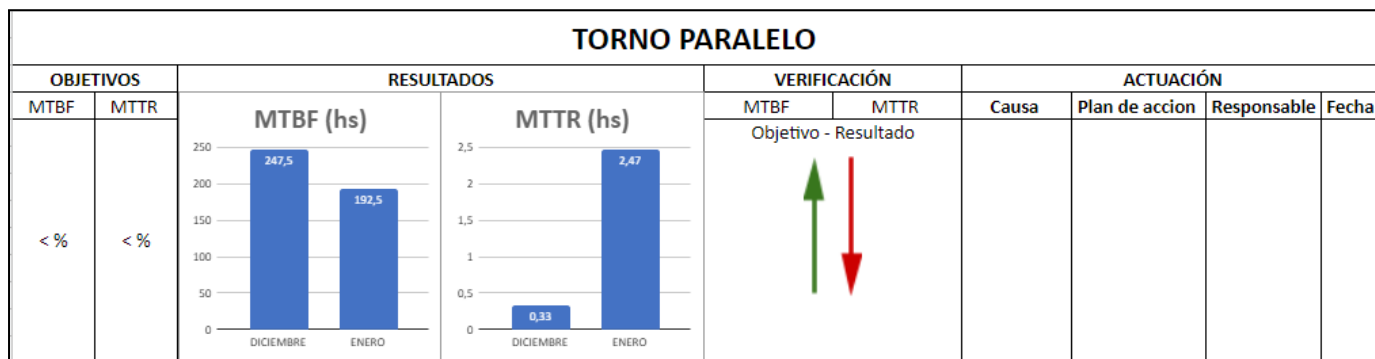


Fig. 43 - Tablero de decisión [Fuente: Elaboración propia]

En el tablero se muestran los objetivos esperados de los indicadores junto con los resultados obtenidos realmente en el mes con su verificación, a modo de poder evidenciar si se alcanzó el grado de satisfacción, disminuyó o aumentó. Luego se coloca el actuar definido para poder aplicar acciones de mejora con la causa más recurrente de fallo. Cada acción planteada tiene un responsable de su ejecución y una fecha asignada.

5.4.4 Gestión y Procedimientos

Política de Mantenimiento

Para darle un contexto formal al plan y poder fijar los parámetros generales que debe seguir, se diseñó una política de mantenimiento, la cual es una herramienta que quedará definida para mostrar los lineamientos y principios que deben seguir todos los integrantes del departamento de mantenimiento de la empresa y brindar información a todos los facilitadores de las funciones que interactúan con las actividades del área, para conseguir de manera eficiente el cumplimiento de los objetivos del sistema de gestión de mantenimiento.

En el **Anexo III** del presente informe se expondrá la misma, que fue elaborada en conjunto con los directivos de la empresa. En ésta se detallan diversos aspectos que se han mencionado y detallado en el proyecto.

5.5 Ciclo de mejoramiento continuo del plan de mantenimiento (PHVA)

Tal como se mencionó previamente en el punto 4.2.3, una vez seleccionado el personal que será encargado de gestionar y de ejecutar el plan de mantenimiento, será necesario capacitarlo para que al momento de su ejecución se alcancen los objetivos esperados.

Es imprescindible transmitir el alcance del plan y la importancia de ejecutar las tareas planteadas en el modo que se fijaron en su estándar.

También, cada miembro del equipo deberá conocer el impacto que tendrá su participación y los modos en los cuales se llevará a cabo la reparación de anomalías, ya sea detectadas dentro de la planificación como fuera de ella (fallas imprevistas), a modo de interiorizarse con todo el proceso.

Por último, dentro de la capacitación se deberá brindar información en base a buenas prácticas de gestión y ejecución de procedimientos, permitiendo mejorar la administración de la empresa. Esto les dará un enfoque orgánico a los trabajadores, mostrándoles la fuerza su trabajo dentro del plan y que no sólo cuentan con conocimientos de la tarea específica que les toque afrontar.

Una vez realizada la puesta a punto, se deberá lograr el sustento y mejora del plan propuesto, para lo cual se llevará adelante su implementación bajo el ciclo de mejora continua de Edward Deming: PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).

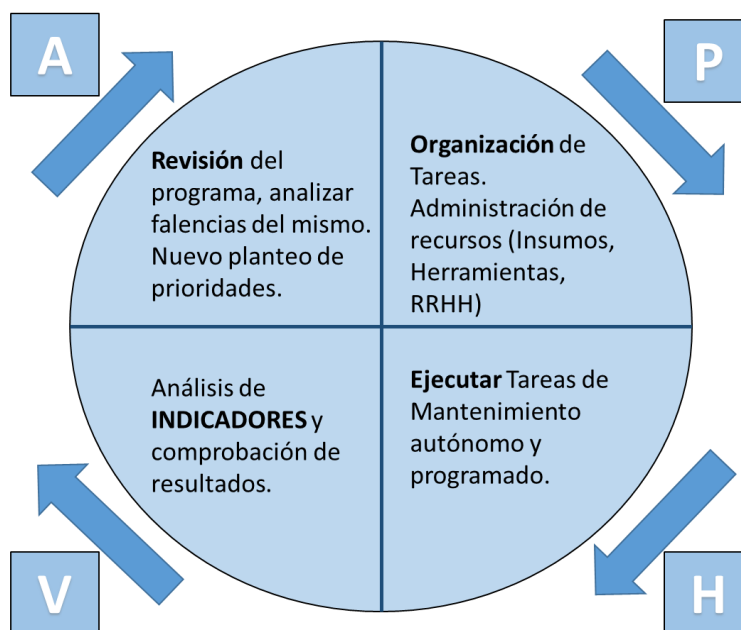


Fig. 44 - Ciclo PHVA [Fuente: *Elaboración propia*]

Se describen a continuación sus cuatro etapas fundamentales a aplicar en el plan de mantenimiento:

Planificar: En esta fase del ciclo, en base a los objetivos y metas planteados del programa de mantenimiento, se organizan las tareas que se tendrán que ejecutar definiendo los recursos que se necesitarán en el proceso.

Hacer: Se llevará adelante la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo (con tareas de tipo autónomas y profesionales) con la periodicidad definida.

Verificar: Mediante el uso de los Indicadores de Mantenimiento, se podrá medir de manera directa la eficiencia del plan. La verificación se realizará mediante el análisis del historial de cada uno de los equipos y la comprobación de los resultados obtenidos contra los objetivos y metas propuestas.

Actuar: En esta etapa se revisarán los calendarios, se analizará si se requieren modificaciones en los procesos (planillas, modos de trabajo,

tiempos, entre otras en general) y se realizará un nuevo análisis, cada un cierto tiempo, de la criticidad de los equipos ya que podrá ir cambiando las necesidades dentro de la organización. Posterior a esto, se comunicará a los miembros los cambios efectuados.

Uno de los aspectos tangibles en donde puede verse aplicado el ciclo es en la revisión de la documentación del área. La misma tiene un formato numérico y parte de manera unificada desde “Rev 1.00” a partir del presente plan. A medida que se cumplan los plazos en que se requiere la revisión, el encargado del área será quien en caso de una modificación pequeña cambie la codificación aumentando 0.10 al valor. En caso de una modificación significativa del documento, la codificación debe ser aumentada en 1.00 unidades. Puede darse también la situación en que en el momento de la revisión no haya que realizar cambios en el documento, en cuyo caso se registrará en la planilla la fecha de revisión y no se modificará el código del documento.

Para la gestión de los documentos del área, se utilizará la aplicación digital *GSuite*. De ésta forma, la empresa dispondrá de una carpeta general en Drive llamada “*MANTENIMIENTO*” que tendrá distintas subcarpetas (Ver “*Fig. 45 - Carpeta digital de Mantenimiento*”). Éstas subcarpetas son:

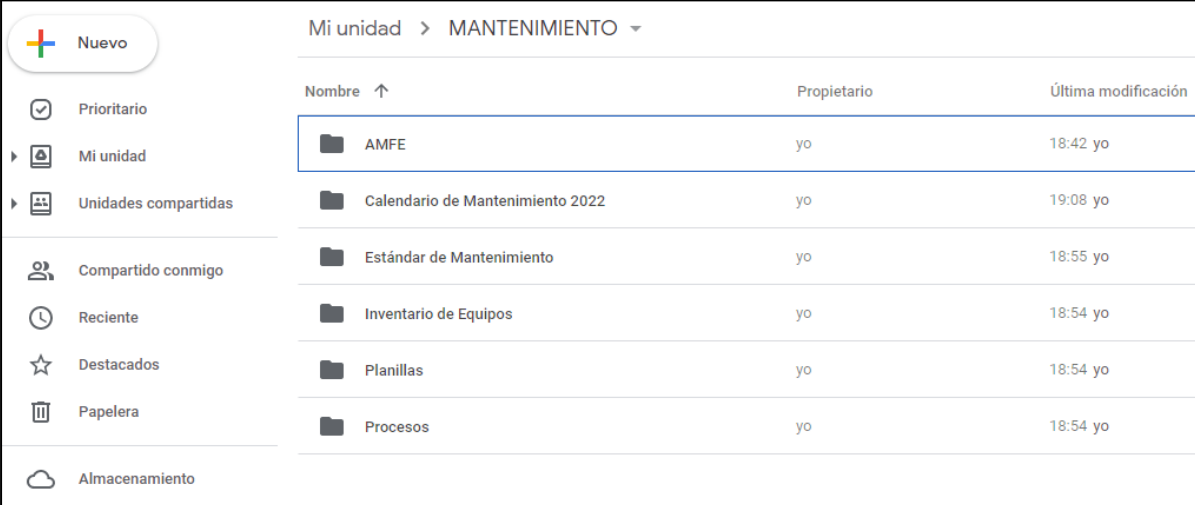
- **AMFE:** en ésta carpeta se encontrarán los AMFE realizados sobre los equipos. Para el presente plan de mantenimiento se focalizó el análisis en los equipos críticos del área Metalmecánica, pero en un futuro podrían agregarse nuevos equipos al análisis. En éste caso cada documento AMFE tendrá una planilla Excel y comenzarán con “Rev. 1.00”, lo cual podrá ser modificado con el transcurso de las distintas revisiones. (Ver *Fig. 46 - Carpeta digital AMFE*)
- **Inventario de Equipos:** aquí se encontrarán detallados todos los equipos inventariados en el punto “5.1.1 *Relevamiento de equipos del área Metalmecánica*” con un archivo Excel con ese nombre y con el detalle de “Rev. 1.00”. A medida que éste registro sea modificado se cambiará el código de revisión.







Por ejemplo, si en un futuro se agregan nuevos equipos al inventario, la revisión pasará a ser “Rev. 2.00”, si por algún motivo se modifica alguna de las características de las máquinas existentes, la revisión podrá notificarse como “1.10”.

