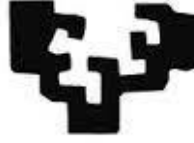


eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

*Facultad de Ingeniería*

# **OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN EN LA PLANTA CERÁMICA MARLO**

---

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Álvaro López Barrio

INGENIERIA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Dirigido por el Prof. Alberto Urrutia  
Odria

Vitoria-Gasteiz 2021-2022

## RESUMEN

Hoy en día el mantenimiento dentro de las empresas es vital para la supervivencia de estas, así como los diferentes métodos aplicados para la prevención de errores en las máquinas o gestión de los almacenes.

En esta memoria se darán a conocer las distintas metodologías aplicadas durante mi estancia en Cerámica Marlo, empresa en la que he realizado las prácticas de Ingeniería.

Cerámica Marlo produce de una a dos veces al año, durando dicha producción ininterrumpida un mes, por lo que se abordarán los problemas y soluciones durante la producción y durante la parada.

El problema que se nos presenta es una gestión poco efectiva tanto del material de trabajo y del stock relacionado con el mantenimiento de la empresa, como del elevado tiempo ocioso en los procesos de producción y de mantenimiento.

El objetivo es disminuir dicho tiempo mejorando los procedimientos de trabajo en ambas temporalidades y la organización del material de trabajo y del stock. Para cumplirlos, se han aplicado tres planes de acción que reducirán notablemente dichos problemas. Creación de unos procedimientos de prevención de errores denominados gamas, reestructuración de los almacenes y una nueva metodología de gestión del stock.

# ÍNDICE

## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1	Objetivos del proyecto.....	5
1.2	Estructura de la memoria.....	5
2.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	¿Qué es el mantenimiento industrial?.....	6
2.1.1	Mantenimiento correctivo.....	6
2.1.2	Mantenimiento preventivo.....	7
2.1.3	Mantenimiento predictivo.....	7
2.2	Plan de mantenimiento.....	8
2.2.1	Etapa I. Clasificación e identificación de los equipos.....	8
2.2.2	Etapa II. Recogida de información.....	8
2.2.3	Etapa III. Selección de la política.....	9
2.2.4	Etapa IV. Programa de mantenimiento preventivo.....	9
2.2.5	Etapa V. Programa de mantenimiento correctivo.....	9
3.	CERÁMICA MARLO.....	10
3.1	Proceso de fabricación del ladrillo.....	10
3.1.1	Primera Etapa.....	11
3.1.2	Segunda etapa.....	18
3.1.3	Tercera etapa.....	19
4.	SITUACIÓN ACTUAL.....	22
4.1	Mantenimiento durante la producción.....	22
4.1.1	El problema durante la producción.....	23
4.2	Periodo de mantenimiento.....	28
4.2.1	Tipos de mantenimiento dentro de la empresa.....	29
4.2.2	Tiempo ocioso durante el mantenimiento.....	30
4.3	Almacenes.....	34
4.3.1	El problema de los almacenes.....	34
4.3.2	Tiempo ocioso a raíz del problema.....	35
4.4	Análisis del mantenimiento.....	35
5.	PLAN DE ACCIÓN EN CERÁMICA MARLO.....	37
5.1	Análisis de criticidad de la planta.....	37
5.1.1	Análisis inicial.....	37
5.1.2	Criterios de evaluación.....	39
5.2	Creación de Gamas.....	42
5.2.1	Gama 1. Bandejas del secadero.....	42
5.2.2	Gama 2. Humedad del secadero.....	45

5.2.3	Gama 3. Atasco de la flejadora .....	48
5.2.4	Gama 4. Puerta del horno .....	51
5.2.5	Tiempo estimado ahorrado con las gamas .....	53
5.3	Organización del equipo industrial .....	54
5.3.1	Gestión de los almacenes, las 5S .....	54
5.3.2	Equipamiento de los encargados .....	58
5.3.3	Gestión del stock .....	63
5.3.4	Conclusiones .....	66
6.	PROPUESTA DE TRABAJOS FUTUROS .....	68
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	69

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto es establecer un plan de mantenimiento preventivo, de tal forma que el mantenimiento correctivo se reduzca al menos un 50 %, a su vez, se reducirá el tiempo que el personal de mantenimiento emplea en la reparación de la mayoría de las máquinas, las cuales son de gran tamaño y de difícil acceso. Otro de los objetivos es la reestructuración de los tres almacenes de la empresa, que carecen de listado de stock e instrumentación adecuada.

## 1.2 Estructura de la memoria

Antes de comenzar con la memoria se ha redactado un breve resumen en castellano e inglés a cerca del proyecto.

Comenzaremos haciendo una breve introducción a la memoria fijando los principales objetivos del proyecto, así como sus derivados, y definiendo la estructura que seguirá este documento.

En el segundo apartado, "*Marco Teórico*", se aclararán la mayoría de los conceptos tratados a lo largo de toda la memoria, sobre todo enfocado al ámbito del mantenimiento industrial.

En el tercer apartado, "*Cerámica Marlo*", se comentará la trayectoria de la empresa, su metodología de trabajo, organización y distribución de la planta, explicando las distintas secciones y sus respectivas maquinas, ya que nos servirá para posteriores puntos.

En el apartado número cuatro, "*Situación actual*", analizaremos la situación actual de la empresa en cuanto a disposición de material en almacenes, áreas de mantenimiento, puntos clave durante la producción y estado actual de los equipos de cada sección.

El quinto punto presenta el plan de acción que se llevará a cabo para resolver los principales problemas que presenta la empresa en cuanto a organización industrial.

Por último, se expondrán una serie de conclusiones finales de las medidas implementadas durante el periodo de formación, así como una estimación de resultados a medio-largo plazo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ¿Qué es el mantenimiento industrial?

El mantenimiento industrial se puede definir como el conjunto de acciones orientadas a garantizar el correcto funcionamiento de instalaciones y maquinas, en este caso, del ámbito industrial, que involucran el proceso de producción industrial y de esta forma alcanzar su máximo rendimiento.

El objetivo del mantenimiento industrial no es otro que planear, programar y controlar todas las actividades dedicadas a garantizar el correcto funcionamiento de los equipos utilizados en los procesos de producción.

A continuación, se nombrarán las principales ventajas de llevar un mantenimiento apropiado en una empresa:

- Elaboración de productos de mejor calidad y menor coste.
- Entrega del producto en el tiempo acordado con el cliente.
- Reducción en accidentes provocados por el mal estado de los equipos o instalaciones.
- Disminución de costes provocados por paradas durante el proceso de producción.
- Detección de fallos producidos por el desgaste de piezas.
- Previene de daños irreparables o de alto coste en las maquinas.
- Facilita la elaboración de presupuestos acorde con las necesidades de la empresa.

Dentro del campo del mantenimiento se distinguen cuatro tipos de este, ya que no solo se centra en corregir fallos, sino en actuar antes de que estos ocurran.

#### 2.1.1 Mantenimiento correctivo

Es el tipo de mantenimiento que menor porcentaje debe tener una empresa, ya que es el conjunto de acciones que sustituyen y reparan elementos ya deteriorados por su repuesto una vez aparece el fallo. Generalmente estos fallos aparecen en sistemas de difícil detección como en componentes electrónicos o equipos antiguos, aunque en muchos casos, podemos encontrarnos con este tipo de problema cuando no se lleva un mantenimiento periódico de la máquina.

El gran problema de este tipo de mantenimiento es que el fallo puede aparecer de forma inesperada e interrumpir en la producción durante un tiempo indeterminado, provocando una pérdida económica por parada de producción y el recambio de la pieza una vez sufre daños irreparables, la cual puede desencadenar una serie de fallos que provoquen graves fallos en el conjunto de la máquina, por lo que la cantidad económica a desembolsar será aún mayor.

## 2.1.2 Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de actividades programadas de antemano, tales como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, etc., encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema. Es un tipo de mantenimiento que todas las empresas tienen, pero también posee algunas desventajas:

- No es necesario en todos los casos, cuando la unidad ya está desmontada, es necesario "aprovechar" la situación para sustituir pequeñas piezas en buen estado, cuyo coste es pequeño comparado con el correspondiente al desmontaje y montaje, para alargar la vida de la unidad. Se trata de una sustitución temprana o una modificación temprana.
- Problemas iniciales de funcionamiento: Durante el desmontaje, el montaje de las nuevas piezas, la instalación y las primeras pruebas de funcionamiento pueden producirse diferencias en la estabilidad, la seguridad o la suavidad de funcionamiento.
- Costes de inventario: los costes de inventario siguen siendo elevados, pero previsibles, lo que permite una mejor gestión.
- Mano de obra: se necesita una mano de obra intensiva y dedicada durante cortos periodos de tiempo para poner en marcha los equipos lo antes posible.
- Falta de mantenimiento: Si el mantenimiento planificado no se lleva a cabo por cualquier motivo, los tiempos de servicio cambian y el rendimiento se deteriora. Por lo tanto, la planificación del uso de este sistema consiste en:
  - Definir las partes o elementos que serán objeto de este mantenimiento.
  - Definir su vida útil.
  - Definir el trabajo a realizar en cada caso.
  - Agrupar el trabajo según el periodo en el que se va a realizar.

## 2.1.3 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es la supervisión y el diagnóstico continuos (vigilancia) de un sistema que permite tomar medidas correctivas inmediatas al detectar síntomas de fallo.

El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de las averías se producen lentamente y, en algunos casos, dan indicaciones claras de una futura avería, ya sea a ojo o mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del sistema analizado.

Estos parámetros pueden incluir la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, el ruido y la vibración, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, el contenido de impurezas y cenizas en los aceites aislantes, el espesor de la placa, el nivel de líquido, etc. En otras palabras, con este método intentamos seguir el desarrollo de futuros fallos. La ventaja de este sistema es que el seguimiento permite registrar el

historial del elemento analizado, lo que resulta muy útil en caso de averías repetitivas; la reparación puede programarse en algunos casos junto con la parada programada del equipo, y se reduce la intervención del personal de mantenimiento. En la sección 9 se analizan con más detalle las técnicas más comunes utilizadas en el mantenimiento predictivo (Anaya, T. J. 2008)

## 2.2 Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se elaborará atendiendo a la mejor combinación de las políticas enumeradas para cada máquina, instalación, herramienta, etc. El objetivo de este plan, no es otro que el de conseguir el uso óptimo de los recursos y del tiempo.

Debido a que dentro de una planta de producción influyen muchos factores en la selección de la política de mantenimiento se requiere un procedimiento sistemático para determinar el mejor programa para cada periodo de tiempo, sección y maquina o instalación. A continuación, se detallarán las etapas que conforman una política de mantenimiento adecuada para una planta de producción en líneas generales:

### 2.2.1 Etapa I. Clasificación e identificación de los equipos

Es la etapa que más volumen de trabajo conlleva, ya que consiste en analizar y clasificar cada uno de los equipos según su reemplazabilidad y función, asignando a su vez una codificación numérica de acuerdo con dichos atributos.

### 2.2.2 Etapa II. Recogida de información

Esta etapa consiste en recopilar toda la información que sea relevante para la planificación del mantenimiento de todos los equipos de la planta. Una vez obtenida la información podrá elaborarse un programa de acción para cada equipo y para cada periodo de tiempo que no conlleve pérdidas de producción.

Gran parte de esta información proviene de las recomendaciones de los fabricantes y de los *datasheets* de los componentes en las que, generalmente, aportan información acerca de:

- Recomendaciones de mantenimiento, como acciones periódicas, recambios, etc.
- Factores de equipamiento que pueden ser características de fallo, como tiempo medio o modo de fallo, y características de reparación, como tiempo medio de reparación o nivel de redundancia del equipo.
- Factores económicos, coste de sustitución, coste de material del equipo y coste de monitorización.
- Factores de seguridad, ambientales, legislación y reglamentos.