- **Calendario de Mantenimiento 2022:** aquí se encontrarán los distintos calendarios digitales de mantenimiento por equipo y los calendarios físicos (que se imprimen y son colocados en los equipos). Así, cada equipo estará representado por una planilla Excel con distintas ventanas que abordan los meses del año en que se ejecuta el plan, tanto para el calendario físico como para el digital, y todos comenzarán de la “Rev. 1.00” (Ver “*Calendario de mantenimiento*” en el punto “5.4.2 Documentos”).
- **Estándar de Mantenimiento:** en ésta carpeta se encontrarán los distintos estándares de mantenimiento de los equipos (Ver “*Estándar de mantenimiento*” en el punto “5.4.2 Documentos”). Cada equipo tendrá su planilla en Excel y partirá de la “Rev. 1.00”. Por el plan de mantenimiento sólo los equipos críticos se encuentran aquí, pero luego se podrán incorporar nuevos.
- **Planillas:** en ésta carpeta se encontrarán las distintas planillas de documentación: Formulario de Orden de Trabajo de Mantenimiento, Tablero de decisión (posee el cálculo de los indicadores), Formulario de Solicitud de Mantenimiento no productivo (Ver capítulo “6. *Complemento al plan de mantenimiento*”) y Política de Mantenimiento. Todas marcadas con “Rev. 1.00”.
- **Procesos:** Flujograma del proceso general de mantenimiento, Flujograma del proceso de mantenimiento no productivo. Ambas codificadas con “Rev. 1.00”.

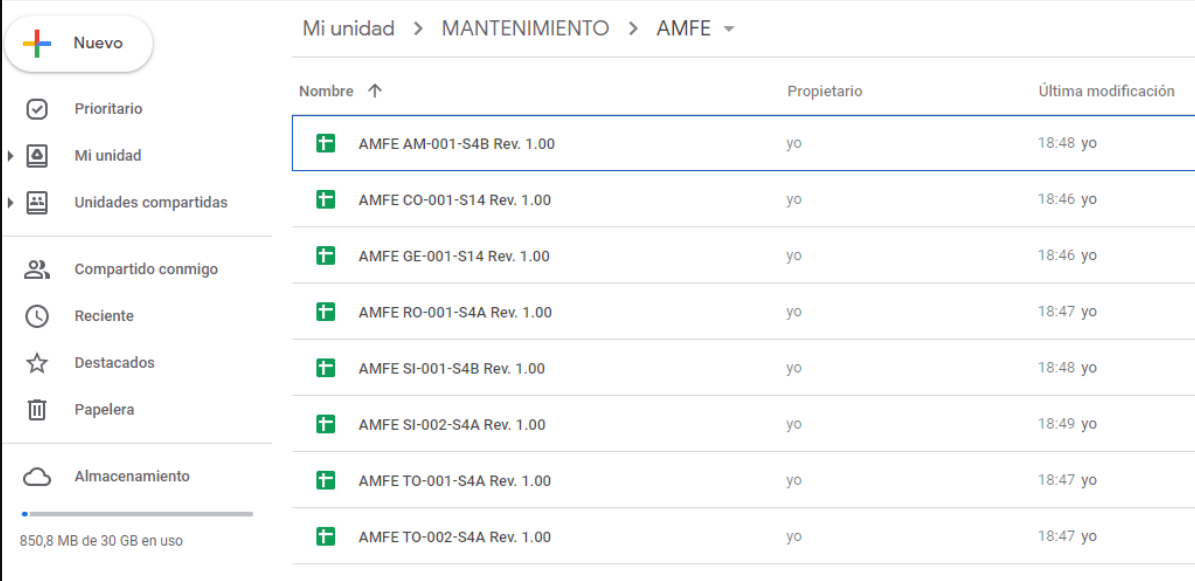
Tanto la Planilla de Inventario de Herramientas como la planilla de Insumos estarán a cargo del área Producción, por lo que si bien brindan un aporte significativo al área de mantenimiento, estarán gestionadas en otra carpeta, de otra área.

Todos los documentos y sub carpetas que se encuentren en la carpeta “MANTENIMIENTO”, serán revisadas semestralmente, lo que no significa necesariamente que sean modificadas. Las fechas escogidas son los meses de “Junio” y “Diciembre” para algunos documentos y luego “Marzo” y “Septiembre” para otros, ya que son los meses en los que según el calendario de mantenimiento, hay menor demanda de inspecciones e intervenciones programadas de los equipos internos críticos.



Mi unidad > MANTENIMIENTO ▾			
	Nombre ↑	Propietario	Última modificación
	AMFE	yo	18:42 yo
	Calendario de Mantenimiento 2022	yo	19:08 yo
	Estándar de Mantenimiento	yo	18:55 yo
	Inventario de Equipos	yo	18:54 yo
	Planillas	yo	18:54 yo
	Procesos	yo	18:54 yo

.Fig. 45 - Carpeta digital de Mantenimiento [Fuente: Elaboración propia]











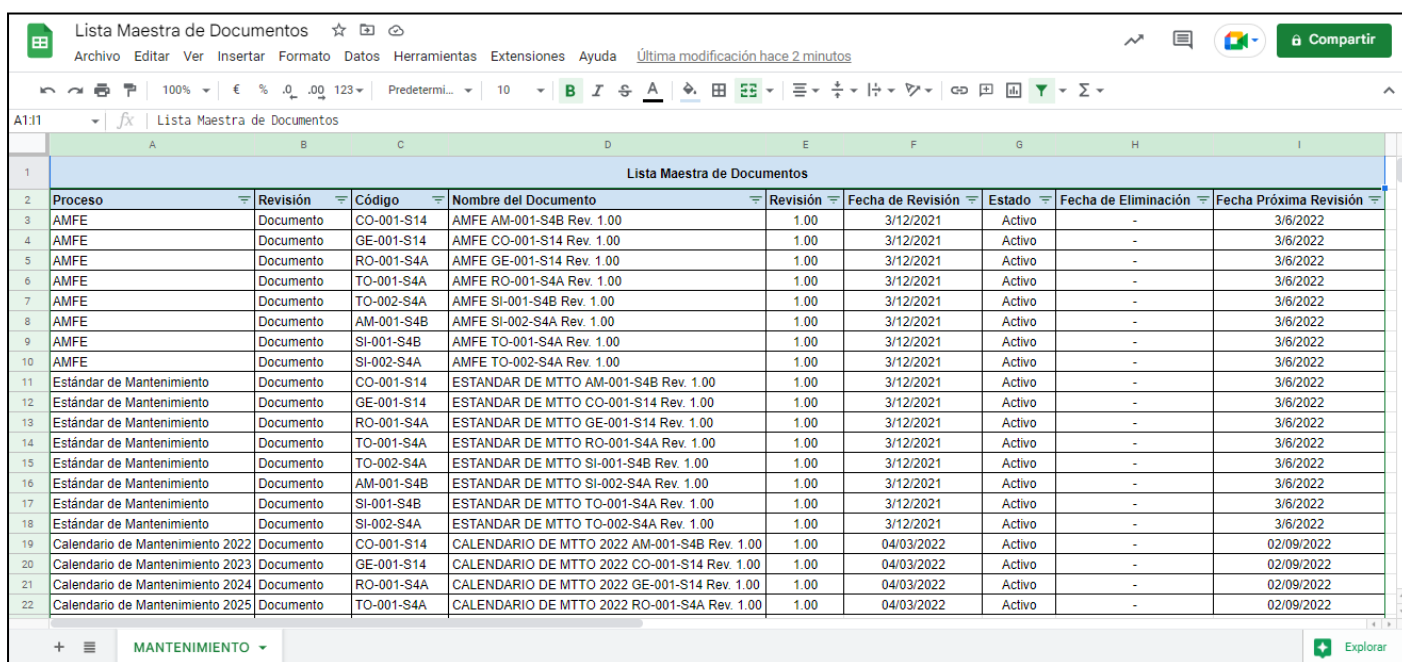
Mi unidad > MANTENIMIENTO > AMFE ▾			
	Nombre ↑	Propietario	Última modificación
	AMFE AM-001-S4B Rev. 1.00	yo	18:48 yo
	AMFE CO-001-S14 Rev. 1.00	yo	18:46 yo
	AMFE GE-001-S14 Rev. 1.00	yo	18:46 yo
	AMFE RO-001-S4A Rev. 1.00	yo	18:47 yo
	AMFE SI-001-S4B Rev. 1.00	yo	18:48 yo
	AMFE SI-002-S4A Rev. 1.00	yo	18:49 yo
	AMFE TO-001-S4A Rev. 1.00	yo	18:47 yo
	AMFE TO-002-S4A Rev. 1.00	yo	18:47 yo

Fig.46 - Carpeta digital AMFE [Fuente: Elaboración propia]

Habrà una “Lista Maestra de Documentos” (Ver “Fig. 47 - Lista Maestra de Documentos”) en donde se tendrà el registro de todos los documentos elaborados en la empresa. En principio el àrea de Mantenimiento es quien comenazarà con èstos registros, pero el objetivo es que termine evolucionando hacia otras àreas, por lo que el archivo serà de propiedad de direcci3n en una primera instancia.

En èsta, se detalla la fecha de revisi3n de cada documento y su vigencia. Tambi3n la fecha si se hubiera eliminado y sacado de circulaci3n.



Proceso	Revisi3n	C3digo	Nombre del Documento	Revisi3n	Fecha de Revisi3n	Estado	Fecha de Eliminaci3n	Fecha Pr3xima Revisi3n
AMFE	Documento	CO-001-S14	AMFE AM-001-S4B Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
AMFE	Documento	GE-001-S14	AMFE CO-001-S14 Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
AMFE	Documento	RO-001-S4A	AMFE GE-001-S14 Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
AMFE	Documento	TO-001-S4A	AMFE RO-001-S4A Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
AMFE	Documento	TO-002-S4A	AMFE SI-001-S4B Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
AMFE	Documento	AM-001-S4B	AMFE SI-002-S4A Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
AMFE	Documento	SI-001-S4B	AMFE TO-001-S4A Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
AMFE	Documento	SI-002-S4A	AMFE TO-002-S4A Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Estàndar de Mantenimiento	Documento	CO-001-S14	ESTANDAR DE MTTTO AM-001-S4B Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Estàndar de Mantenimiento	Documento	GE-001-S14	ESTANDAR DE MTTTO CO-001-S14 Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Estàndar de Mantenimiento	Documento	RO-001-S4A	ESTANDAR DE MTTTO GE-001-S14 Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Estàndar de Mantenimiento	Documento	TO-001-S4A	ESTANDAR DE MTTTO RO-001-S4A Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Estàndar de Mantenimiento	Documento	TO-002-S4A	ESTANDAR DE MTTTO SI-001-S4B Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Estàndar de Mantenimiento	Documento	AM-001-S4B	ESTANDAR DE MTTTO SI-002-S4A Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Estàndar de Mantenimiento	Documento	SI-001-S4B	ESTANDAR DE MTTTO TO-001-S4A Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Estàndar de Mantenimiento	Documento	SI-002-S4A	ESTANDAR DE MTTTO TO-002-S4A Rev. 1.00	1.00	3/12/2021	Activo	-	3/6/2022
Calendario de Mantenimiento 2022	Documento	CO-001-S14	CALENDARIO DE MTTTO 2022 AM-001-S4B Rev. 1.00	1.00	04/03/2022	Activo	-	02/09/2022
Calendario de Mantenimiento 2023	Documento	GE-001-S14	CALENDARIO DE MTTTO 2022 CO-001-S14 Rev. 1.00	1.00	04/03/2022	Activo	-	02/09/2022
Calendario de Mantenimiento 2024	Documento	RO-001-S4A	CALENDARIO DE MTTTO 2022 GE-001-S14 Rev. 1.00	1.00	04/03/2022	Activo	-	02/09/2022
Calendario de Mantenimiento 2025	Documento	TO-001-S4A	CALENDARIO DE MTTTO 2022 RO-001-S4A Rev. 1.00	1.00	04/03/2022	Activo	-	02/09/2022

Fig. 47 - Lista Maestra de Documentos [Fuente: Elaboraci3n propia]

A modo de resumen, se detallan en la “Tabla 48 - Plan anual de revisi3n de documentos digitales del àrea de mantenimiento” todos los documentos del àrea y el mes de revisi3n de cada uno.

PROCESO	REVISI3N	C3DIGO	PLAN ANUAL DE REVISI3N DE DOCUMENTOS													
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NO V	DIC		
AMFE	Documento	CO-001-S14							X							X
AMFE	Documento	GE-001-S14							X							X
AMFE	Documento	RO-001-S4A							X							X
AMFE	Documento	TO-001-S4A							X							X

AMFE	Documento	TO-002-S4A							x										x
AMFE	Documento	AM-001-S4B							x										x
AMFE	Documento	SI-001-S4B							x										x
AMFE	Documento	SI-002-S4A							x										x
ESTÁNDAR DE MTTO	Documento	CO-001-S14							x										x
ESTÁNDAR DE MTTO	Documento	GE-001-S14							x										x
ESTÁNDAR DE MTTO	Documento	RO-001-S4A							x										x
ESTÁNDAR DE MTTO	Documento	TO-001-S4A							x										x
ESTÁNDAR DE MTTO	Documento	TO-002-S4A							x										x
ESTÁNDAR DE MTTO	Documento	AM-001-S4B							x										x
ESTÁNDAR DE MTTO	Documento	SI-001-S4B							x										x
ESTÁNDAR DE MTTO	Documento	SI-002-S4A							x										x
CALENDARIO DE MTTO 2022	Documento	CO-001-S14							x										x
CALENDARIO DE MTTO 2022	Documento	GE-001-S14							x										x
CALENDARIO DE MTTO 2022	Documento	RO-001-S4A							x										x
CALENDARIO DE MTTO 2022	Documento	TO-001-S4A							x										x
CALENDARIO DE MTTO 2022	Documento	TO-002-S4A							x										x
CALENDARIO DE MTTO 2022	Documento	AM-001-S4B							x										x
CALENDARIO DE MTTO 2022	Documento	SI-001-S4B							x										x
CALENDARIO DE MTTO 2022	Documento	SI-002-S4A							x										x
INVENTARIO DE EQUIPOS	Carpeta	-							x										x
FLUJOGRAMA DEL PROCESO GENERAL DE MTTO	Documento	-							x										x
FLUJOGRAMA DEL PROCESO DEL MTTO NO PRODUCTIVO	Documento	-							x										x
FORMULARIO DE ORDEN DE TRABAJO DE MTTO	Documento	-							x										x
FORMULARIO DE SOLICITUD DE MTTO	Documento	-							x										x
TABLERO DE DECISIÓN	Documento	-							x										x
POLÍTICA DE MTTO	Documento	-																	

Tabla 48 - Plan anual de revisión de documentos digitales del área de mantenimiento [Fuente: Elaboración propia]

5.6 Análisis de costos

De manera similar al análisis llevado a cabo en el apartado “5.4.3 *Indicadores de mantenimiento (KPI’s)*” se llevará a cabo un estudio que compare el proceso de mantenimiento preventivo que se propone y las intervenciones actuales que se realizan sobre los equipos.

La similitud con el apartado al que nos referimos, se da en función de que como la empresa carece de registros históricos, la medición de ciertos parámetros no son significativamente representativos. Sin embargo, es prudente tener en cuenta la metodología de análisis para el futuro, ya que será de gran utilidad determinar costos de operación en el mantenimiento.

Para éste análisis, realizamos un estudio de costos sobre el *tiempo empleado en las intervenciones de los meses de diciembre y enero*, tal como se detalló en el punto 5.4.3, basándonos en el “Torno CNC Lathe Machine CK6136A”, ya que para las demás máquinas será análogo. Será importante tener en cuenta los conceptos que fueron detallados en el punto “5) Análisis de Costos” (Ver punto “5) Análisis de Costos” en el título “3.2.2 Pasos para desarrollar un Plan de Mantenimiento Preventivo”)

Siguiendo la misma tabla del **Ejemplo 2: TORNO CNC LATHE MACHINE CK6136A** del apartado 5.4.3, se registraron dos fallas en el mes de diciembre y cuatro fallas en el mes de enero. Para unificar los valores se decidió trabajar con el *tiempo promedio por falla*, resultado de dividir la suma de los tiempos sobre la cantidad. Luego, el *tiempo de parada de máquina* por mes resultará del producto entre la cantidad de fallas y el tiempo promedio por falla.

EQUIPO	TORNO CNC	
	Diciembre	Enero
Mes		
Cantidad de Fallas	2	4
Hs. Promedio por falla	3,33	1,49
Hs. Parada de máq. por mes	6,66	5,96

Tabla 42 - Registro de fallas en el Torno CNC LATHE MACHINE CK6136A
 [Fuente: Elaboración propia]

Para continuar utilizaremos el promedio de Hs. Parada de máq. que da un valor de 6,31 hs.

Según los datos brindados por la organización el valor hora del torno cnc está valuado aproximadamente en 40 usd/hs (dato brindado por la empresa que incluye depreciación del equipo, interés de capital y seguros e impuestos), y teniendo en cuenta que el tipo de cambio para venta del dólar oficial (Fuente Banco Nación del día 08/03/2022) es de \$113,75, resulta un valor hora de la máquina de \$4550.

En cuanto al costo de MO, según el Convenio y Tablas Salariales 76/75 y 577/10 reapertura marzo 2022 se tiene un valor de 358,55 \$/h.

El primer valor que nos interesará calcular será el **Costo por hora perdida de máquina**, que refleja lo que pierde la empresa por no disponer de una hora de máquina que sería útil. Éste se calcula como:

Costo por hora perdida de máquina [\$/h] = Valor hora de la máquina [\$/h] * Tiempo de parada de máquina por avería [h]

El segundo valor que nos interesará calcular será el **Costo por hora perdida por operario**, que refleja la pérdida que representa a la empresa el hecho de que el operario no pueda estar haciendo sus labores en un determinado período de tiempo en que la máquina no está operativa. Si bien en algunos casos puede destinarse ese tiempo a la realización de otras tareas, se imputa la totalidad del mismo para representar la situación más desfavorable.

Costo por hora perdida por operario [\$/h] = Valor hora operario [\$/h] * Tiempo de parada de máquina por avería [h]



COSTO MENSUAL DEBIDO A INTERVENCIONES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO (ACTUAL)					
Valor hora de la máquina	Tiempo de parada de máquina por avería [hr]	Costo por hora perdida de máquina	Valor hora operario	Costo por hora perdida por operario	Costo promedio por reparación
\$4.550	6,31	\$28.710,50	\$358,55	\$2.262,45	\$30.972,95

Tabla 43 - Costo promedio mensual estimado de intervenciones por Mantenimiento Correctivo

[Fuente: Elaboración propia]

De ésta forma obtenemos el **Costo promedio por máquina parada** por mes, el cual da un valor de \$30.972,95.

Si tenemos en cuenta que llevamos a cabo un mantenimiento preventivo sobre el equipo, el análisis tendrá en cuenta los tiempos de tarea definidos en el Estándar de Mantenimiento con sus respectivas frecuencias.

A partir de éstos, podemos calcular el Tiempo mensual destinado a tareas de mantenimiento preventivo dividiendo o multiplicando el Tiempo Estándar por la frecuencia en cada caso según corresponda. Por ejemplo, para la primer tarea, con un tiempo estándar de 2 minutos, si tenemos una frecuencia diaria, debemos multiplicar $2 \text{ [min/día]} * 20 \text{ [días/mes]} = 40 \text{ [min/mes]}$.

Luego al sumar todos los valores se recomienda transformar éste valor a horas para continuar con el análisis, lo que resulta en un valor de 1,71 hs/mes.

Tarea	Tiempo estándar en min.	Frecuencia	Tiempo al MES
Limpieza general del medio. Extraer viruta y restos de lubricante en cubierta y en torreta, botones del equipo y ventana de puerta de seguridad.	2	Diaria	40
Verificar sonidos extraños al encender el equipo y luego al mecanizar la pieza.	1	Diaria	20
Inspeccionar el correcto movimiento y cierre de la puerta de seguridad.	1	Diaria	20
Inspección de nivel de líquido refrigerante / Tanque lubricante de guías.	2	Semanal	8
Limpieza de base de bancada.	4	Semanal	16
Lubricación de sistemas mecánicos de difícil acceso y control del filtro del sistema refrigerante.	8	Trimestral	2,67
Inspección sistema de lubricación / Estado de bomba.	5	Trimestral	1,67

Inspección y limpieza profunda del medio / analizar y detectar pérdidas de fluidos / etc.	7	Semestral	1,17
Inspección conexión eléctrico / estado general del cableado / Motor y selector de la herramienta.	5	Semestral	0,83
Revisión del sistema de seguridad del medio.	5	Semestral	0,83
Revisión y recambio de elementos mecánicos de desgaste y filtros.	15	Anual	1,25
<i>Total en min.</i>			112,42
<i>Total en hr.</i>			1,87

Tabla 44 - Tiempo empleado en tareas de mantenimiento estándar
[Fuente: Elaboración propia]

De la misma manera que realizamos el cálculo del Costo promedio por reparación anteriormente, realizaremos los cálculos reemplazando el **Tiempo de parada de máquina por avería [h]** por el **Tiempo mensual destinado a tareas de mantenimiento preventivo [h]**.

COSTO MENSUAL DEBIDO A INTERVENCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Valor hora de la máquina	Tiempo mensual destinado a tareas de mantenimiento preventivo [hr]	Costo por hora perdida de máquina	Valor hora operario	Costo por hora perdida por operario	Costo promedio por reparación
\$4550	1,87	\$8.524,93	\$358,55	\$671,78	\$9.196,71

Tabla 45 - Costo promedio mensual de intervenciones por Mantenimiento Preventivo
[Fuente: Elaboración propia]

Obtenemos entonces el **Costo promedio empleado en mantenimiento preventivo** por mes, el cual da un valor de \$9.196,71.

Consideraciones importantes a tener en cuenta:

- Si se realiza una comparación del *Costo promedio por máquina parada y el Costo promedio empleado en mantenimiento preventivo*, debe tenerse en cuenta que si bien el mantenimiento preventivo aumenta la disponibilidad y fiabilidad de los equipos al reducir la probabilidad de fallas, no los deja exentos de presentar inconvenientes imprevistos, por lo que en esos casos debería llevarse a cabo mantenimiento correctivo y el costo aumentaría.