### 2.2.3 Etapa III. Selección de la política

Para hacer la selección de la política de mantenimiento hay que tener en cuenta los tipos de los que se conforma la planta, en base a estos, se adoptará la política más conveniente. Generalmente el criterio de selección está basado en el coste mínimo, cumpliendo siempre los criterios de seguridad y legales.

- Equipos de fácil sustitución: la política que mejor se adapta a este tipo de equipos es la de sustituciones a intervalo fijo. El problema será normalmente hacer la programación para el gran número de acciones a coordinar y ajustar los tiempos para cada parada.
- Equipos de difícil sustitución: será un mantenimiento basado en la condición de estado del equipo, analizando los factores principales del equipo, seguridad y orden de importancia.
- Equipos no sustituibles: se supone que dichos equipos no se espera que fallen, sin embargo, en caso de fallo anómalo, se debe hacer un registro y un análisis para identificar el problema y poder solventarlo en un futuro.

### 2.2.4 Etapa IV. Programa de mantenimiento preventivo

Una vez los análisis individuales estén terminados, entonces se tratará de encontrar las mejores oportunidades de coordinación entre los programas individuales óptimos, uso más económico de la mano de obra y la máxima disponibilidad de la planta.

De estos análisis resultan los programas de inspección, lubricación y revisiones generales.

### 2.2.5 Etapa V. Programa de mantenimiento correctivo

Para este programa de mantenimiento podemos contemplar dos escenarios, cuando la planta es nueva y cuando tiene varios años en los que no se han actualizado la mayoría de los equipos.

Cuando la planta es nueva y aunque se hayan llevado a cabo los análisis mencionados anteriormente, es difícil predecir la carga de mantenimiento predictivo. Sin embargo, esta predicción mejorará con el paso de los años y la experiencia en planta de los operarios de mantenimiento.

El punto crítico lo encontramos a la hora de fijar la cantidad de repuestos existentes en el almacén, lo cual se tratará en esta memoria más adelante. Cuantos más repuestos posea el almacén, menor será el coste por indisponibilidad en caso de fallo, pero, por otro lado, los costes de inmovilizado serán cada vez mayores (Monchy. F. 1990)

### 3. CERÁMICA MARLO

Con 52 años de experiencia, Cerámica Marlo S.A lleva una larga trayectoria en la producción del ladrillo. En sus inicios, únicamente se dedicaba al tabicado, pero gracias a la automatización de la planta, se ha ampliado el catálogo de forma considerable.

Ubicada en la Carretera Logroño – Vitoria, en el km 54 – Armiñón, exporta principalmente a toda La Rioja, Álava, Guipúzcoa y Navarra, además de realizar algún encargo al resto de España.



Imagen 3.1. Cerámica Marlo SA

Tras la crisis del Ladrillo se vieron obligados a reducir los tiempos de producción, por lo que su metodología de trabajo actual es alternar un mes de producción y seis de mantenimiento, realizar una puesta a punto y desarrollar una mejora continua dentro de la planta.

#### 3.1 Proceso de fabricación del ladrillo

El proceso de producción del ladrillo podemos dividirlo en tres etapas claramente distinguidas.

La primera etapa es aquella en la que conformamos la mezcla con la humedad adecuada para conseguir la forma deseada gracias a un molde. Esta etapa finaliza en el momento en el que la masa de ladrillo es cortada.

La siguiente etapa consiste en el secado y conformado del ladrillo, una vez cortado, se coloca en unas bandejas, que forman parte del secadero, una vez reducida la humedad en este, pasan por unas cintas transportadoras a la apiladora donde ésta coloca los ladrillos en forma de cubo para que entren al horno en unos vagones.

Por último, una vez finalizada la cocción en el horno, la última etapa corresponde a la parte de embalaje y almacenaje para la distribución al consumidor.

A continuación, se detallarán las etapas y la principal maquinaria que interviene en ellas, ya que luego será de gran utilidad para hablar del mantenimiento:

### 3.1.1 Primera Etapa

Cerámica Marlo trabaja con dos arcillas provenientes de distintas canteras, una en Santo Domingo de la calzada y otra en Pancorbo. El ladrillo tendrá una mezcla de un 30% de arcilla de Santo Domingo y un 70% de Pancorbo, además de otras materias primas de las que hablaremos a continuación.

El primer paso en el proceso de producción es la aportación de las arcillas a una tolva de molienda, en la que la arcilla es machacada por primera vez por un molino de martillos (imagen 3.1. y 3.2.) para eliminar arcilla apelmazada y quede más suelta. Una vez machacada la arcilla, vuelve a pasar por un molino (imagen 3.3. y 3.4.) que reduce aún más el tamaño del grano para, a continuación, pasar un proceso de cribado. El tamiz (imagen 3.5 y 3.6) es el encargado de filtrar esos pequeños granos y tiene dos salidas, una para la arcilla que posee el tamaño de grano deseado y otra que reconduce el material que es demasiado grande de nuevo al molino de martillos.



Imagen 3.1. Molino de la tolva



Imagen 3.2. Cinta de la tolva



Imagen 3.3. Molino de arcilla



Imagen 3.4. Interior del molino



Imagen 3.5. Tamiz

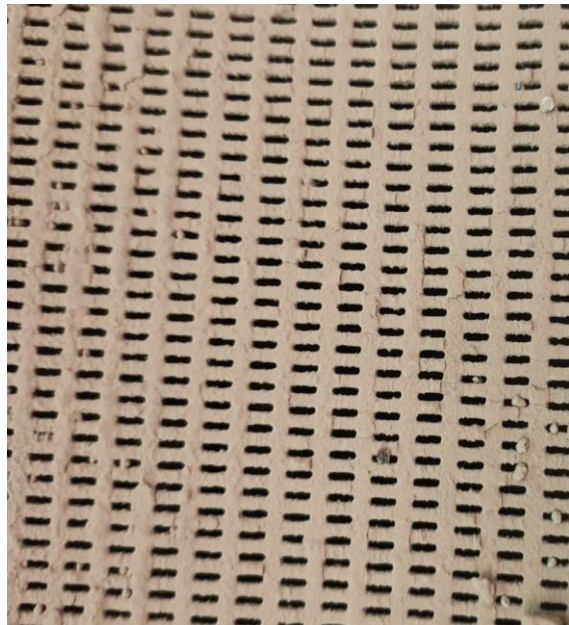


Imagen 3.6. Ampliación del tamiz

Una vez tenemos el tamaño del grano deseado, esta arcilla pasa a una primera amasadora (imagen 3.7), la cual, mezcla la arcilla y aporta agua. Cuando la arcilla recorre toda la amasadora,

esta se alacena en su respectiva tolva, ya que este proceso es el mismo para ambas arcillas, por lo que tenemos una tolva de arcilla lista para mezclar de Santo Domingo y de Pancorbo.



Imagen 3.7. Amasadora

Como se ha mencionado anteriormente, el ladrillo no sólo está compuesto por arcilla, también se añade serrín, pasta de papel y carbón, siguiendo el siguiente proceso:

Se realiza una primera mezcla de ambas arcillas y serrín y se deposita en una tolva común, de dicha tolva se va aportando la mezcla a una cinta en la cual ya tenemos pasta de papel y finalmente esta cinta precipita la mezcla a un molino de rulos (imagen 3.8). Este molino apelmaza la mezcla con un pequeño aporte de agua. El material bien compactado cae a una cinta transportadora por el propio suelo del molino, el cual posee 8 segmentos de circunferencia con tres caras ciegas y 5 con agujeros para que pase la mezcla (imagen 3.9).



Imagen 3.8. Molino de rulos



Imagen 3.9. Suelo del molino

Cuando sale la arcilla del molino ya mezclada, una cinta la lleva a un primer laminador (imagen 3.10) el cual aplasta más el material a la vez que se le añade el ultimo componente, el carbón. Con la mezcla ya finalizada se almacena en dos tolvas de gran tamaño (imagen 3.11) que sirven como pulmón para que la producción no dependa de la velocidad de las tierras.



Imagen 3.10. Primer laminador



Imagen 3.11. Tolvas de arcilla ya mezclada

Éstas suministran la arcilla ya completamente mezclada y con todos los materiales al último laminador (imagen 3.12), el cual se encarga de dejar la arcilla en forma de “galleta” y llegar a otra amasadora (imagen 3.13) y así dejar la arcilla troceada a la medida deseada. En la imagen 3.14 se puede apreciar el tamaño deseado de los fragmentos de arcilla compactada con una clara comparación.



Imagen 3.12. Segundo laminador



Imagen 3.13. Segunda amasadora

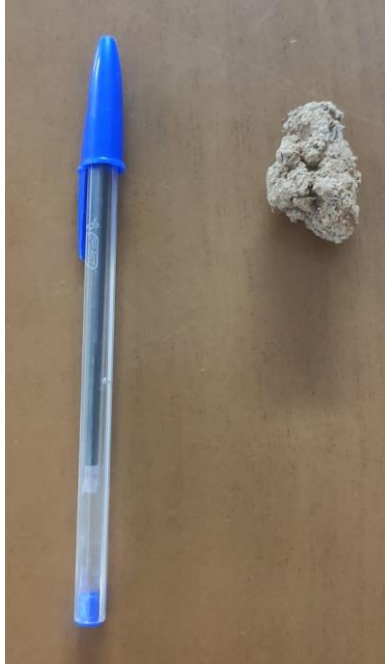


Imagen3.14. Comparación de tamaños entre un boli BIC y la arcilla saliente de la amasadora.

Una vez salga la arcilla de la amasadora es trasportada por unas cintas a la extrusora (imagen 3.15), una de las maquinas más importantes de la empresa.



Imagen 3.15. Extrusora

De ésta se introduce en una amasadora que se encuentra dentro de la extrusora (imagen 3.16), a la que se le coloca el molde (imagen 3.17) del ladrillo que se desea fabricar. Cuando la masa tiene la forma deseada llega a la cortadora (imagen 3.18), que corta a medida el ladrillo.



Finalmente se van colocando los ladrillos en las bandejas del secadero donde da comienzo la segunda etapa.



Imagen 3.16. Amasadora interna de la extrusora



Imagen 3.17. Molde del ladrillo



Imagen 3.18. Cortadora

### 3.1.2 Segunda etapa

La segunda etapa tiene que ver con todo el proceso de secado y cocción del ladrillo.

Una vez cortada la arcilla, los ladrillos pasan por una cinta transportadora que lleva a una bandeja perteneciente al ascensor del secadero, el cual es arrastrado por un brazo metálico a la posición del ascensor. Cuando el ascensor se llena, sube al secadero y comienza el proceso de pérdida de humedad del ladrillo. Este dura alrededor de 12h – 16h, dependiendo del ladrillo. Una vez las bandejas recorren todo el secadero, se retiran con una pinza automática, la cual deposita la bandeja en una cinta transportadora que conduce a la apiladora (imagen 3.19).



Imagen 3.19. Apiladora

A dicha máquina llegan los ladrillos ya con mayor solidez gracias al proceso de secado. En la imagen se pueden apreciar las pinzas que agrupan los ladrillos para colocarlos en tres bloques sobre el vagón. Este proceso se repite doce veces para formar doce filas de ladrillos, ya que es la altura máxima que permite el horno.

Finalmente, el vagón entra al horno para cocer los tres bloques con la siguiente disposición (Imagen 3.20).