- En el análisis no se consideraron los gastos en insumos y repuestos que fueron utilizados en cada caso ni los costos indirectos asociados a cada una de las tareas llevadas a cabo, los cuales incrementarían el costo en ambos métodos.
- Si bien a priori la información reflejada en el análisis de ejecutar un plan de mantenimiento preventivo son alentadores, lo que se buscó en éste *análisis de costos* es representar con números la metodología que debería llevar a cabo la empresa en adelante con un registro más amplio de información, ya que para el análisis se utilizó una muestra de datos que resulta pequeña para realizar conclusiones relevantes.

6. COMPLEMENTO AL PLAN DE MANTENIMIENTO

Como sustento al plan de mantenimiento diseñado, se agregaron algunos procesos y complementos que permitirán una mejor gestión y organización de las tareas llevadas a cabo por el área.

Se decidió aplicar mejoras en áreas o procesos que aporten valor al plan y al área en general, y que además sean factibles de realizar.

6.1 Solicitud de mantenimiento para “Mantenimiento no productivo”

Con el objetivo de que todo el personal de la empresa pueda contar con los servicios que brinda el área, en caso de ser requerido por roturas edilicias inesperadas, deterioro prematuro de equipos en el área de administración, desperfectos en instalaciones o cualquier avería que no intervenga el proceso productivo, se creará una planilla de solicitud de mantenimiento para casos en que no estaba programado y no se obtiene de relevar los equipos.

Se buscó una metodología dinámica, simple y fácil de utilizar, tal que no haya necesidad de buscar un link de acceso, por lo que creamos un formulario en Google Forms al cual se podrá acceder desde distintos puntos de la empresa mediante un código QR.



Fig. 49 - Visualización de código QR al cual tendrá acceso todo el personal administrativo y de rangos medios [Fuente: *Elaboración propia*]

Solicitud de Mantenimiento

Documento que releva las necesidades de mantenimiento del personal de la empresa en las diferentes áreas.

Cambiar de cuenta (no compartidos)

*Obligatorio

Nombre y Apellido *

Tu respuesta

Área

Taller
 Administración

Pedido de mantenimiento *

Tu respuesta

Prioridad *

Alta
 Media
 Baja

Enviar
Borrar formulario

Fig. 50 - Visualización del formulario que deberán completar.
[Fuente: Elaboración propia]

Para ello se propuso a la empresa el uso de la carpeta creada en Drive, en donde además de tener toda la información relevante para el mantenimiento (los Estándares de mantenimiento, el calendario, etc.) se hallará la Hoja de Cálculo con la información que se recopile de ésta fuente. De ésta manera, el responsable de mantenimiento dispondrá del personal que conforma la “Cuadrilla de trabajos de Mantenimiento General”, para realizar las reparaciones correspondientes, dejando registro de ello en el mismo documento.



6.1.1 Diagrama de flujo “Mantenimiento no productivo”

El procedimiento es muy similar al “Flujograma del proceso general de mantenimiento” (Ver punto 5.4.2 Documentos”) con la diferencia que se tendrá en cuenta la planilla de registro digital que llena quien solicita el trabajo de mantenimiento.

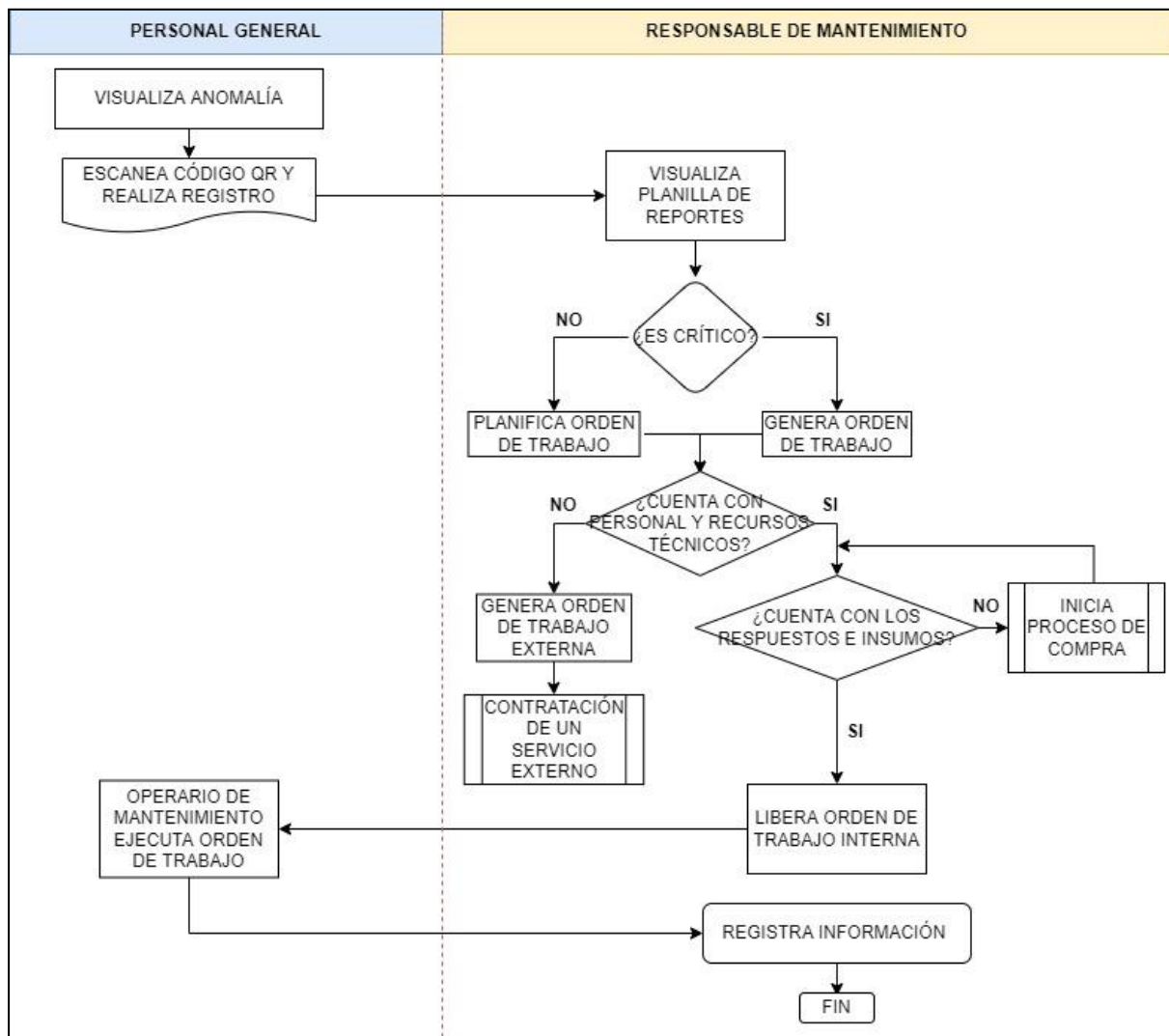


Fig. 51 - Flujograma del proceso de Mantenimiento no productivo. [Fuente: Elaboración propia]

6.2 Codificación de herramientas

Se llevó a cabo una codificación de herramientas, con un criterio análogo al utilizado en el plan de mantenimiento de los equipos del área de Metalmecánica.

La codificación de las herramientas será un complemento de gran utilidad para el desarrollo del plan, ya que permitirá que cada uno de los elementos tenga un código único dentro de la organización, para brindar soporte a las tareas internas y además, servirá para organizar de mejor manera el proceso que realizan tanto la “Cuadrilla de trabajos de Mantenimiento General” como la “Cuadrilla de trabajos de Electricidad” de búsqueda de instrumentos de trabajo para ejecutar los servicios a terceros.

Algunos de los beneficios que trae la codificación de las herramientas son:

- Facilidad para identificar y encontrar un activo.
- Obtener información de las características técnicas, manuales y documentación en general.
- Evitar confusiones frente a dos elementos físicamente idénticos.

En éste caso, para el relevamiento y la codificación, se tuvo en cuenta el hecho de que por lo general son artefactos de alta rotación, es decir, que constantemente son desplazados físicamente según los requerimientos de cada proyecto o necesidad. Se definió conveniente codificarlas con respecto a su uso y dividir las entre *herramientas eléctricas* y *no eléctricas*.

De manera genérica el código será:

XX (Nombre de la herramienta) - XXXX (N° de herramienta) - XX (Uso)
--

El criterio adoptado para la codificación fue el siguiente: Dos letras en mayúscula conformadas por dos letras relevantes del nombre, luego un guión con cuatro dígitos únicos que indicarán el número de herramienta (a medida que se fue encontrando se fueron numerando consecutivamente) y por último, dos letras en mayúscula indicando el uso asignado.



A continuación se presentan las tablas en donde se indican las siglas empleadas para hacer referencia según uso y nombre de las distintas herramientas:

USO DEL EQUIPO	SIGLA ASIGNADA	DESCRIPCIÓN
Herramienta de mano	HM	Son herramientas que se utilizan para ejecutar de manera más apropiada, sencilla y con el uso de menor energía, tareas que requieren el uso directo de las manos.
Instrumento de medición	IM	Las herramientas de medición son instrumentos o máquinas simples que permiten comparar una magnitud con un patrón definido por el sistema internacional de unidades.
Accesorio	AC	Cumple la función de soporte sobre alguna actividad que se está realizando.

Tabla 46 - Siglas de uso para codificación. [Fuente: Elaboración propia]

NOMBRE DE LA HERRAMIENTA	SIGLA ASIGNADA	USO
HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS		
Amoladora	AM	HM
Aspiradora	AS	HM
Bomba de vacío	BO	AC
Desmalezadora Motoguadaña	DM	HM
Hidrolavadora	HI	HM
Llave torque eléctrica	LE	HM
Multímetro	MU	IM
Nivel laser autonivelante	NL	IM
Pinza amperométrica	PA	IM
Tablero eléctrico portátil	TE	AC
Taladro	TA	HM
Telurímetro	TE	IM
Vibrador para hormigón	VH	HM
HERRAMIENTAS NO ELÉCTRICAS		
Alicate	AL	HM
Balde de albañil	BA	AC
Barreta	BR	HM

**UNC****Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial****FCEFyN**

Buscapolo	BP	IM
Calibre	CA	IM
Cepillo metálico	CM	HM
Chocla tira línea	CH	HM
Cuchara de albañil	CU	HM
Destornillador Plano	DE	HM
Destornillador Punta Phillips	DP	HM
Engrasadora	EN	HM
Escalera	EC	AC
Escofina	EF	HM
Escuadra	ES	IM
Espátula	EP	HM
Etiquetadora	ET	HM
Fratacho	FR	HM
Lima	LI	HM
Llave	LL	HM
Llave Allen	LA	HM
Llave Francesa	LF	HM
Llave T	LT	HM
Llave torque	LQ	HM
Mango de fuerza	MF	HM
Manómetro	MA	IM
Martillo	MA	HM
Nivel de mano	NM	IM
Pala	PA	HM
Pinza crimpeadora	PC	HM
Pinza de fuerza	PF	HM
Pinza de punta	PP	HM
Pinza media caña	PM	HM
Pinza de punta redonda	PR	HM
Pinza para terminales	PT	HM



Pinza pela cables	PI	HM
Pinza pico loro	PL	HM
Pistola para sellador	PS	HM
Puntales	PU	AC
Regla	RE	IM
Remachadora	RE	HM
Sargento	SA	HM
Tarraja	TJ	HM
Tenaza	TE	HM
Torcha para soldar	TS	HM
Trincheta	TR	HM
Ventosa sopapa	VS	HM

Tabla 47 - Nombres de los activos relevados con sus siglas y asignación del uso.