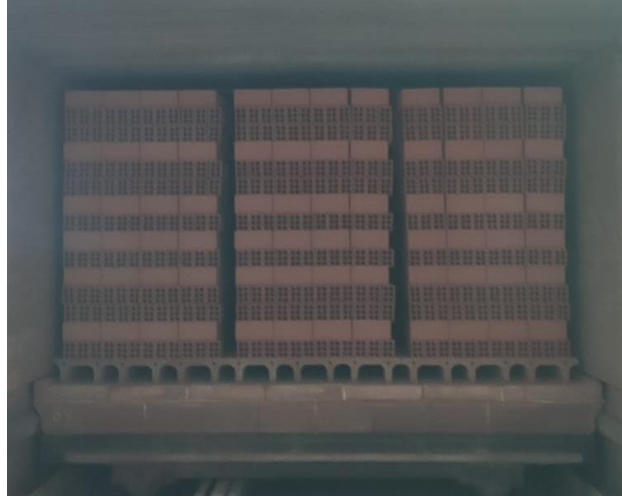


Imagen 3.20. Disposición del vagón cargado.

La parte final de esta etapa es en la que el producto adquiere sus propiedades finales, el horneado. El horno es el encargado de cocer el ladrillo a 820°C para que este consiga la dureza y solidez deseada. Éste es una de las partes clave a la hora de producir, ya que, además de la importancia que tiene para terminar el producto, en caso de avería, es muy complicada su intervención, principalmente por las altas temperaturas.

Para la correcta conformación del ladrillo es necesario que este pase entre 6 y 8 horas en el horno, dependerá de la variante del ladrillo, pero, además, el calor dentro de éste debe ser uniforme, para ello dispone de ocho realimentadores que absorben el aire más caliente de la parte superior del horno y lo recirculan a la zona inferior.

Por último, cuando los ladrillos se encuentran a la salida del horno, existen tres reductores de temperatura que crean una barrera de aire frío la cual impide que el calor salga del horno. Una vez el ladrillo sale del horno, el vagón que los traslada llega a la desapiladora, donde da comienzo la tercera etapa.

### 3.1.3 Tercera etapa

Una vez termina el proceso de cocción y la vagoneta llega al final del horno, se activa una alarma para avisar de que las puertas del horno van a abrirse. Una vez el vagón ha salido por completo, se dirige por unos carriles hasta la desapiladora (Imagen 3.21).



Imagen 3.21. Desapiladora.

Dicha máquina se encargaba de retirar los ladrillos gracias a dos pinzas, las cuales pueden apreciarse en la imagen, para dejar el producto ya terminado sobre un palé, los cuales iban saliendo a medida que la desapiladora descargaba ladrillos del vagón.



Imagen 3.22. Dispensador de pallets.

Una vez los ladrillos estaban sobre el palé, estos se plastificaban y se flejaban, de modo que el producto no corriese peligro de descompactarse durante su transporte. De esta forma la mercancía ya estaba terminada y lista para su venta.



Imagen 3.23. Plastificadora



Imagen 3.24. Flejadora

Finalmente, el producto listo para vender, se almacenaba en un pulmón, el cual tenía la capacidad de almacenar el producto fabricado durante dos turnos. El carretillero era el encargado de trasladar el ladrillo al patio, donde se organiza en función del tipo de ladrillo y su fecha de producción.



Imagen 3.25. Patio de la empresa

## 4. SITUACIÓN ACTUAL

El mantenimiento de Cerámica Marlo puede dividirse en dos temporalidades. Como se ha mencionado anteriormente, la de producción y la de parada por mantenimiento.

Durante la producción hay tres responsables, encargado cada uno de una tarea, uno de la supervisión general de la línea de producción (encargado de producción), otro que resuelve problemas mecánicos (mecánico encargado) y otro que se encarga de la informática y la programación (electrónico). En cada puesto que requiere supervisión hay un operario que se ocupa de asegurar el correcto funcionamiento de la máquina y de la calidad del producto. Los puestos que requieren al menos un operario de supervisión son la cortadora, la apiladora y la desapiladora.

En el periodo de mantenimiento, la distribución es similar, pero se trabaja más las resoluciones de los problemas en equipo. Actualmente existe un mantenimiento correctivo por encima del resto de los mantenimientos, lo cual requiere la presencia de un experto de cada rama.

### 4.1 Mantenimiento durante la producción

Debido al corto periodo de tiempo de producción, un mes concretamente, el mantenimiento que se lleva a cabo es sobre todo correctivo y paliativo. Durante la producción, intervienen cuatro encargados, de ocho a diez operarios y dos carretilleros. Se trata de una producción en serie, en la que se realiza un control por etapas, en las que deben completarse una serie de documentos:

- En la primera etapa, el documento a rellenar es el de las toneladas de arcilla que se aportan a la línea por cada turno. De esta forma se lleva un control semanal para la realización de pedidos y suministro de esta.
- En la segunda etapa, los documentos a completar son un registro de la apiladora para contabilizar el número de vagones completos a lo largo de un turno, y el segundo, el número de paradas a lo largo del mes de producción, apuntando el tiempo de parada, la causa, la solución aplicada y el nombre del operario que se encontraba en dicho puesto.
- Finalmente, en la última etapa, el carretillero anota los palés extraídos del pulmón.
- Por último, se añadió un nuevo documento que se encuentra en cada puesto que requiere operarios, donde se registra las herramientas del puesto correspondiente, tanto al comienzo como al final del turno. Esta medida se decidió adoptar debido al tiempo que se perdía en ir a buscar la herramienta al taller y así tener localizada la herramienta en caso de pérdida.

Durante la producción, el objetivo es realizar el mínimo número de paradas posibles, y en caso de que se produzcan, sean de un corto periodo de tiempo. Para ello se lleva a cabo un mantenimiento correctivo, el cual consiste en reparar de forma no definitiva el componente

estropeado y, en la posterior parada planificada reemplazarlo por una pieza nueva y repararlo de forma definitiva.

#### 4.1.1 El problema durante la producción

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo en una producción en serie es que no existan fallos localizados que provoquen la parada temporal de toda la línea de producción.

Tras un análisis de todos los documentos recogidos de los meses de mayo y octubre de 2021 donde se recogían el número de horas de paro de producción, además del motivo de la parada, se sacó en claro que existen dos problemas principales, el exceso de humedad dentro del secadero y el atasco de bandejas que entran en este.

Estos dos fallos suponen el 90% del tiempo de las paradas, por lo que serán los dos aspectos a mejorar de mayor prioridad. A continuación, se muestran las tablas que representa el tiempo de las paradas durante el mes de mayo (tabla 4.1) y el mes de octubre (tabla 4.2).

MAYO								
Motivo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
<b>Semana 1</b>	-	-	-	-	-	1	2	
Atasco de bandejas	-	-	-	-	-	0:00	0:00	0:00
Problemas de humedad	-	-	-	-	-	2:40	2:40	5:20
Atasco de la flejadora	-	-	-	-	-	0:00	0:00	0:00
Bloqueo de la puerta del horno	-	-	-	-	-	0:00	0:00	0:00
Total semana								<b>5:20</b>
<b>Semana 2</b>	3	4	5	6	7	8	9	
Atasco de bandejas	1:15	0:00	0:00	1:30	0:00	1:45	0:00	4:30
Problemas de humedad	2:30	2:40	2:40	2:40	2:50	2:40	2:20	18:20
Atasco de la flejadora	0:15	0:20	0:20	0:00	0:15	0:00	0:20	1:30
Bloqueo de la puerta del horno	0:00	0:20	0:00	0:50	0:00	0:30	0:00	1:40
Total semana								<b>26:00:00</b>
<b>Semana 3</b>	10	11	12	13	14	15	16	
Atasco de bandejas	0:40	0:45	0:00	0:00	0:30	0:00	0:00	1:55
Problemas de humedad	2:40	2:30	2:10	2:40	2:40	2:20	2:40	17:40
Atasco de la flejadora	0:20	0:30	0:15	0:15	0:15	0:00	0:00	1:35
Bloqueo de la puerta del horno	0:00	0:20	0:15	0:20	0:00	0:00	0:10	1:05
Total semana								<b>22:15</b>
<b>Semana 4</b>	17	18	19	20	21	22	23	
Atasco de bandejas	1:00	0:00	0:00	2:30	0:00	2:30	0:00	6:00
Problemas de humedad	2:40	2:30	2:00	2:40	2:40	2:20	2:40	17:30
Atasco de la flejadora	0:00	0:15	0:20	0:15	0:00	0:20	0:00	1:10
Bloqueo de la puerta del horno	0:00	0:20	0:00	0:20	0:00	0:00	0:10	0:50
Total semana								<b>25:30:00</b>
<b>Semana 5</b>	24	25	26	27	28	29	30	
Atasco de bandejas	0:00	0:00	1:00	0:30	0:00	0:00	0:45	2:15
Problemas de humedad	2:40	2:30	2:10	2:40	2:15	2:20	2:40	17:15
Atasco de la flejadora	0:20	0:00	0:15	0:30	0:00	0:20	0:15	1:40
Bloqueo de la puerta del horno	0:30	0:00	0:00	0:50	0:00	0:00	0:00	1:20
Total semana								<b>22:30</b>
<b>Total mes de Mayo</b>								<b>101:35:00</b>

Tabla 4.1. N° de horas paradas durante el mes de mayo



OCTUBRE								
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
<b>Semana 1</b>	-	-	-	-	1	2	3	
Atasco de bandejas	-	-	-	-	2:00	1:00	0:00	3:00
Problemas de humedad	-	-	-	-	2:15	2:20	2:40	7:15
Atasco de la flejadora	-	-	-	-	0:15	0:15	0:00	0:30
Bloqueo de la puerta del horno	-	-	-	-	0:00	0:00	0:00	0:00
Total semana								<b>10:45</b>
<b>Semana 2</b>	4	5	6	7	8	9	10	
Atasco de bandejas	0:00	0:00	1:00	0:30	0:00	0:00	0:45	2:15
Problemas de humedad	2:30	2:40	2:40	2:40	2:50	2:40	2:20	18:20
Atasco de la flejadora	0:30	0:00	0:15	0:15	0:00	0:20	0:00	1:20
Bloqueo de la puerta del horno	0:30	0:00	0:00	0:50	0:00	0:00	0:00	1:20
Total semana								<b>23:15</b>
<b>Semana 3</b>	11	12	13	14	15	16	17	
Atasco de bandejas	0:40	0:30	0:00	0:00	0:30	0:00	0:00	1:40
Problemas de humedad	2:40	2:30	2:10	2:40	2:15	2:20	2:40	17:15
Atasco de la flejadora	0:00	0:15	0:15	0:00	0:00	0:00	0:15	0:45
Bloqueo de la puerta del horno	0:00	0:20	0:15	0:20	0:00	0:00	0:10	1:05
Total semana								<b>20:45</b>
<b>Semana 4</b>	18	19	20	21	22	23	24	
Atasco de bandejas	1:00	0:40	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:40
Problemas de humedad	2:40	2:30	2:10	2:40	2:15	2:20	2:40	17:15
Atasco de la flejadora	0:15	0:00	0:20	0:20	0:00	0:00	0:15	1:10
Bloqueo de la puerta del horno	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:30	0:00	0:30
Total semana								<b>20:35</b>
<b>Semana 5</b>	25	26	27	28	29	30	31	
Atasco de bandejas	0:00	0:00	0:30	0:30	0:00	0:00	0:20	1:20
Problemas de humedad	2:30	2:20	2:10	2:40	2:50	2:40	2:20	17:30
Atasco de la flejadora	0:15	0:00	0:20	0:00	0:00	0:30	0:00	1:05
Bloqueo de la puerta del horno	0:30	0:00	0:00	0:50	0:00	0:00	0:00	1:20
Total semana								<b>21:15</b>
<b>Total mes de Mayo</b>								<b>96:35:00</b>

Tabla 4.2. N° de horas paradas durante el mes de octubre

Como se puede comprobar, el tiempo que se detiene la producción es demasiado elevado. De las 720 horas que debería producirse, un 13.4% (mes de octubre) la producción está parada.

A continuación, se hace un breve resumen de los dos principales problemas de la planta:

El problema de la humedad:

El secadero dispone de varios detectores de humedad a lo largo de todo su recorrido, en concreto, tiene 8 sensores de humedad repartidos de forma uniforme.

Dichos sensores tienen un cierto valor de consigna, el cual para el secadero cuando pasa un 21% de humedad, debido a que, en caso de sobrepasar este umbral, las propiedades físicas del ladrillo no son las deseadas.

En condiciones ideales, el secadero trabajaría a un 18% de humedad y así tener cierto margen. Partiendo de esta premisa el problema que se nos presenta es el siguiente.

La masa del ladrillo sale de la extrusora a alta temperatura y un porcentaje de humedad de entre el 24% de humedad para el ladrillo con menor volumen y un 33% para el ladrillo más grande. Esto provoca un aumento de humedad en el ambiente y por lo tanto en el secadero, sobretodo en la entrada de este.

El mayor problema radica en este punto, los dos primeros sensores. Se les junta la humedad ambiental con la de los propios ladrillos recién cortados por lo que la humedad poco a poco se va acumulando y provoca que salten las alarmas del secadero. Esto supone una parada de toda la cadena de producción durante 20 minutos cada 4 horas durante las horas de luz y cada 2 horas durante la noche.

A lo largo de una jornada completa de 24 horas se llegan a perder alrededor de 3 horas por dicho problema.

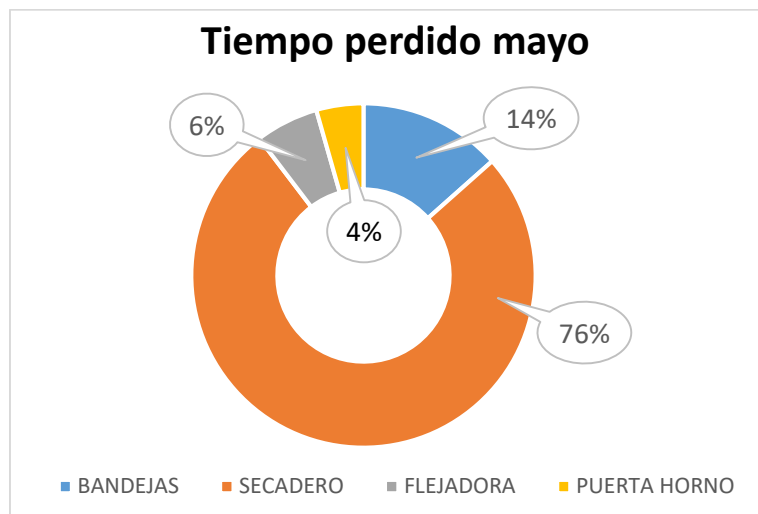
El problema de las bandejas del secadero:

El siguiente problema también lo encontramos en la entrada del secadero. En este caso se trata de un problema mecánico que surge con menos frecuencia, pero que su solución supone una hora de parada de la producción.

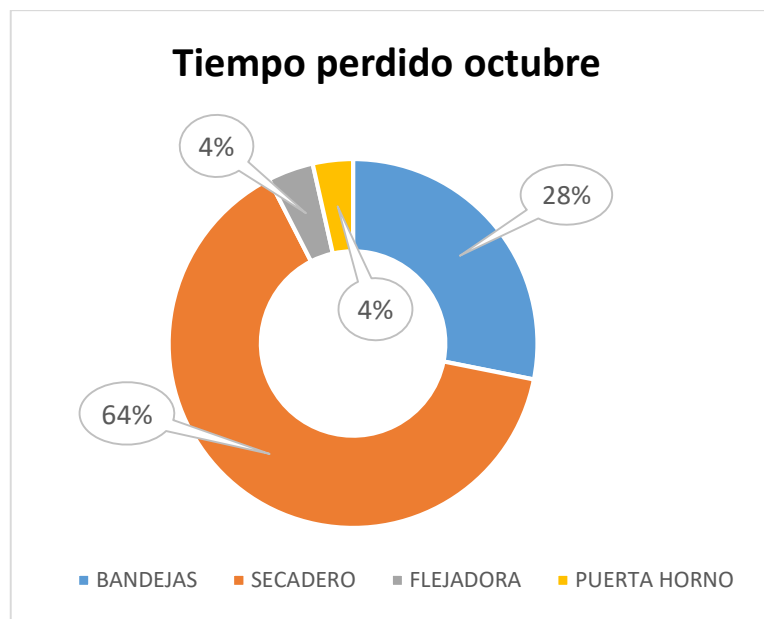
Cuando la bandeja se llena de ladrillos listos para entrar al secadero, esta debe desplazarse por unas guías que conducen a un elevador. El elevador, al ser una plataforma móvil, ha cogido cierta holgura lateral y cuando tiene mucho peso la plataforma se desplaza, lo cual provoca que cuando una bandeja se desplaza por la guía choque contra el propio elevador y esta se desencaje.

Esta avería supone alrededor de una hora de parada y curre de forma irregular. Por los últimos datos de los meses de mayo y octubre, durante la producción se han bloqueado 12 y 15 veces respectivamente.

A continuación, se puede ver con mayor claridad el porcentaje que representa cada una de las paradas durante los meses de producción.



Gráfica 4.1. Tiempo ocioso a raíz de los problemas del mes de mayo.



Gráfica 4.2. Tiempo ocioso a raíz de los problemas del mes de octubre.

## 4.2 Periodo de mantenimiento

El área de mantenimiento está formada por 4 personas, que son las encargadas en producción, cuyas funciones durante el periodo de mantenimiento son:

- Mecánicos encargados: además de gestionar la producción durante los turnos de trabajo y supervisar los puestos clave de la fábrica, en caso de que hubiese un problema, ellos acuden a solucionarlo para que la producción se detenga el menor tiempo posible.
- Ingeniero electrónico: Encargado de solucionar problemas de software o alarmas, así como el diseño y estudios de nuevas formas de agilizar el proceso de producción.
- Operario de apoyo: cada operario se encarga del controlar el entorno de las máquinas que necesitan algún tipo de atención constante, por ejemplo, la apiladora.

La siguiente tabla (tabla 4.3) representa las funciones, especialidad y horarios de cada persona:

PERSONAL	CARGO	ESPECIALIDAD	TURNOS
Encargado de Mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Mecánica y electrónica	Horario partido
Encargado Mecánico	Supervisor de mantenimiento	Mecánica	Mañana
Ingeniero Electrónico	Supervisor de mantenimiento mecánico	Electrónica y programación	Mañana
Operario De Apoyo	Operario de mantenimiento	General	Horario partido

Tabla 4.3. Plantilla de los meses de mantenimiento

Durante el mantenimiento se trabaja de forma conjunta entre todos los miembros de la planta, llevando a cabo un flujo de trabajo que permite a los encargados una clara organización de cara a los siguientes meses. En esta forma de proceder se marcan objetivos y tareas con fecha de finalización y a medida que estos se van cumpliendo o es necesario material, este es pedido a administración y compra.

En la siguiente imagen (gráfico 4.3), se puede ver de forma clara el procedimiento:

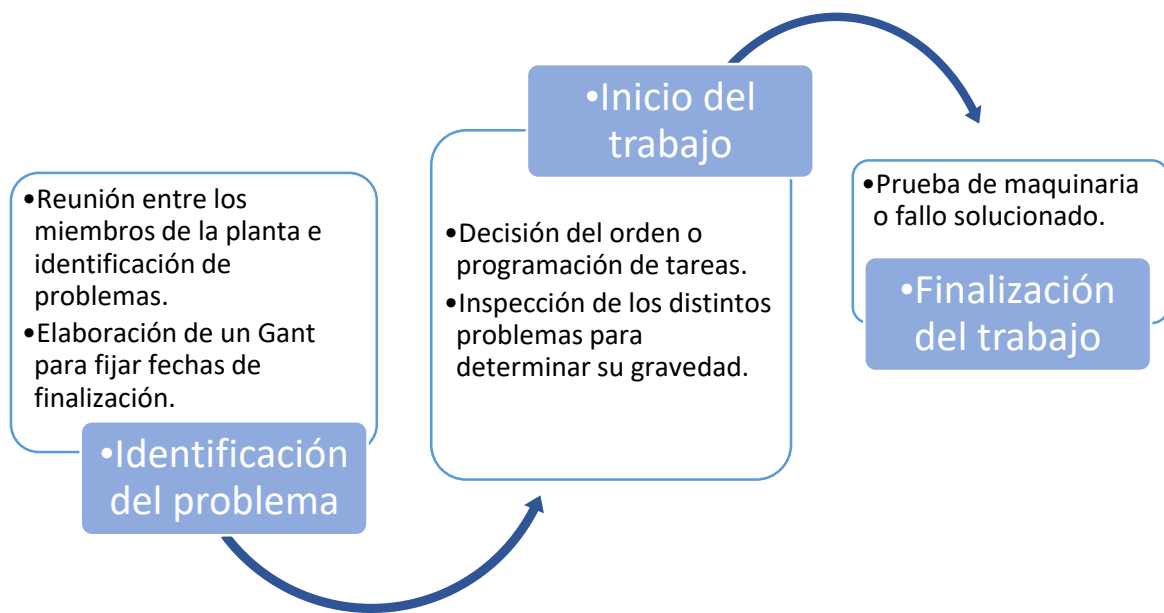


Gráfico 4.3. Diagrama de flujo de trabajo durante el mantenimiento

#### 4.2.1 Tipos de mantenimiento dentro de la empresa

El mantenimiento correctivo es el protagonista en la planta de producción, debido a que durante la producción se trabaja “al fallo” y dicho fallo se soluciona con un mantenimiento correctivo.

A través de los datos proporcionado por la empresa y las tareas llevadas a cabo durante mi estancia, he elaborado el siguiente diagrama (gráfico 4.4), el cual representa el porcentaje de cada tipo de mantenimiento en Cerámica Marlo durante el último año, del 1 de junio de 2020 hasta el 1 de octubre de 2021.

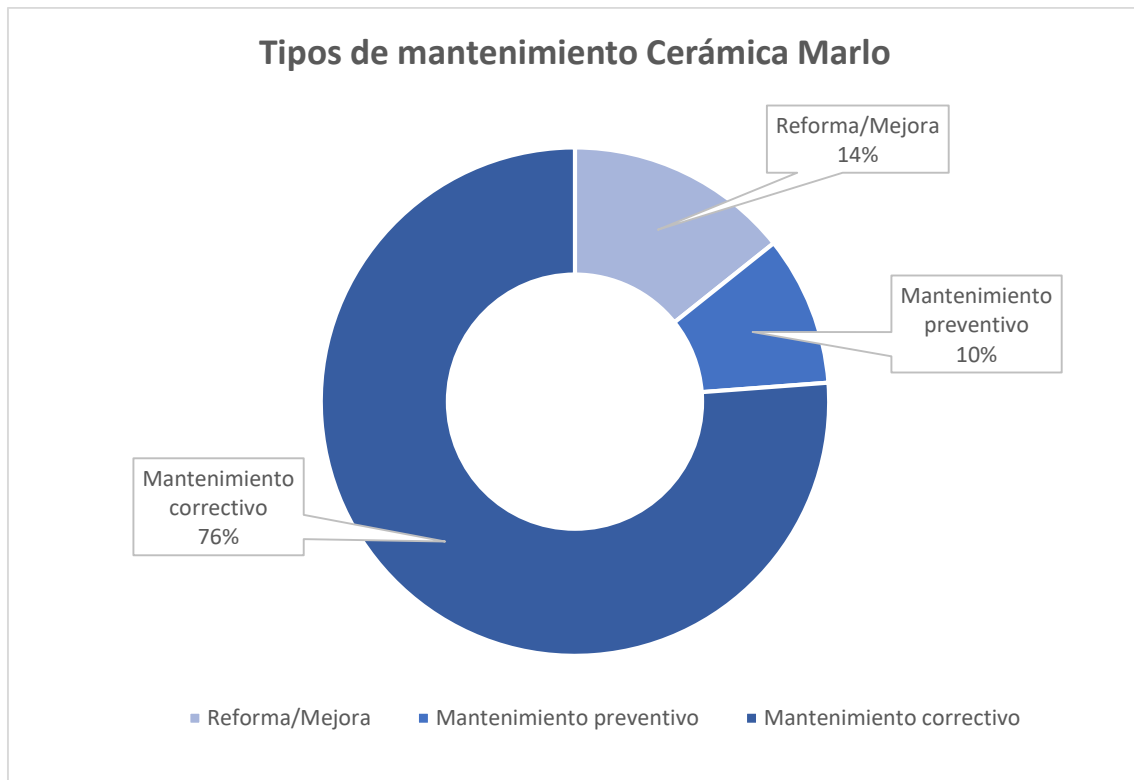


Gráfico 4.4. Mantenimiento en Cerámica Marlo

En el diagrama podemos ver como predomina el mantenimiento correctivo en la planta sobre el resto de actividades. El mantenimiento preventivo que se realiza es únicamente el recomendado por el fabricante de ciertas máquinas sin llevar un control exhaustivo.