[Fuente: Elaboración propia]

Ejemplo: Si en el relevamiento se encontró por primera vez una Amoladora, su codificación será: **AM-0001-HM**

A pesar de que en este relevamiento se consideraron herramientas eléctricas y manuales, se tomó la decisión de integrar las **máquinas eléctricas portátiles**, ya que si bien no son herramientas puntuales, también se desplazan constantemente y ayudan a la labor diaria por lo que cumplen, a su modo, una función de herramientas. Seguirán el mismo diseño de codificación con diferencia en sus últimas siglas, como uso se colocará MEP (Máquina eléctrica portátil).

Quedará como código genérico:

XX - XXXX - MEP



Máquinas relevadas:

NOMBRE	SIGLA ASIGNADA	USO
COMPRESOR	CO	MEP
HORMIGONERA	HO	MEP
SOLDADORA	SO	MEP

Tabla 48 - Nombres de máquinas eléctricas portátiles con sus siglas.

[Fuente: Elaboración propia]

Al efectuar el relevamiento se registró Nombre de la herramienta, descripción, marca y registro fotográfico. Esta actividad también permitió, además, identificar herramientas dañadas, con alguna falla en sus funciones, para poder realizar un descarte de lo que ya no se utilizaba. Una vez finalizado el trabajo, los datos fueron plasmados en una planilla de Excel.

A continuación se visualiza una sección, tomada como ejemplo, de la planilla del relevamiento (cuya gestión será tomada por el área de producción):

HERRAMIENTAS					
INVENTARIO					
Descripción	Marca	Código	Tipo de Herr.	Imagen	Ubicación
Amoladora angular MT M9510G gris 850 W 220 V (\varnothing_{\max} = 115 mm ; rpm= 11000)	Makita	AM-0001-HM	AMOLADORA		TALLER
Amoladora angular AA711 verde de 710 W 220 V (\varnothing_{\max} = 115 mm ; rpm= 11000 ; peso= 1,7 kg)	Philco	AM-0002-HM	AMOLADORA		LAM
Amoladora angular TE-AG230 DP de 50 Hz roja 2300 W 230 V de 9 mm	Einhell	AM-0003-HM	AMOLADORA		ASOCIART

Fig. 49 - Sección tomada como ejemplo de la Planilla del Inventario en Herramientas. [Fuente: Elaboración propia]

6.2.1 Proceso del manejo de Herramientas

Dentro del mismo registro de inventario en la planilla de Excel, se dejó una columna indicando la ubicación a modo de cargar los datos cada vez que se desplazan las mismas, ya que conformamos una planilla de registro en donde se pueda indicar cada vez que se retiran las herramientas de las instalaciones hacia otros proyectos a modo de lograr ubicarlas. Dicha tarea se realizará todas las mañanas a primera hora al momento en que salen las cuadrillas hacia los proyectos asignados, luego, el Responsable de Administración y RRHH es quien actualizará el registro de herramientas con la ubicación asignada. Del mismo modo, la actividad se realiza cada vez que vuelven las cuadrillas al final del día hacia la organización. Esto permitirá llevar un control de los egresos e ingresos de herramientas a la empresa y detectar un faltante si lo hubiere.

PROYECTO N°									
SALIDAS					ENTRADAS				
FECHA	CÓDIGO PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	ESTADO	RESPONSABLE	FECHA	CÓDIGO PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	ESTADO	RESPONSABLE

Fig. 50 - Planilla de Egresos y Reingresos de herramientas a la organización.
[Fuente: Elaboración propia]

6.3 Relevamiento de insumos y propuesta de incorporación de repuestos generales

Al detectar las falencias en el proceso de gestión de insumos actual y evidenciar un desconocimiento del inventario, se llevó adelante un relevamiento con el fin de obtener conocimientos con qué recursos se puede tener en cuenta al momento de realizar las intervenciones. Tal como sucedió en el caso del relevamiento de herramientas, ésto será de gran utilidad también para las demás cuadrillas, sobre todo para la Cuadrilla de trabajos de



Mantenimiento General, ya que podrán tener un registro preciso de los insumos con los que cuentan al momento de realizar sus tareas externas.

Por otro lado, a través de un relevo del stock actual de elementos, se diseñó un **listado de artículos que deberían ser adquiridos** complementando el relevamiento inicial, para poder llevar de manera eficiente las tareas de mantenimiento sobre los equipos.

Con ellos, se verá acelerado significativamente el tiempo en las intervenciones de las máquinas que se incluyen en el plan de mantenimiento preventivo y también para algunos casos en que se requiera de mantenimiento correctivo.

Relevamiento de insumos de uso general que contiene la organización:

ARTÍCULO	MARCA	CANT.	UNIDAD DE MEDIDA
Disco de corte FLAP Grano 60	Rottweiler	32	Unid.
Disco de corte FLAP Grano 80	Rottweiler	32	Unid.
Disco de corte FLAP Grano 120	Rottweiler	30	Unid.
Disco de corte mola 115mm	Black Decker	94	Unid.
Disco de desbaste mola 115mm	Barovo	3	Unid.
Disco para Sensitiva	Tyrolit	4	Unid.
Disco de corte p/ amoladora de 9"	Stanley	19	Unid.
Disco de desbaste p/ amoladora de 9"	Stanley	9	Unid.
Disco de widia p/ amoladora de 9"	Stanley	3	Unid.
Carbones p/ Taladro		4	Unid.
Carbones p/ Amoladora Chica		3	Unid.
Carbones p/ Amoladora Grande	Schneider	1	Caja
Disco de corte 350x25,4 mm	Omaha	4	Unid.
Electrodos 2 mm	Conarco	23	Unid.
Electrodos 2,5 mm	Conarco	21	Unid.
Toberas MIG		16	Unid.
Alambre p/ Soldar MIG		1	Rollo
Lámpara Led 9 W	BGH	5	Unid.
Lámpara p/ auto 12 V	Osram	4	Unid.
Pincel N10		6	Unid.
Sellaroscas	Midori	1	Unid.
Cinta autosoldable		19	Unid.
Cinta aisladora		33	Unid.
Cinta de papel		32	Unid.
Film stretch		7	Rollo
Cinta scotch		15	Unid.
Cerradura con llave		4	Unid.
Espiga p/ canilla		3	Unid.
Precinto 100x2,5	Crossmaster	400	Unid.



Precinto 150x3,6	Crossmaster	400	Unid.
Precinto 250x3,6	Crossmaster	31	Unid.
Precinto 300x4,6	Crossmaster	400	Unid.
Cable Ultraflexible		1	Unid.
Tomacorriente de 3 patas		5	Unid.
Lija grano 80		5	Unid.
Lija grano 180		7	Unid.
Lija grano 220		10	Unid.
Regatones		11	Unid.
Sensores p/ maquinaria		3	Unid.
Repuesto p/ trincheta		2	Unid.
Adhesivo		1	Unid.
Fibrón para metal Rojo		2	Unid.
Fibrón para metal Azul		2	Unid.
Fibrón para metal Negro		3	Unid.
Sellador de 310 ml	Fischer	8	Unid.
Paño / Trapo		8	Unid.

Tabla 49 - Relevamiento de insumos de uso general para mantenimiento
[Fuente: Elaboración propia]

Para complementar el listado anterior se plantean los siguientes elementos que deberían ser adquiridos dentro del inventario:

CONSUMIBLE	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	DURACIÓN ESTIMADA (MES)	COSTO ESTIMADO POR MES
Cable Unipolar 1 X 2.5 Mm Argenplas Rollo 15 Mts Eléctrico (Celeste p/ neutro)	1	\$1359	\$1359	6	\$226,50
Cable Unipolar 1 X 2.5 Mm Argenplas Rollo 15 Mts Eléctrico (Verde amarillo p/ tierra)	1	\$1359	\$1359	6	\$226,50
Cable Unipolar 1 X 2.5 Mm Argenplas Rollo 15 Mts Eléctrico (rojo)	1	\$1359	\$1359	6	\$226,50
Rodamiento 6001 2RS	5	\$92	\$460	6	\$76,66
WD-40 Lubricante 155g	2	\$533	\$1066	1	\$1066
Llave Conmutadora 20a Monofásica 20102/1 En Caja Pvc	1	\$2800	\$2800	3	\$933,33
Manguera Silicona 4x6mm x metro	5	\$370	\$1100	3	\$366,67
Filtro de aire p/ grupo electrógeno	1	\$4300	\$4300	6	\$716,67
Paño/Trapo	5	\$173	\$865	3	\$288,33
Aceite Soluble Ep Para Torneria Refrigerante X 1 Lt	1	\$674	\$674	3	\$224,67
Agua destilada (litro)	20	\$90	\$1800	1	\$1800
Lampara Led 10w E27 Bulbo 220v Bajo Consumo	5	\$150	\$750	3	\$250
Líquido refrigerante p/ Torno CNC (2L)	1	\$612	\$612	2	\$306
Grasa grafitada	1	\$270	\$270	2	\$135
TOTAL			\$18.774		\$6.842,83

Tabla 50 - Cálculo de costo de adquisición de insumos necesarios para mantenimiento
[Fuente: Elaboración propia]

Al realizar intervenciones, el costo de cada insumo utilizado deberá ser tenido en cuenta en el análisis de costos de aplicar el plan de mantenimiento preventivo que fue desarrollado en el Capítulo 5.6.

Por último, se le suministró la información a la organización para generar un registro histórico en el uso de los insumos, a modo de poder obtener un cálculo aproximado y lograr conformar un *Stock de Seguridad* para cada elemento que integra el inventario. Complementando a esto, se deberá llevar un registro de ingresos y egresos de los insumos facilitando el seguimiento y control sobre éstos. Debido a falta de tiempo y dificultad en coordinar con la Dirección, este estudio no pudo ser completamente realizado.

6.4 Selección de metodología y planteo de objetivos para la mejora en la versatilidad del personal

La evaluación de conocimientos en las operaciones ejecutadas en la labor diaria de la organización, permitió conocer el nivel de versatilidad del personal. Analizar cuales se encuentran especializados exclusivamente en un tipo de trabajo o cuales son capaces de adaptarse a distintas actividades.

El tener un único personal con competencias desarrolladas en un tipo de trabajo implica una dependencia del mismo sobre esa labor, como por ejemplo el caso del Operario N°6 D el cual es el único que cuenta con conocimientos en la utilización del Router (de hecho es quien ocupa ese puesto de trabajo fijo), genera una dependencia del operario y una problemática cuando el mismo se ausenta. En este tipo de organización donde los trabajos varían por periodos, es fundamental tener personas que se adapten constantemente a lo que se deba ejecutar. Sumado a esto, se identificó una gran dificultad en encontrar mano de obra calificada.

Por esto, se procedió a plantear objetivos de mejora en cuanto a las habilidades del personal, por periodos de tiempo en donde se realice un proceso de transferencia de conocimientos mediante la técnica de aprendizaje y desarrollo “relación experto - aprendiz”. Un operario puntuado

como experto en el labor será el encargado de instruir mediante la práctica al aprendiz.