Por otro lado, han surgido varios proyectos de mejora dentro de la empresa, los cuales han ayudado a optimizar la producción sobre todo en cuanto a paradas por mantenimiento se refiere.

#### 4.2.2 Tiempo ocioso durante el mantenimiento

Al comienzo del mantenimiento, en la empresa se hizo un listado de todas las tareas a realizar hasta octubre, fecha en la que empezaría la producción. Una vez comenzamos dichas tareas, observé que existían tiempos muertos debido a la mala gestión de ciertos factores.

Dichos factores son la falta de stock de mayor rotación, por ejemplo, tornillería y tuercas de ciertas métricas que se usaban habitualmente, filtros o válvulas de aire.

Otro factor era el retraso del material necesario para realizar la reparación o el mantenimiento, el cual no se pedía con antelación y dejaba tareas abiertas, lo cual trae consigo una gran pérdida de tiempo en el transporte de toda la herramienta.

Además del hecho de tener que trasportar la herramienta, esta estaba muy mal organizada, tanto dentro como fuera de los almacenes. Este punto se tratará en el siguiente apartado, el cual tiene que ver con la gestión y organización de los almacenes y la herramienta.

Detectados dichos fallos, realice una tabla donde anotar el tiempo ocioso de todos los factores mencionados anteriormente durante los meses de junio y julio.

<b>JUNIO</b>						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
<b>Semana 1</b>	31	1	2	3	4	
Falta de stock	0:00	1:20	0:00	0:00	1:00	2:20
Tareas abiertas	0:00	0:30	0:00	0:00	0:00	2:20
Búsqueda de herramienta	0:10	0:10	0:15	0:30	0:10	4:40
<b>Total Semanal</b>						<b>9:20</b>
<b>Semana 2</b>	7	8	9	10	11	
Falta de stock	0:00	0:00	0:45	0:30	0:00	1:15
Tareas abiertas	0:45	0:00	0:00	0:20	0:00	1:05
Organización de herramienta	0:20	0:30	0:10	0:15	0:00	1:15
<b>Total Semanal</b>						<b>3:35</b>
<b>Semana 3</b>	14	15	16	17	18	
Falta de stock	1:00	0:30	0:00	0:00	0:00	1:30
Tareas abiertas	0:00	0:30	0:00	0:00	0:00	0:30
Organización de herramienta	0:10	0:20	0:00	0:15	0:40	1:25
<b>Total Semanal</b>						<b>3:25</b>
<b>Semana 4</b>	21	22	23	24	25	
Falta de stock	0:00	0:00	0:00	1:30	0:00	1:30
Tareas abiertas	1:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:00
Organización de herramienta	0:10	0:50	0:10	0:020	0:10	1:20
<b>Total Semanal</b>						<b>3:50</b>
<b>Semana 5</b>	28	29	30	1	2	
Falta de stock	1:10	0:00	0:00	0:40	0:00	1:50
Tareas abiertas	0:00	0:30	0:00	0:00	0:00	0:30
Organización de herramienta	0:00	0:30	1:00	0:40	0:00	2:10
<b>Total Semanal</b>						<b>4:30</b>
<b>Total mes de junio</b>						<b>24:40</b>

<b>JULIO</b>						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
<b>Semana 1</b>	5	6	7	8	9	Total
Falta de stock	0:00	0:00	2:15	0:00	0:00	2:15
Tareas abiertas	0:00	0:30	0:00	0:00	0:00	0:30
Organización de herramienta	1:10	0:30	0:20	0:00	0:40	2:40
Total Semanal						<b>5:25</b>
<b>Semana 2</b>	12	13	14	15	16	
Falta de stock	1:00	0:40	0:00	0:00	0:00	1:40
Tareas abiertas	0:45	0:00	0:00	0:20	0:00	1:05
Organización de herramienta	0:30	0:30	0:10	0:20	0:10	1:40
Total Semanal						<b>4:25</b>
<b>Semana 3</b>	19	20	21	22	23	
Falta de stock	0:40	0:00	0:00	0:00	0:00	0:40
Tareas abiertas	0:00	0:00	0:00	0:40	0:00	0:40
Organización de herramienta	0:40	0:30	0:20	0:50	0:10	2:30
Total Semanal						<b>3:50</b>
<b>Semana 4</b>	26	27	28	29	30	
Falta de stock	1:20	0:00	0:00	0:00	0:30	1:50
Tareas abiertas	0:00	0:00	0:00	0:20	0:00	0:20
Organización de herramienta	1:10	0:30	0:10	1:20	0:10	3:20
Total Semanal						<b>5:30</b>
<b>Total mes de julio</b>						<b>19:10</b>

<b>Total en 2 meses</b>	<b>43:50:00</b>
-------------------------	-----------------

Tabla 4.4. Tiempo ocioso durante junio y julio

Como podemos comprobar el tiempo que se pierde es demasiado, durante dos meses de mantenimiento se pierden cinco días y cuatro horas.

A continuación, se muestra un gráfico en el que se representan los porcentajes de tiempo ocioso de cada uno de los factores.



## Tiempo ocioso junio

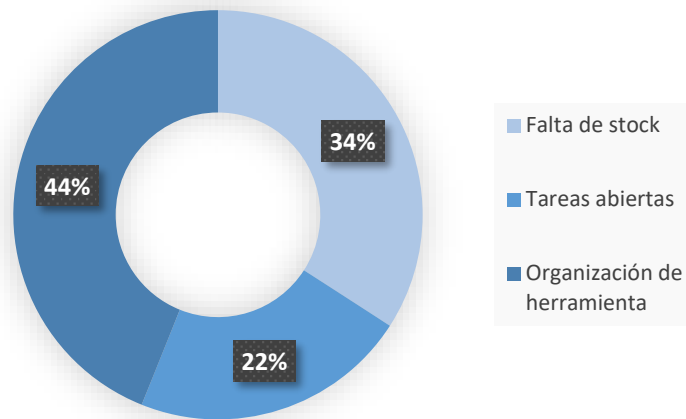


Gráfico 4.5. Tiempo ocioso junio

## Tiempo ocioso julio

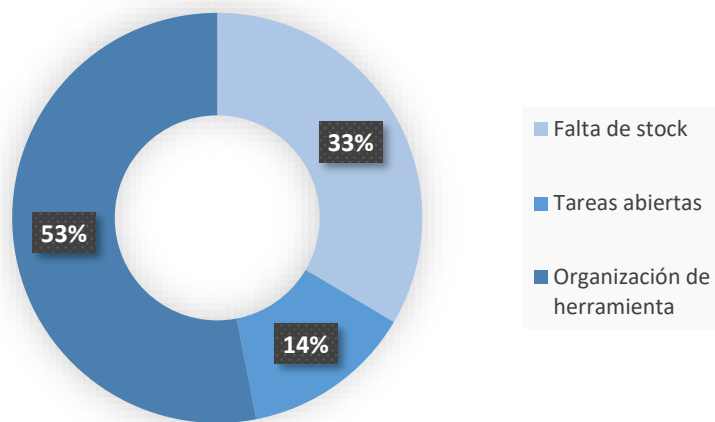


Gráfico 4.5. Tiempo ocioso junio

## 4.3 Almacenes

Actualmente existen tres almacenes de repuestos y herramientas y otro para el de ladrillos.

En esta memoria nos centraremos sobre todo en los tres almacenes de repuestos, ya que el de ladrillos, simplemente es un patio en el que se distribuyen las distintas variedades del producto.

- Almacén eléctrico y electrónico

En este almacén se encuentran los componentes electrónicos y eléctricos de toda la planta de producción, desde fusibles de distintas intensidades, hasta PLCs. Además, también se encuentran los distintos cables con diferentes secciones principalmente del ámbito eléctrico.

- Almacén mecánico

Elementos mecánicos de todas las maquinas principales y otros accesorios de estas se almacenan aquí. Correas de motores, cilindros hidráulicos, cadenas, ejes, rodamientos, ruedas dentadas, etc.

El almacén mecánico está dividido en dos secciones principales, en la sección mas amplia encontramos todos los elementos mecánicos y recambios para los distintos vehículos y en el de menor tamaño se guardan todos los elementos hidráulicos.

- Almacén de herramienta

Al tener una gran variedad de maquinaria, son necesarias una gran cantidad de herramientas de diferentes métricas, ya sea para llaves, brocas, etc. En este almacén se guardan todas las herramientas sofisticadas y eléctricas como taladros eléctricos de diferentes tamaños, radiales de diferentes diámetros y todo tipo de herramientas mecánicas.

### 4.3.1 El problema de los almacenes

Actualmente existe un gran problema con el orden de los tres almacenes.

El principal problema es la mezcla y desorganización entre los tres almacenes, los distintos elementos están distribuidos entre dichos almacenes, llegando a encontrar en el mismo estante elementos mecánicos, eléctricos y herramientas. Además, el tiempo que se emplea en la búsqueda de herramientas o de traslados para realizar compras de stock es muy elevado.

Por otra parte, cada almacén tiene sus propios defectos, los cuales se listan a continuación:

- Almacén eléctrico y electrónico:
  - Entra demasiado polvo y suciedad al almacén. Esto supone un gran problema para los equipos electrónicos como por ejemplo las tarjetas de los PLCs.
  - Los cables no están especificados, no aparecen sección ni número de hilos.

- Muchos de los relés y contactores del almacén ya han sido usados y hay varios que no funcionan, lo cual es un gran problema a la hora de sustituir uno defectuoso en producción.
- La caja de fusibles está dividida por intensidades, pero todos los fusibles están mezclados.
- Almacén mecánico:
  - Es el almacén que más desordenado está, muchos de los elementos mecánicos e hidráulicos están mezclados.
  - No existen repuestos de los vehículos de la empresa. Es decir, filtros, aceite y elementos clave de las maquinas elevadoras y excavadoras.
  - Las medidas de las correas de distribución de los motores están mezcladas.
  - Algunos cilindros y finales de carrera neumáticos son defectuosos.
- Almacén de herramientas:
  - La mayoría de los juegos de herramientas están incompletos.
  - Muchas de las herramientas están repartidas por la planta, ya que, al finalizar las tareas, no se devuelven a su respectivo lugar.
  - No hay existencias de repuestos de partes sustituibles de algunas herramientas, por ejemplo, discos de radial o electrodos cuando se necesitan.
  - No existe una clasificación de herramientas.
  - Se pierde una gran cantidad de tiempo en la búsqueda de la mayoría de herramientas.

### 4.3.2 Tiempo ocioso a raíz del problema

Como resultado de la desorganización de la planta, existe una gran cantidad de tiempo ocioso empleado en la búsqueda de herramienta. En la tabla 4.4 se puede apreciar que, durante los dos meses estudiados de mantenimiento, la pérdida total por el desorden de los almacenes y de la herramienta es de 29 horas, lo cual representa un 8,6% del total de horas trabajadas en los dos meses.

## 4.4 Análisis del mantenimiento

Para elaborar el diagnóstico del área de mantenimiento, se analizó cada uno de los factores que intervienen en cada área de producción, así como los de los almacenes y el taller de mantenimiento, todo ello junto a los encargados mecánico y electrónico.

Gracias a la observación y recopilación de datos durante dos meses de mantenimiento, se identificaron los siguientes aspectos críticos.

- Mantenimiento aplicado y control de actividades
  - A la hora de realizar tareas de mantenimiento correctivo, en reiteradas ocasiones dichas tareas han tenido que ser paradas debido a la falta de material. Dicho material son tornillería, tuercas, arandelas, etcétera.  
Esto supone un gran problema de pérdidas de tiempo y dinero en viajes a comprar stock al proveedor más cercano.
  - El problema anterior da pie a dejar tareas abiertas, lo que lleva a una gran pérdida de tiempo y calidad de trabajo del encargado mecánico, ya que es necesario trasladar toda la herramienta a la siguiente tarea prioritaria.
  - Otro aspecto que provoca tiempo ocioso es la desorganización de la herramienta. No existe un emplazamiento concreto para cada herramienta ni un protocolo para devolverla a su almacén correspondiente.
  
- Documentación y sistema de información
  - No queda constancia en ningún momento de la retirada de material del almacén, tanto de stock como de herramientas.
  - No se sabe con certeza los materiales que se encuentran en buen estado o si son válidos para una reparación.

Gracias a este análisis se puede planificar las acciones que se llevarán a cabo y los cambios que van a realizarse durante las siguientes producciones y los periodos de mantenimiento, de los cuales hablaremos a continuación.

## 5. PLAN DE ACCIÓN EN CERÁMICA MARLO

### 5.1 Análisis de criticidad de la planta

En Cerámica Marlo no existe ningún procedimiento orientado al estudio de las tareas que se ejecutan en la planta, todo se basa en la experiencia del personal y los datos no son objetivos, ya que cada persona tiene su propio criterio.

Por este motivo, esta acción supone una oportunidad de mejora de la gestión y control de la empresa, sobre todo en cuanto a metodología de trabajo se refiere.

#### 5.1.1 Análisis inicial

Para comenzar el análisis, se realizó una inspección general de la planta junto a dos encargados de mantenimiento y de producción. Durante el recorrido a lo largo de toda la línea de producción, se sacó en claro que la gran mayoría de los equipos cumplen una función fundamental en la planta, teniendo la capacidad de parar la producción.

Para realizar el criterio de criticidad, se tomó una visión holística de la planta, representando por colores el nivel de criticidad de la planta. El periodo estudiado se ha centrado en la actualidad, tomando como fecha de inicio la última producción, el 1 de mayo de 2021, ya que, en fechas anteriores, la planta apenas tuvo carga de trabajo por diversos factores, el principal, la Covid-19.

	Importante en el proceso de producción, pero puede ser pospuesto para un futuro cercano. No conlleva una parada en la producción.
	Posibilidad de ser crítico. Puede provocar una parada durante la producción. Puede solucionarse de forma paliativa sin que la parada sea muy larga.
	Crítica para el proceso. Para la producción de forma prolongada y los coste de operación son elevados.

Tabla 5.1. Indicadores de color del análisis de criticidad.

Una vez establecido el criterio de los colores y analizada toda la línea de producción, se elaboró una lista que engloba los componentes más representativos de cada máquina y de cada etapa en la producción, añadiendo así, el color de criticidad a cada equipo:

Etapa	Área	Maquina	Elementos
Primera	Tierras	Tolva de Molienda	Molino de martillos
			Criba
		Tamiz	Lonas del tamiz
		Amasadora	Dientes amasadores
		Tolva de arcilla	Martillos
		Tolva de Serrín	-
		Tolva de Pasta de Papel	-
	Conformado	Molino de rulos	Rulos
			Cuchillas
			Suelo
		Laminador	Martillos
		Extrusora	Martillos de la amasadora
			Hélices
		Cortadora	Molde
Filos de corte			
Segunda	Secado	Secadero	Bandejas
			Sistema de ventilación
			Control de humedad
	Apilado	Apiladora	Cadena trasportadora
			Freno de apilado
			Pinzas
	Cocción	Horno	Compuerta de entrada
			Realimentadores de calor
			Quemadores
			Sistema de ventilación
Compuerta de salida			
Tercera	Desapilado	Desapiladora	Pinzas
			Sistema de giro
	Plastificadora	Plastificadora	Porta rollos de plástico
			Anillo plastificador
	Flejadora	Flejadora	Porta rollos de flejes
			Sistema de plastificación

Tabla 5.2. Valoración de las máquinas de la línea de producción en base a su criticidad

Como se puede observar, hay muchos equipos catalogados con críticos para la planta en base a la experiencia de ambos encargados. Por lo tanto, resulta inviable implementar un plan de acción sobre cada uno de ellos, por lo que se decidió establecer un criterio de evaluación, el cual permite focalizar en los más determinantes para la planta.

### 5.1.2 Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación están basados en los estudios de criticidad, los cuales deben modificarse según los procesos ejecutados, es decir, adaptarlos a la realidad de la planta. En este caso los criterios seccionados fueron frecuencia, consecuencia y carga de trabajo.

- Frecuencia: es un factor que representa el número de fallos, accidentes o incidencias en un cierto periodo de tiempo. En este caso, se representa a través de rangos de MTBF (*Mean Time Between Failures* / tiempo promedio entre fallos), para obtenerlo simplemente se divide el tiempo que conlleva una intervención entre el número de fallos, cuyo valor es obtenido a través de los datos obtenidos en la planta.
- Consecuencias: es un estándar que representa el impacto del fallo en el proceso de producción, personas, medio ambiente u otros factores que se consideran muy importantes para la empresa. El resultado es la clave para la investigación de mantenimiento, ya que se evalúa el daño real que genera una anomalía que puede ser reversible o irreversible.
- Carga de trabajo: es un criterio que indica las cualidades del personal que va a intervenir en la operación y del tiempo que durará esta.

<b>Nivel</b>	<b>Consecuencia</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Carga de trabajo</b>
1	No provoca un gran impacto en la producción, únicamente incrementa los costes de operación	MTBF >1000	Reducida, no requiere de conocimientos del sector
2	Genera situaciones de riesgo. Reduce la capacidad de producción de la planta. Existe un plan de acción en caso de falla imprevista	400 < MTBF < 1000	Reducida, conocimientos requeridos o bien, mínimo dos operarios requeridos
3	Aumenta la probabilidad de accidentes. Produce paradas en la producción. Reparación de equipo de complejidad y tiempo bajo (MTTR 0-180 minutos). Se puede reparar con personal de planta	200 < MTBF < 400	Son necesarios los conocimientos adecuados para realizar este tipo de acciones. Supone un trabajo superior a una hora
4	Elevada capacidad de causar accidentes. Daños en el medio ambiente. Paradas de complejidad y tiempo medio (MTTR 180 - 360 minutos). Reducción en la calidad de producto final.	75 < MTBF < 200	Conocimientos avanzados sobre el problema. Siempre más de un operario cualificado. Supone tiempos de trabajo superiores a 4 horas.
5	Puede causar accidentes graves. Contaminación irreversible. Daños graves en las instalaciones y paradas en la producción de complejidad, costo y tiempo altos (MTTR > 360 minutos). Repuestos específicos y con tiempos de llegada altos.	MTBF < 75	Conocimientos avanzados sobre el problema. Siempre más de un operario cualificado. Supone tiempos de trabajo superiores a 1 día.



Teniendo en cuenta el breve periodo de tiempo en la empresa y basándome en el análisis de criticidad, me enfoque en una serie de tareas clave para exponerlas en este trabajo, aunque durante el periodo de prácticas se solucionaron alguna más de las que podemos ver en la tabla 5.2.

A continuación, podemos ver un diagrama de Gantt en el que están representadas todas las tareas llevadas a cabo durante mi estancia en la empresa a partir de junio, ya que durante la producción no me encontraba aún en periodo de prácticas.

Cronograma del periodo de prácticas																				
Actividades	Meses																			
	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre			
	Semana																			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Producción	■	■	■	■																
Estudio de datos de las producciones anteriores					■															
Adquisición de datos durante el mantenimiento preventivo					■	■	■	■	■	■	■	■								
Análisis de criticidad de la planta													■							
Mantenimiento preventivo Etapa 1					■	■	■	■	■											
Mantenimiento preventivo Etapa 2											■	■	■	■	■	■				
Mantenimiento preventivo Etapa 3																	■	■		
Primera S de los almacenes															■	■				
Segunda S de los almacenes																	■	■		
Mantenimiento de los vehículos de empresa																		■	■	■
Estudio del materia de los almacenes													■	■	■					
Reponer almacenes																	■	■	■	

Diagrama 5.1. Diagrama de Gantt de las tareas realizadas

En los siguientes apartados se detallarán algunas de las soluciones aplicadas o por aplicar en la planta de Cerámica Marlo.

Se explicarán las medidas más representativas, más tiempo consumían y basándonos principalmente en el análisis de criticidad.

## 5.2 Creación de Gamas

Para solventar el problema de las paradas durante la producción se crearán Gamas para los cuatro problemas principales. Estas nos permitirán realizar una supervisión diaria para prevenir futuras paradas de la línea de producción a lo largo de la semana.

Una gama de mantenimiento preventivo es un documento donde se describen los protocolos que debe seguir el personal de producción. Estos protocolos son fundamentales para el mantenimiento de los equipos y de la planta en general.

En mi caso, la gama reflejará la frecuencia con la que se debe realizar la tarea, la especialidad y el área donde debe realizarse la medida a tomar. Además, se determinará cuándo y quien realizará cada una de las gamas que componen el plan de mantenimiento preventivo.

Al ser gamas diarias contienen tareas de mantenimiento sencillas, mayormente visuales, ajustes, limpieza o engrases.

Como he mencionado anteriormente, el objetivo de esta memoria es reducir el tiempo de las paradas diarias. Se ha observado que los fallos tardan más en producirse cuando se hace un mantenimiento correctivo, una media de dos días, a excepción el problema de la humedad en el secadero, por lo que aprovecharemos las paradas que este provoca para realizar las gamas.

En los siguientes apartados veremos los documentos de las gamas y una breve justificación de cada uno de ellos.

### 5.2.1 Gama 1. Bandejas del secadero

El problema que se presenta en las bandejas tiene que ver con la guía de las mismas. Al soportar el peso de los ladrillos, ésta va desviándose poco a poco y, además, tiene un segundo inconveniente, la suciedad.

La acumulación de polvo es un gran problema en la empresa, tanto en los dispositivos electrónicos como mecánicos. Debido a este polvo y a la condensación en la entrada del secadero, además de la grasa que se aplica en la guía de las bandejas, se originan formaciones de masa de arcilla que pueden desencadenar problemas.

Para solucionar el problema de las paradas por el atasco de las bandejas, se realizarán revisiones periódicas en cada turno. Estas revisiones tendrán el siguiente procedimiento:

- El operario del puesto de control del secadero será el encargado de la revisión de las guías de las bandejas, dicha revisión se realizará durante la parada debido a la parada por problemas de humedad.
- Primero se realizará una limpieza de la guía para evitar acumulación de arcilla.

- A continuación, se calibrará la guía. En caso de estar desviada se ajustará a su posición con una llave del 17.
- Por último, se engrasará dicha guía.