En este proceso se distinguen varias etapas clave:

- Se brinda a la persona que va a recibir la capacitación, una descripción general del puesto, su objetivo y los resultados que se esperan de él.
- El capacitador efectúa el trabajo a fin de proporcionar un modelo que se pueda copiar.
- Se pide al individuo que imite el ejemplo. Las demostraciones y las prácticas se repiten hasta que la persona domine la técnica.
- Se pide a la persona que lleve a cabo el ejercicio sin supervisión.

En base a la técnica seleccionada se plantean objetivos de mejora que se esperan en un periodo de tiempo por cada operario de producción. Los mismos serán posibles de alcanzar generando una rotación en los puestos de trabajos, empezando por aplicarlo en cada grupo de trabajo para luego entrecruzar los trabajadores entre las distintas cuadrillas.

Acción de mejora: Diseñar e implementar un plan de rotación en los puestos de trabajo del personal en sus mismas cuadrillas, definiendo quién ocupará el rol de experto y quién de aprendiz para luego realizar el entrecruzamiento de los trabajadores entre los tres grupos de trabajo.

Objetivo: Por cada operario se realizó como planteo óptimo, lograr incrementar un 4% sus habilidades por cada trimestre. Esto permitirá obtener un equipo con mayores capacidades en una proyección anual, adaptando posibilidades de reemplazo en caso de ausentismo, accidentes, o cualquier motivo externo que imposibilite la asistencia de un trabajador evitando frenar la actividad productiva.

Se le suministra a la organización la oportunidad de mejora con los objetivos planteados junto con la metodología de capacitación elegida. Luego, serán ellos los encargados de llevarlo a cabo según disponibilidad de tiempos, ya que se pudo evidenciar momentos de tiempos ociosos por parte del personal en periodos de baja demanda en donde los mismos podrían estar capacitándose. Al variar los trabajos y los tiempos en el día a día decidimos no realizar una planificación de la rotación de los puestos, sino

plantear los objetivos que se esperarían y el tiempo que llevaría lograr completar la capacitación. El ápice estratégico de la organización junto con el apoyo correspondiente serán los encargados de realizar la planificación de la rotación de los puestos definiendo al experto y asignando su aprendiz.

A continuación se visualiza la tendencia óptima a lograr en el proceso:

	Operario N°1 E	Operario N°2 E	Operario N°1 Mant	Operario N°2 Mant	Operario N°3 Mant	Operario N°4 Mant	Operario N°5 Mant	Operario N°6 Mant	Operario N°7 Mant	Operario N°1 D	Operario N°2 D	Operario N°3 D	Operario N°4 D	Operario N°5 D	Operario N°6 D
ACTUAL	42%	48%	24%	48%	37%	36%	49%	66%	53%	48%	58%	43%	50%	58%	35%
1° Trimestre	46%	52%	28%	52%	41%	40%	53%	70%	57%	52%	62%	47%	54%	62%	39%
2° Trimestre	50%	56%	32%	56%	45%	44%	57%	74%	61%	56%	66%	51%	58%	66%	43%
3° Trimestre	54%	60%	36%	60%	49%	48%	61%	78%	65%	60%	70%	55%	62%	70%	47%
4° Trimestre	58%	64%	40%	64%	53%	52%	65%	82%	69%	64%	74%	59%	66%	74%	62%

Tabla 51 - Proyección anual de Polivalencia por Operario con los objetivos planteados. *[Fuente: Elaboración propia]*

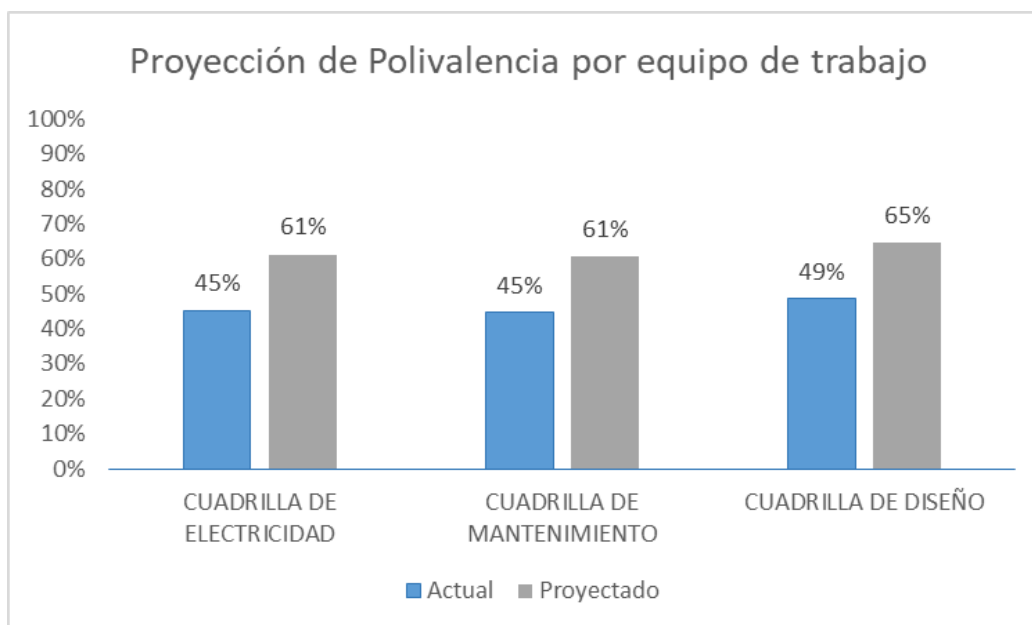


Fig. 51 - Gráfica anual del incremento de Polivalencia por equipo. *[Fuente: Elaboración propia]*

En la gráfica se evidencia en el promedio por equipo del 4° Trimestre como se incrementa el porcentaje de versatilidad de los trabajadores, logrando un macro indicador del 62% en conocimiento de la operaciones.



Plantear un incremento del 16% de este indicador en un periodo anual se considera posible de alcanzar y en la práctica tenderá a realizarse un ajuste con mayor precisión el porcentaje que se espera de esta labor.

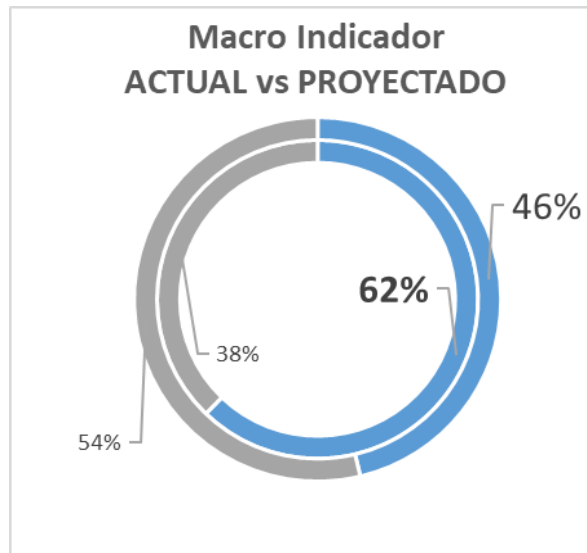


Fig. 52 - Proyección del indicador global de la versatilidad del personal.
[Fuente: Elaboración propia]

Vemos conveniente realizar esta práctica por el hecho de que al frecuentar el trabajo diario de la empresa, se pudo observar su metodología de trabajo y la facilidad con la que cada trabajador aprende mediante la práctica las distintas actividades ya que en su mayoría no evidencian alta complejidad. También, los mismos poseen una buena predisposición para el aprendizaje y al realizar actividades fuera de su rutina incrementan su motivación, lo cual es fundamental para la productividad de una organización.

7. INPUT Y OUTPUT DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

Tal como pudo evidenciarse a lo largo del proyecto, para poder llevar a cabo el diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo en la organización entendido como un “sistema”, fue necesario establecer una serie de inputs o fuentes de entrada de información sin los cuales no hubiera sido posible llevarlo a cabo.

1- **Necesidades de la dirección:** el punto de partida principal son las necesidades planteadas por la dirección, las cuales fueron relevadas y tenidas en cuenta antes de iniciar el desarrollo del plan.

2- **Registros, documentos y antecedentes de fallos:** es importante recolectar toda la información posible que tenga la empresa respecto de documentos, registros y antecedentes de fallos que pueden haber tenido los equipos a lo largo de su vida útil. Si bien la organización no contaba con registros físicos, se formularon y se dejaron asentadas para su utilización diversas planillas.

3- **Procesos documentados:** el registro de los procesos documentados a llevar a cabo es importante ya que aporta estandarización y calidad a los procesos. Además, permite auditarlos y mejorarlos a través de su revisión.

En éste caso, al no existir un proceso documentado previamente en la empresa, se diseñó y registró cada uno de los pasos a llevar a cabo la gestión del mantenimiento por parte del personal del área y se planteó un método para actualizarlos.

4- **Equipos críticos:** como se mencionó a lo largo del proyecto, llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo sobre todos los equipos resulta costoso e ineficiente, por lo que se debe fijar un criterio para definir los equipos críticos para llevar a cabo los procesos que le aporten más valor al negocio. Al no estar definido por parte de la empresa, se fijaron los criterios y con aval del personal se definieron los equipos críticos sobre los cuales llevó a cabo el diseño del plan.

5- **Recursos humanos:** el personal a llevar a cabo las tareas debe tener las competencias necesarias para llevar a cabo tanto la gestión como las inspecciones e intervenciones requeridas en cada caso. Es por ello que se relevó al personal actual y se definieron criterios para asignarlos a cada equipo con distintas tareas de tipo autónomo y profesional.

6- **Recursos físicos:** se relevaron los recursos físicos con los que contaba el área (infraestructura, herramientas y repuestos) y se evaluaron mejoras.

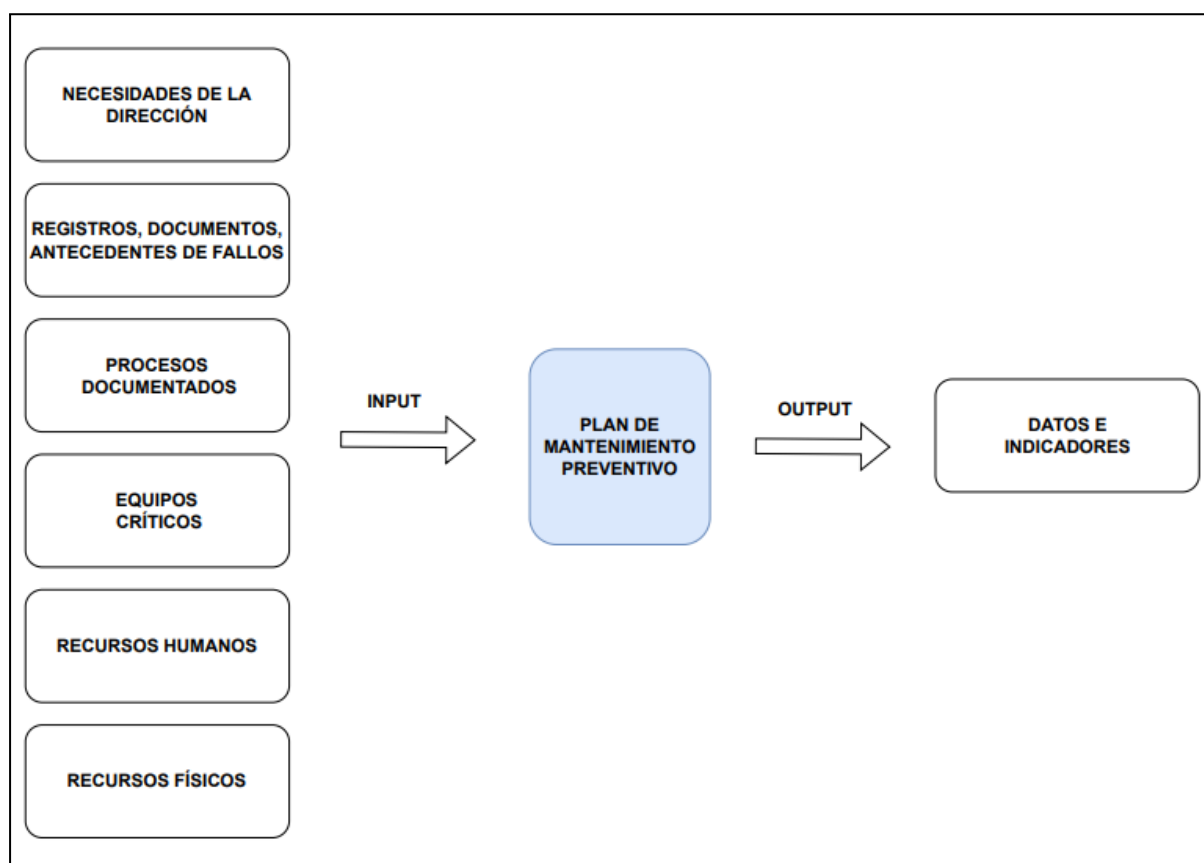


Fig. 53 - Input y output sistema de mantenimiento. [Fuente: *Elaboración Propia*]

Luego, a través de la implementación del plan de mantenimiento, se podrá medir los outputs correspondientes: “**Datos e Indicadores**”, los cuales son el resultado de llevar a cabo procesos y registros englobados en una política de mantenimiento. A partir de ello la empresa podrá comenzar a medir sus resultados y evaluar decisiones a futuro.

8. RESULTADOS

En base a los objetivos específicos planteados al inicio del presente proyecto integrador, se exponen a continuación en forma breve los resultados obtenidos, con el objetivo de brindar al lector un resumen de lo analizado y su ubicación dentro del proyecto.

- 1) *Estudiar cómo es el proceso de mantenimiento que lleva actualmente la empresa e identificar y optimizar los input y output para llevar a cabo el plan.*

A lo largo del **Capítulo 4** (“*Diagnóstico de la función del mantenimiento en la organización*”) se expuso la situación inicial del mantenimiento en la empresa, así como también los recursos con los que cuenta y que podrían ser utilizados por un área formal de mantenimiento (infraestructura en herramientas, manejo de repuestos y personal).

Luego, en el **Capítulo 7** (“*Input y output del sistema de mantenimiento*”) se formuló al plan de mantenimiento como un sistema alimentado por distintos elementos y entregando resultados. Todos los elementos fueron analizados a lo largo del proyecto integrador y ampliados con propuestas de mejora.

- 2) *Crear un sistema de planificación de las tareas y organizar los procesos llevados a cabo por el área de mantenimiento, identificando, ordenando y optimizando los recursos con los que cuenta el área y cumpliendo con las condiciones de seguridad del personal.*

En el **Apartado 5.4.1** (“*Selección de Personal*”) se desarrolló un criterio para organizar al personal en las distintas tareas ejecutadas por el área. Luego, en el **Apartado 5.4.2** (“*Documentos*”) se exponen los distintos documentos que requerirá el plan (planillas estándar de mantenimiento, el flujograma de procesos, calendario, etc.) en los que se organizan las tareas y los recursos y elementos de seguridad a tener en cuenta. En el **Apartado 5.5** (“*Ciclo de mejoramiento continuo del plan de mantenimiento (PHVA)*”) se detalla una propuesta para la mejora continua de los procesos que lleva el área y para la gestión, revisión y actualización de sus documentos.. En el **Capítulo 6**

(“*Complemento al plan de mantenimiento*”) se describe cómo optimizar los recursos con los que cuenta el área con diversas mejoras a aplicar.

- 3) *Identificar los equipos críticos con los que cuenta la organización e identificar las principales causas de daño de los mismos.*

Desde el comienzo del **Capítulo 5** (“*Conformación e implementación del plan de mantenimiento preventivo*”) y hasta casi el final de éste, se desarrolló un relevamiento y análisis de los equipos con los que cuenta la organización, luego se utilizaron diversos criterios para clasificarlos y luego identificar los modos de fallo de los mismos.

- 4) *Proveer a la empresa de fuentes de información para tomar decisiones a futuro.*

A lo largo del **Capítulo 5** (“*Conformación e implementación del plan de mantenimiento preventivo*”) se presentaron diversas herramientas cuya información servirá para tener registros y fuentes de consulta. Además, en el **Apartado 5.4.3** (“*Indicadores de mantenimiento (KPI’s)*”) se ejemplificó una metodología para elaborar indicadores de mantenimiento que serán útiles para saber la situación en la que se está y tomar decisiones a futuro.

- 5) *Englobar el plan en una política de mantenimiento definida.*

En el **Apartado 5.4.4** (“*Gestión y procedimientos*”) se interioriza sobre la política de mantenimiento en la organización. Luego, en el **Anexo III** se presenta la política elaborada.

9. CONCLUSIÓN

Luego del tiempo transcurrido en la empresa y el contacto con el personal y los directivos, se pudo conocer desde dentro el proceso llevado a cabo y la metodología de trabajo empleada por las distintas áreas. Se detectaron las necesidades de la organización, lo que permitió realizar un análisis de fortalezas y debilidades y evidenciar una problemática en la actividad cotidiana con respecto a la fiabilidad de sus equipos y sus problemas en la gestión del mantenimiento de equipos propios, lo que generaba paradas imprevistas y demoras en entregas.

En base a esto, surge el desarrollo de un plan de mantenimiento, a través del cual se buscó disminuir ineficiencias en los procesos, paradas no deseadas y obtener mejores resultados para la organización. El mismo fue diseñado en base a los recursos que hoy poseen, a modo de lograr una fácil puesta en marcha, aprovechando al personal calificado y la infraestructura actual.

Luego de un relevamiento de los equipos existentes dentro del taller, se organizaron en base a un análisis de criticidad, determinando los posibles fallos mediante el estudio de los modos de fallas y efectos (AMFE). A partir de allí, a través de los estándares de mantenimiento y las distintas planillas de registro, se pudo elaborar un plan de mantenimiento con tareas de tipo autónomas y profesionales sobre estos equipos. Además, se elaboraron registros digitales y una propuesta para revisarlos y mantenerlos actualizados, con el fin de lograr una trazabilidad en los procesos.

Por otro lado, a través de los operarios se realizó un relevamiento parcial de dos meses sobre los fallos e inconvenientes que surgieron y que debieron ser atendidos para continuar con el correcto desempeño de las tareas. Se logró obtener información de 3 equipos de los considerados dentro del plan, lo cual permitió al proyecto llevar a cabo un procedimiento de cálculo de indicadores de referencia para la dirección, que podrá tenerlos en cuenta en adelante a medida que posean registros. Luego con ésta misma información se realizó un análisis, también de referencia sobre los costos que implicaría el plan, resultando beneficioso con todas las consideraciones que

se tuvieron en cuenta, y al igual que antes, permitiendo tener a la dirección un parámetro para medir los costos del proceso en adelante con los registros que vayan obteniendo a lo largo de los meses. Ésto va a permitirle a la empresa reestructurar procesos y tomar decisiones en base a datos fiables, auditando aquellos procesos que sean necesarios reforzar.

Con la aplicación de las herramientas propuestas se formalizará el área de mantenimiento como tal en la empresa, lo que va a generar valor agregado para la firma y va a impactar directamente en las demás áreas.

La detección de las falencias actuales y los niveles de polivalencia de los operarios para generar un plan de capacitaciones será de gran valor para éstos, quienes verán incrementar su rendimiento a través de las buenas prácticas que les proporcione una correcta gestión de los procesos y un buen conocimiento de la gestión que se llevará a cabo, junto con la organización de sus elementos de trabajo y conocimiento de los repuestos e insumos con los que cuentan a la hora de desarrollar sus tareas.

Los aportes surgidos de las herramientas que se plantearon como complemento del plan de mantenimiento no solo serán beneficiosos para éste sino que generarán valor agregado a la empresa en distintas áreas.

Este plan deja sentadas las bases de un proyecto que puede ser ampliado, para cuando la empresa logre incorporar mayor capital de trabajo y personal, así como un sistema informático, siendo capaz de acudir a las distintas herramientas que han sido elaboradas y que contendrán información relevante sobre las fallas de los equipos, las principales causas de daño y la criticidad de los mismos.

10. RECOMENDACIONES

- Continuar verificando los resultados del programa de mantenimiento preventivo a medida que puedan recolectarse datos en los próximos meses y modificar los procesos con sus tiempos para satisfacer los requerimientos de operación. Siempre será necesario añadir o retirar algo del programa en su proceso de mejoramiento.
- Lograr un consenso entre las partes intervinientes del plan antes de realizar una modificación e informar a la totalidad del equipo de trabajo una vez realizada ésta.
- Redefinir un valor de objetivo sobre el Macro Indicador de polivalencia del personal y plantear un plan de capacitación anual en la versatilidad, permitiendo mejorar habilidades y competencias operativas a modo de lograr un veloz reemplazo en caso de causa mayor sobre algún trabajador que interviene en el plan de mantenimiento. Esto permitirá también, incrementar la motivación.
- No dejar pasar las solicitudes de mantenimiento por parte del personal mediante la utilización de la *Solicitud de mantenimiento para "Mantenimiento no productivo"*, ya que esto puede llevar a la desmotivación y pérdida de creencia sobre este proceso por parte del personal.
- Realizar un feedback en base a los resultados obtenidos del programa por parte del Responsable de Mantenimiento al personal operativo implicado, permitiendo un flujo de información y mostrando el impacto de su trabajo en datos numéricos y en resultados concretos para la empresa, lo que va a motivar al personal a seguir realizando los procedimientos de acuerdo a lo planificado.



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN

11. BIBLIOGRAFÍA

García Garrido, F. (2003). *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*. Díaz de Santos.

Tokutaro Suzuki (1995). *TPM en industrias de proceso*. TGP-Hoshin, S.L. c/ Marqués de Cubas.

Pontelli, D., & Gallara, I. (2018). *Mantenimiento industrial: Serie Ingeniería*. Universitas.

Material de la cátedra de Mantenimiento Industrial de la FCEFyN. Universidad Nacional de Córdoba.

Material de la cátedra de Relaciones Industriales de la FCEFyN. Universidad Nacional de Córdoba.

Ley 19587 de 1972. *Higiene y Seguridad en el Trabajo*. Decreto 351/79. 28 de abril de 1972. (Argentina).