El siguiente documento es la hoja de ruta que el operario deberá seguir para realizar dicha revisión:

## PROTOCOLO DE SUPERVISIÓN: BANDEJAS DEL SECADERO

- **Encargado:** operario puesto de control de la entrada al secadero.
  
- **Frecuencia:** una vez por turno durante la parada del secadero.
  
- **Herramienta:** llave de 17 mm, trapo de limpieza y grasa para guías.
  
- **Protocolo:**
  - **1º.** Limpieza de la guía. Esta puede realizarse con el trapo que se encuentra en su puesto o bien, puede utilizarse la toma de aire comprimido que se encuentra señalizada en el pasillo lateral del secadero.
  - **2º.** Comprobación del ajuste de la guía. Para saber si la guía está en su correcta posición, ambas muescas de esta deben coincidir. En caso contrario se deberá ajustar con una llave de 17mm.
  - **3º.** Engrase. En caso de que el sistema no esté lo suficientemente engrasado debido a la previa limpieza, volver a engrasar con la grasa que se encuentra en el puesto de control.

Se ha comprobado que, tras las intervenciones correctivas, la guía no suele atascarse hasta transcurridos 3 días, por lo que he realizado una estimación de las horas que podrían ahorrarse a lo largo de una campaña entera. He tomado los datos del mes de mayo.

Atasco de las bandejas								
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total	
						0:00	0:00	0:00
1:15	0:00	0:00	1:30	0:00	1:45	0:00	4:30	
0:40	0:45	0:00	0:00	0:30	0:00	0:00	1:55	
1:00	0:00	0:00	2:30	0:00	2:30	0:00	6:00	
0:00	0:00	1:00	0:30	0:00	0:00	0:45	2:15	
<b>Tiempo total mayo</b>								<b>14:40</b>
<b>Tiempo total ahorrado</b>								<b>6:40</b>

Tabla 5.3. Tiempo ahorrado en el atasco de bandejas del secadero

En color verde están las horas que van a ser eliminadas gracias a la revisión, la estimación se ha calculado que una parada se pueda llegar a producir cada cuatro días, existiendo eso sí, excepciones. De esta forma hemos reducido un 45.45% la parada de la línea de producción.

Por lo que en la siguiente producción se esperan unas paradas de aproximadamente 6 horas debido a este problema.

## 5.2.2 Gama 2. Humedad del secadero

Como se ha explicado en el apartado 4.1.1, el problema de la humedad reside en un valor de consigna superior al 21%.

Para solucionar este problema se van a llevar a cabo 3 acciones, una correctiva y dos de revisión.

Acción de mejora:

Gracias a los datos de los cuatro sensores de humedad situados a lo largo del secadero, sabemos que donde más humedad encontramos es en la entrada del secadero. Dependiendo del tipo de ladrillo oscilaba entre un 1% y un 5%, por lo que ha tomado la siguiente decisión:

Se reprogramará el sensor 1 a un valor de consigna del 22% de humedad para que, de esta forma, los ladrillos de menor volumen, que suponen un tercio de la producción no provocarán la parada del secadero.

Gama del secadero:

Consiste en la comprobación de las compuertas laterales de ventilación del secadero. Estas compuertas sirven para rebajar la temperatura del secadero cuando se sobrecalienta, el

problema reside en que estas dejan pasar algo de humedad del ambiente, principalmente las que dan a la cara norte de la fábrica, ya que dicha pared del secadero está a un metro del muro en contacto con el exterior.

El sistema se compone de dos compuertas, la interna, que bajo ningún concepto puede abrirse y la externa, que es la manipulable. Para abrir o cerrar la compuerta externa es necesario una llave inglesa de 17 mm y guantes protectores de calor, ya que dicha compuerta se encuentra a 70°C – 80°C.

Para que el operario sepa cuando debe cerrar las compuertas se ha creado una alarma en el panel de control del secadero, la cual salta cuando el primer sensor llega al 20% de humedad.

El siguiente documento es la hoja de ruta que el operario deberá seguir para realizar dicha revisión:

## PROTOCOLO DE SUPERVISIÓN: SECADERO

- **Encargado:** operario puesto de control de la entrada al secadero.
- **Frecuencia:** cuando la alarma del panel de control lo indique
- **Herramienta:** llave de 17 mm, guantes térmicos.
- **Protocolo:**
  - **1º.** En caso de que la a alarma de humedad se ilumine (color naranja), coger la herramienta necesaria para la tarea, ésta se encuentra en el propio armario del panel de control del secadero.
  - **2º.** Una vez en las compuertas, cerrar cada una de ellas con la equipación adecuada.
  - **3º.** Colocar las dos tuercas de 17 mm con la llave inglesa.

NOTA: en caso de no encontrar las tuercas, avisar al encargado.

Gracias a las medidas tomadas se estima que se ahorrará un alto porcentaje de las paradas:

Humedad del Secadero		
Medida	Tiempo ahorrado	Tiempo (h)
Variación del sensor al 22%	1/3 de la producción	25:21:40
Compuertas	15% de los 2/3 restantes	7:28
<b>Total</b>		<b>32:50:00</b>

Tabla 5.4. Tiempo ahorrado humedad del secadero

### 5.2.3 Gama 3. Atasco de la flejadora

El problema que ocasionaba la flejadora suponía una parada de 5 horas 55 minutos durante el mes de mayo. El error surgía cuando el fleje se doblaba y entraba doblado a la máquina que los ajustaba, ya que estos se fracturaban a causa del doblez. Esta se podía producir por dos motivos, el primero es que este venga por defecto, y el segundo era por el consumo de la bobina, ya que ésta a medida que se va gastando pierde tensión y se dobla.

Este problema suponía una parada de entre 15 y 30 minutos dependiendo de lo gastado que estuviese la bobina, ya que cuanto más nuevo era, más metros de fleje había que tensar.

Como solución se ha planteado una sencilla revisión visual cada 4 horas. Dicha revisión se realizará durante las paradas del secadero. Consiste en la comprobación de que no exista ninguna doblez y una comprobación de la tensión del fleje.

El siguiente documento es la hoja de ruta que el operario deberá seguir para realizar dicha revisión:



## PROTOCOLO DE SUPERVISIÓN: FLEJADORA

- **Encargado:** operario puesto de control de la entrada al secadero.
- **Frecuencia:** dos veces por turno durante la parada del secadero.
- **Herramienta:** llave de 11 mm y metro.
- **Protocolo:**
  - **1º.** Comprobación visual de la presencia de alguna doblez.
  - **2º.** Comprobación de tensión de la bobina. En caso de que la bobina esté gastada y la medida entre el comienzo de la bobina y el comienzo de la guía de flejado sea superior a 75 cm, tensar con una llave inglesa de 11 mm hasta llegar a una medida inferior de 75 cm.
  - **3º.** En caso de que exista un doblez, soltar la abrazadera de la bobina sin dejar que esta se destense. Deshacer la doblez y volver a apretar la abrazadera

Se estima que estas revisiones pueden prevenir entre el 20% y 30% de las paradas basándose en ejemplos investigados de otras empresas.

Por lo tanto, esta gama puede reducir considerablemente el tiempo de parada durante el mes de mayo es el siguiente:

<b>Tiempo total mayo</b>	<b>5:55</b>
<b>Tiempo total ahorrado</b>	<b>1:46</b>
<b>Tiempo total de la parada</b>	<b>4:08</b>

## 5.2.4 Gama 4. Puerta del horno

La puerta del horno tiene una doble funcionalidad, la primera es aislar la primera etapa del interior del horno y el exterior y la segunda es dejar paso a los nuevos vagones cargados con los ladrillos listos para hornear.

El problema surge cuando dicha puerta queda atascada, ya que produce pérdidas de tiempo, pero sobretodo de calor del interior del horno, además de su peligrosidad, ya que la temperatura de la primera etapa del horno es superior a los 80 °C.

Cuando esta queda atascada el procedimiento es el siguiente:

El encardo debe desarmar el sistema eléctrico de la puerta que simplemente es un motor de corriente continua, de esta forma libera la puerta del freno eléctrico y dependiendo solamente del mecánico, el cual se controla de forma manual. Otro paso fundamental es apagar los calentadores de la primera etapa del horno para poder actuar en la zona sin estar a altas temperaturas.

Una vez la puerta queda liberada y los calentadores apagados se limpia toda la guía y el sistema elevador para volver a engrasar. Esta necesidad de limpieza es debida a que el polvo que genera el propio proceso de producción, se va acumulando en el engrase, lo cual crea una masa muy densa que se va solidificando poco a poco debido al calor de la zona.

Una vez la guía y el elevador están limpios, se comprueba la movilidad de la puerta de forma manual y, en caso de que esta funcione, se rearma el sistema eléctrico y se continua con la producción.

Se ha comprobado en el histórico de anteriores producciones que, una vez solucionado el atasco y haberse limpiado correctamente, el sistema no se vuelve a atascar pasados tres días, por lo que, para prevenir dichos atascos, se ha creado una gama de limpieza para reducir dichos bloqueos.

El procedimiento es simple, en el momento que el secadero pare la producción, un operario se encargará de limpiar con una pistola de agua a presión la guía de la puerta para así retirar la masa formada durante dos turnos, ya que esta acción solo se realizará durante el turno de noche. Para retirar el agua, se soplará el sistema con una pistola de aire a presión. Por último, se engrasará el sistema con un lubricante aplicándolo con un sistema de pulverización.

## PROTOCOLO DE SUPERVISIÓN: PUERTA DEL HORNO

- **Encargado:** encargado mecánico del turno.
- **Frecuencia:** una vez en el turno nocturno durante la parada del secadero.
- **Herramienta:** Pistola de agua a presión, pistola de agua a presión, lubricante
- **Protocolo:**
  - **1º.** Conectar la pistola de agua a presión a la red eléctrica y abrir el paso de agua al que está conectada la máquina. Una vez realizadas todas las conexiones y encender la máquina, aplicar el agua a presión tanto a la guía, como al sistema elevador.
  - **2º.** Desconectar la pistola de la red eléctrica y cortar la corriente de agua sin desconectar la manguera.
  - **3º.** Abrir la toma de aire a la que está conectada la pistola de aire a presión y retirar el agua que ha quedado en la guía y el sistema elevador.
  - **4º.** Cortar el aire comprimido.
  - **5º.** Aplicar el lubricante en el sistema elevador y la guía.

Con esta gama se pretende reducir una cantidad considerable de tiempo. Esta estimación se ha aplicado sobre la anterior producción realizada y la reducción de fallos se ha basado en la eliminación de estos por cada tres días, para ser conservadores.

Es decir, en el momento que se produce un fallo, transcurrirán al menos 3 días sin que se produzca uno de estos bloqueos.

En la tabla se pueden apreciar en color verde las paradas que se eliminarían:

Atasco puerta del horno								
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total	
						0:00	0:00	0:00
0:00	0:20	0:00	0:50	0:00	0:00	0:00	0:00	1:10
0:00	0:20	0:15	0:20	0:00	0:00	0:00	0:10	1:05
0:00	0:20	0:00	0:20	0:00	0:00	0:00	0:10	0:50
0:30	0:00	0:00	0:50	0:00	0:00	0:00	0:00	1:20
<b>Tiempo total mayo</b>								<b>4:25</b>
<b>Tiempo total ahorrado</b>								<b>2:45</b>

Tabla 5.5. Tiempo ahorrado en el atasco puerta del horno

### 5.2.5 Tiempo estimado ahorrado con las gamas

A continuación, se muestra una tabla comparativa que recoge todo el tiempo ahorrado gracias al sistema de gamas. Recuerdo que es una estimación conservadora, ya que no ha sido posible ponerlo en práctica ni observar resultados debido a la finalización de mis prácticas.