Últimas noticias de Cotización del Dólar Hoy, Precio del Dólar el 8 de marzo. (s/f). LA NACION. Recuperado el 8 de marzo de 2022, de <https://www.lanacion.com.ar/dolar-hoy/>

UOCRA. (s/f). Uocra.org. Recuperado el 8 de marzo de 2022, de <https://www.uocra.org/> - Convenio y Tablas Salariales 76/75 y 577/10 reapertura marzo 2022 https://www.uocra.org/REAPERTURA_PARITARIA.pdf

Norma ISO 14224:2016 *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos*. (31 de octubre de 2016)

Norma ISO 20815:2018 *Production assurance and reliability management* (Julio 2018).

Norma Europea EN 13306:2018 *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento*. (2018)

Norma ISO 9001:2015: Sistemas de Gestión de Calidad - Requisitos (15 de Septiembre de 2015).



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN

ANEXO



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN

ANEXO I - Registro de Parámetros: Grupo Electrónico

LOGO DE LA EMPRESA		REGISTRO DE PARÁMETROS GRUPOS ELECTRÓGENOS	
FECHA		SERIE	
MARCA		POTENCIA	
MODELO			
CONTROL GENERAL			
Colocar (✓) o (x) según corresponda			
AJUSTE MECÁNICO DE BORNERA ELÉCTRICA		OBSERVACIÓN	
AJUSTE MECÁNICO DE TORNILLOS Y TUERCAS		OBSERVACIÓN	
CONTROL GENERAL ESTADO DE CABLES Y CONECTORES		OBSERVACIÓN	
CONTROL DE CONTINUIDAD DE CABLES		OBSERVACIÓN	
REVISIÓN GENERAL DE COMPONENTES ELÉCTRICOS		OBSERVACIÓN	
REVISIÓN GENERAL DE COMPONENTES MECÁNICOS		OBSERVACIÓN	
CONTROL GENERAL ESTADO DE CABLES Y CONECTORES		OBSERVACIÓN	
CONTROL EQUIPO DETENIDO			
NIVEL DE COMBUSTIBLE		OBSERVACIÓN	
NIVEL DE ACEITE / AGUA		OBSERVACIÓN	
TENSIÓN DE CORREA		OBSERVACIÓN	
CARGADOR PERMANENTE BAT.		OBSERVACIÓN	
CAMBIO ACEITE Y FILTROS (SI / NO)		OBSERVACIÓN	
LIMPIEZA FILTRO DE AIRE (SI/NO)		OBSERVACIÓN	
PÉRDIDAS DE ACEITE/AGUA/COMBUSTIBLE		OBSERVACIÓN	
TABLERO DE TRANSFORMADOR EN MODO MANUAL		OBSERVACIÓN	
ALARMA		OBSERVACIÓN	
VOLTAJE BATERÍA		OBSERVACIÓN	



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN

EQUIPO EN VACÍO					
TENSIÓN (V)	RS	RT	ST	Frec (Hz)	HORA FIN DE PRUEBA
					HORA INICIO DE PRUEBA
	Neutro-Tierra	NR	NS	NT	DURACIÓN DE LA PRUEBA
PÉRDIDAS DE ACEITE / AGUA				OBSERVACIÓN	
TEMPERATURA AGUA (°C)				OBSERVACIÓN	
CARGADOR DE BATERÍAS OK				OBSERVACIÓN	
RPM OK				OBSERVACIÓN	
GRUPO CON CARGA CONECTADA					
HORA INICIO DE PRUEBA				DURACIÓN DE LA PRUEBA	
INICIO MEDICIÓN				FINAL MEDICIÓN	
TIEMPO TRANSFERENCIA				TIEMPO RETRANSFERENCIA	
TIEMPO POST-ENFRIAMIENTO				TEMPERATURA AGUA (°C)	
PRESIÓN DE ACEITE				RPM	
POTENCIA (KVA)					
FREC (Hz)					
FACTOR DE POTENCIA					
TENSIÓN DE SALIDA (V)					
R-S			R		
S-T			S		
T-R			T		
NEUTRO- TIERRA			NEUTRO		
FIRMA Y ACLARACIÓN RESPONSABLE					
COMENTARIOS GENERALES					

Tabla 52 - Registro de Parámetros Grupo Electrónico [Fuente: Elaboración propia]



UNC



ANEXO II - Representación parcial: Calendarios Digital de Mantenimiento

CO-001-S14					SEMANA																								
ID	ACTIVIDAD	Tipo Mtto	Frecuencia	Piloto	ACTIVIDAD	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Purgado de agua condensada acumulada en pulmón.	AM	Semanal	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	PROGRAMADO	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
					REALIZADO	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
2	Limpieza general del medio y estado de alimentación eléctrica al equipo.	AM	Mensual	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	PROGRAMADO			P				P				P				P					P				P
					REALIZADO			R			R			R			R			R			R				R		
3	Inspección general del medio / Detectar pérdidas de fluido / Ruidos no propios del medio, estado de la correa, etc.	AM	Mensual	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	PROGRAMADO			P				P				P				P					P				P
					REALIZADO			R			R			R			R			R			R				R		
4	Inspección y limpieza de filtro de aire.	AM	Mensual	Operario 1, 2 o 5 (Cuadrilla Diseño)	PROGRAMADO			P				P				P				P					P				P
					REALIZADO			R			R			R			R			R			R				R		
5	Inspección de parámetros de funcionamiento (presión alcanzada).	PM	Bimestral	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	PROGRAMADO							P								P									P
					REALIZADO						R			R			R			R			R				R		
6	Ajuste general de estructura Mecánica.	PM	Bimestral	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	PROGRAMADO							P								P									P
					REALIZADO						R			R			R			R			R				R		
7	Recambio elementos filtrantes.	PM	Anual	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	PROGRAMADO															P									
					REALIZADO																		R				R		
8	Recambio elementos mecánicos de desgaste.	PM	Anual	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	PROGRAMADO															P									
					REALIZADO																		R				R		
9	Revisión del estado del motor y del cableado en general.	PM	Anual	Operario 5, 6 o 7 (Cuadrilla Mant.)	PROGRAMADO															P									
					REALIZADO																		R				R		

Tabla 53 - Representación parcial del Calendario digital de mantenimiento (Compresor) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: ID, ACTIVIDAD, Tipo Mtto, Frecuencia, Piloto, ACTIVIDAD, and SEMANA (40-53, 1-10). Rows 1-9 describe maintenance tasks like 'Limpieza general del medio externo del equipo' and 'Inspección general del medio / Detectar pérdidas de fluido'.

Tabla 54 - Representación parcial del Calendario digital de mantenimiento (Generador eléctrico) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: ID, ACTIVIDAD, Tipo Mtto, Frecuencia, Piloto, ACTIVIDAD, and SEMANA (40-53, 1-10). Rows 1-9 describe maintenance tasks like 'Limpieza general del medio', 'Verificar sonidos extraños', etc., with status indicators (PROGRAMADO, REALIZADO) and weekly markers (P, R).

Tabl 55 - Representación parcial del Calendario digital de mantenimiento (Router) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: TO-002-S4A (ID, ACTIVIDAD, Tipo Mtto, Frecuencia, Piloto, ACTIVIDAD) and SEMANA (40-53, 1-10). Rows 1-11 describe maintenance activities like cleaning, inspection, and lubrication with status (PROGRAMADO, REALIZADO) and weekly markers (P, R).

Tabla 56 - Representación parcial del Calendario digital de mantenimiento (Torno cnc) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: ID, ACTIVIDAD, Tipo Mtto, Frecuencia, Piloto, ACTIVIDAD, and SEMANA (40-53, 1-10). Rows 1-8 describe maintenance tasks like 'Limpieza general de restos de viruta' and 'Verificar sonidos extraños al encender el equipo'.

*Puede variar dependiendo el nivel de uso del equipo

Tabla 57 - Representación parcial del Calendario digital de mantenimiento (Amoladora de Banco) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: SI-001-S4B (ID, ACTIVIDAD, Tipo Mtto, Frecuencia, Piloto), SEMANA (ACTIVIDAD, 40-53, 1-10). Rows 1-8 describe maintenance activities like 'Limpieza general del medio' and 'Verificar estado del disco'.

Tabla 58 - Representación parcial del Calendario digital de mantenimiento (Sierra) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Table with columns: SI-002-S4B (ID, ACTIVIDAD, Tipo Mtto, Frecuencia, Piloto, ACTIVIDAD) and SEMANA (40-53, 1-10). Rows 1-8 describe maintenance activities like 'Limpieza general del medio' and 'Verificar estado del disco'.

Tabla 59 - Representación parcial del Calendario digital de mantenimiento (Sierra) [Fuente: Elaboración propia]



UNC

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



FCEFyN

ANEXO III - Política de Mantenimiento

POLÍTICA DE MANTENIMIENTO

Apoyo visual para presentar y dar a conocer la implementación de nuestro nuevo PLAN DE MANTENIMIENTO.

A continuación se presenta de una forma concisa los lineamientos principales que acompañarán el desarrollo del mismo.



LOGO INSTITUCIONAL



1

INTRODUCCIÓN

Se llevará adelante la implementación de un nuevo proceso abocado en el mantenimiento de nuestros activos considerados como críticos, desde una perspectiva integral, a modo de garantizar la fiabilidad de los mismos.

2

OBJETIVO

Dar a conocer claramente los lineamientos y principios establecidos, junto con las responsabilidades que les compete a cada rol con respecto al plan conformado, con el fin de conseguir el cumplimiento de los objetivos del sistema de gestión de mantenimiento.

3

RESPONSABILIDADES

RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO: Analiza criticidades en caso de tener un reporte de anomalías y designa los recursos necesarios para la reparación. Digitaliza calendario de mantenimiento.

OPERARIO DE PRODUCCIÓN de puesto: Ejecuta plan de mantenimiento autónomo del activo asignado y registra en calendario.

OPERARIO DE PRODUCCIÓN de Mantenimiento: Ejecuta las tareas del plan de mant. profesional en la periodicidad establecida, también es quien reparará anomalías asignadas en caso de emergencia.

4

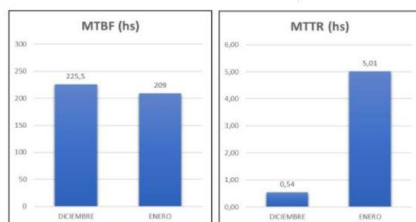
RESULTADOS

Los resultados muestran el fruto del plan y deben responder a los objetivos planteados desde un principio. Se darán a conocer dentro de la institución los valores planteados como meta a alcanzar de los **INDICADORES MTBF y MTTR**, junto con el grado de cumplimiento obtenido.

5

ANÁLISIS

De forma periódica la Dirección en apoyo con el Responsable de Mantenimiento llevarán a cabo la revisión del programa con análisis de falencias. También se establecerán nuevas prioridades.



Visualización del análisis de datos en base al desarrollo del plan

6

MEJORA CONTINUA

Nos basaremos en la metodología del ciclo de mejoramiento continuo de Edward Deming PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) para buscar perfeccionar nuestro proceso.



FIRMA DE LA DIRECCIÓN

Fig. 54 - Política de Mantenimiento [Fuente: Elaboración Propia]