ESTIMACIÓN DE AHORRO PRODUCCIÓN DE MAYO			
Motivo	Nº horas perdidas	Nº horas ahorradas	% Ahorro
Atasco de las bandejas	14:40	6:40	45,45%
Humedad del secadero	76:05	32:50	43,33%
Atasco de la flejadora	5:55	1:46	29,86%
Atasco puerta del horno	4:25	2:45	62,26%
<b>TOTAL</b>	<b>101:05:00</b>	<b>44:09:00</b>	<b>43,68%</b>

Tabla 5.6. Estimación de ahorro producción de mayo

## 5.3 Organización del equipo industrial

Como hemos visto en el apartado 4.2.2 el tiempo ocioso durante el mantenimiento era muy elevado. Tomando los meses de junio y julio de 2021, el tiempo total era de 43h 50min de las 360 horas laborables de los dos meses, es decir, un 12.22% del tiempo.

Este tiempo perdido se debía a varios problemas relacionados con la gestión de tareas, falta de stock y organización del material de trabajo.

Para solucionar dichos problemas se van a llevar a cabo varias medidas de organización, las cuales se detallan a continuación.

### 5.3.1 Gestión de los almacenes, las 5S

Actualmente se dispone de tres almacenes organizados en mecánico, eléctrico y de herramientas, los cuales se sitúan a la entrada de la fábrica, es decir, en uno de los extremos de esta, lo que conlleva un tiempo de espera dependiendo de la situación del problema a reparar.

Dentro de la gestión de los propios almacenes se tomarán dos grandes medidas que tienen como objetivo mejorar la organización interna de los almacenes para así reducir tiempos tanto de stock como de búsqueda de material.

Debido a mi periodo de prácticas en la empresa, el cual finaliza en septiembre, no podré sacar resultados concretos de las medidas que se explicarán a continuación, por lo que nos basaremos en la experiencia de los encargados y suposiciones teóricas. Además, se explicarán las acciones que si se llevaron a cabo al igual que su motivo (Anaya, T.J. 2008).

En este apartado se detalla la aplicación de dos de las 5 S, en concreto, las dos primeras, *Seiri* (organización) y *Seiton* (orden e identificación).

#### *Seiri* - Organización

Se realizará un cambio de orientación de los almacenes, de forma que ya no se dividirán en mecánico, eléctrico o de herramientas, sino que estarán enfocados a los mantenimientos presentes en la empresa.

Los almacenes, por lo tanto, pasan a ser de mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y el último, un *overall*, es decir, enfocado a grandes modificaciones o reparaciones de mantenimiento programadas.

#### *Seiton* – Orden

Se procederá a realizar la redistribución de todos los elementos de los tres almacenes, primero, dejando todos los almacenes libres. Después se reagruparán todo el stock y herramientas por el

tipo de mantenimiento al que atienden y por último se distribuirán con un orden lógico en los almacenes.

Este orden depende de la frecuencia de uso, ya sea del stock o de la herramienta, por lo que el stock de mayor rotación y las herramientas usadas de forma más frecuente se encuentran al principio del almacén (Juárez, G.C. 2009).

El objetivo de estas medidas es reducir los tiempos en el procedimiento de las intervenciones, ahorrando tiempo en búsquedas tanto de stock como de herramientas. A continuación, se mostrará una visión más clara de esta distribución:

#### Almacén 1- Mantenimiento correctivo

Este almacén estará orientado a intervenciones rápidas de problemas que puedan surgir durante la producción. Se ha elaborado una lista de los elementos más usados a lo largo de las anteriores producciones y tomando como referencia el análisis de criticidad detallado anteriormente.

De esta forma mejoraremos la accesibilidad de las herramientas y los utillajes necesarios para dichas intervenciones más frecuentes durante la producción. Los elementos de mayor rotación como la tornillería o fusibles los encontraremos en organizadores por colores y nomenclatura.

En cuanto a herramientas se seleccionarán aquellas de uso frecuente como taladro, sierra mecánica, cortadora eléctrica, en general, herramientas de pequeño tamaño

En los siguientes documentos se muestran las herramientas, stock y todo el material de trabajo de cada almacén, además, se muestra el Stock mínimo que debe haber en todo momento, también llamado stock de seguridad.

### Almacén 1 - Mantenimiento Correctivo

1- TORNILLERIA MÁS USADA	
Nombre	Métricas
Tornillo de cabeza ranurada	
Tornillo de cabeza hexagonal	M13 - M17 - M20 - M22
Tornillo de cabeza Allen	M9 - M10 - M11 - M12
Tuerca	M13 - M17 - M20 - M22
Tuerca con freno	M13 - M17 - M20 - M22
Arandelas	

4- PANEL HERRAMIENTAS VARIAS	
Nombre	Cantidad
Llaves inglesas de la M8 a	19
Martillo	2
Martillo de silicona	1
Tijeras electricista	2
Juego de limas	8
Pico de loro	1
Metro	3

2- HERRAMIENTAS DE MANO	
Nombre	Cantidad
Taladro eléctrico	1
Juego de brocas portatil	1
Cortadora eléctrica pequeña	1
Discos de corte	5
Discos de desbaste	5
Soldador eléctrico	1
Bobina de estaño	7
Zizalla	8
Carraca	1
Aflojatodo M40	4

5- ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA	
Nombre	Cantidad
Contactores	10
Bobina cable negro 6mm	2
Bobina cable rojo 6mm	2
Bobina cable tierra 6mm	2
Fusibles de 0,5A a 2A	-
Sensores Secadero	2
Bobillas secadero	2
Pulsadores	5

3- MAQUINA DE SOLDAR	
Nombre	Cantidad
Soldadora de electrodos	1
Cajas Electroodos	3
Máscaras de soldar	2

Tabla 5.7. Listado de material almacén de mantenimiento correctivo

#### Almacén 2- Mantenimiento preventivo

En este caso se dispone de un almacén de mayor dimensión y con herramientas más complejas y stock de mayor volumen. También se almacenarán todas las piezas relacionadas con el arreglo de los vehículos de la empresa, principalmente los filtros y los sistemas hidráulicos de las maquinas elevadoras.

Junto a estos también estarán los aceites de recambio y los sistemas de engrase y lubricación de muchas de las máquinas de la planta.

Por último, se guardará a la entrada de este almacén la aspiradora industrial que, debido a su tamaño, sería muy incómodo almacenarla en el almacén 1, aunque su frecuencia de uso sea la de este.



### Almacén 2 - Mantenimiento predictivo

1- GRANDES HERRAMIENTAS		4- RECAMBIOS VEHICULOS	
Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad
Compresor de aire	1	Filtro de aire DUMPER	1
Generador eléctrico	1	Filtro de aceite DUMPER	1
Amoladora 230 mm	1	Filtro de aire Fenwick (LINDE)	1
Disco desbaste 230 mm	2	Filtro de aceite Fenwick (LINDE)	1
Disco corte 230 mm	3	Filtro de aire Buldozer	1
Taladro percutor	1	Filtro de aceite Buldozer	1
Juego brocas del taladro	1	Filtro de aire Fenwick Toyota (2)	2
Soldadora TIG	1	Filtro de aceite Fenwick Toyota (2)	2
Decapador térmico	1		
Sargentos varios tamaños	5	5- ELEMENTOS NEUMÁTICOS	
2- ACEITES Y ENGRASES		Nombre	Cantidad
Nombre	Cantidad	Cilindro doble efecto	6
Aceite motor DUMPER	25 (L)	Cilindro simple efecto	3
Aceite motor Fenwick (LINDE)	25 (L)	Finales de carrera tipo 1	5
Aceite motor Buldozer	45 (L)	Finales de carrera tipo 2	5
Aceite pala Buldozer	15 (L)	Filtros de aire	10
Aceite motor Fenwick Toyota (2)	25 (L)	Manómetro	2
Aflojatodo M40	4	Válvula electroneumática	5
		Válvula neumática	5
		Pistola de compresor	1
3- LIMPIEZA INDUSTRIAL			
Nombre	Cantidad		
Aspiradora Industrial	1		
Pistola de agua a presión (Kartcher)	1		

Tabla 5.8. Listado de material almacén de mantenimiento preventivo

### Almacén 3 – Mantenimiento *Overall*

Destinado a grandes reparaciones y con una frecuencia de uso baja. En este almacén se guardarán aquellas piezas clave para el funcionamiento de la línea de producción. Dichas piezas son de un volumen considerable, por lo que este almacén será el de mayor área.

Se ha realizado una lista de los elementos que anteriormente han dado problemas o que debido al agresivo desgaste que produce la arcilla, tienen que ser cambiados cada cierto tiempo.

### Almacen 3 - Overall

Etapa 1		Etapa 3	
Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad
Martillos del molino	24 (2 juegos)	Rotor pinzas	1
Tamiz	1	Portarollos de plastificadora	1
Dientes de amasadora	36 (4 juegos)	Portaflejes	1
Suelo molino de rulos	8 (1 juego)	Cadenas del pulmón	10
Cuchilla molino de rulos (2m)	2		
Cuchilla molino de rulos (1,2m)	2		
Filo del laminador	1		
Hélices extrusora	4 (1 juegos)		
Martillos amasadora	24 (2 juegos)		
Hilo de la cortadora	2 (bobinas)		

Etapa 2	
Nombre	Cantidad
Guías bandejas del secadero	2 (1 juego)
Ventiladores secadero	8
Cadenas apiladora	12
Pastillas de freno apiladora	4
Guías puerta horno	2 (1 juego)
Quemadores horno	10

Tabla 5.9. Listado de material almacén Overall

### 5.3.2 Equipamiento de los encargados

En la siguiente tabla se muestran las horas empleadas en la búsqueda de herramienta para las tareas diarias. Esta tabla representa el tiempo empleado en traslados en busca de herramientas o material necesario para proceder con la tarea que se estaba llevando a cabo.

Los datos han sido extraídos de mi propia experiencia durante los meses de junio y julio cuando detecté el problema.

Organización de herramienta					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total (horas)
0:10	0:10	0:15	0:30	0:10	1:15
0:20	0:30	0:10	0:15	0:00	1:15
0:10	0:20	0:00	0:15	0:40	1:25
0:10	0:50	0:10	0:20	0:10	1:20
0:00	0:30	1:00	0:40	0:00	2:10
1:10	0:30	0:20	0:00	0:40	2:40
0:30	0:30	0:10	0:20	0:10	1:40
0:40	0:30	0:20	0:50	0:10	2:30
1:10	0:30	0:10	1:20	0:10	3:20
<b>Tiempo total junio y julio</b>					<b>15:05</b>

Tabla 5.10. Tiempo empleado en búsqueda de herramienta

Como puede observarse se perdieron alrededor de 15 horas en tiempos de espera para buscar herramientas o encontrar el stock en los propios almacenes.

Para minimizar dichas pérdidas se llevaron a cabo y se plantearon las siguientes soluciones:

#### Cinturón de herramientas para los encargados

Cada uno de ellos recibirá un cinturón para poder llevar en todo momento la herramienta esencial, de uso más frecuente.

De esta forma ahorrarán tiempos en los traslados por olvido de un solo elemento de trabajo, lo cual ocurría frecuentemente. Se realizará la compra de dos tipos de cinturones, de los cuales podemos ver dos imágenes a continuación, uno para el ingeniero electrónico de la planta y otros dos para los mecánicos.



Imagen 5.1. Cinturón electricista



Imagen 5.2. Cinturón mecánico

Dichos cinturones pretenden ahorrar traslados innecesarios para los encargados, a través de una estimación conservadora, gracias a estos cinturones podríamos ahorrar el 20% y el 30% del tiempo representado en la tabla 5.4.

Para demostrar la viabilidad de esta compra se han realizado los siguientes cálculos:

<b>CINTURONES DE LOS ENCARGADOS</b>		
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO (€)</b>
Cinturón ingeniero electrónico	1	78,00 €
Cinturón mecánicos	2	54,00 €
<b>TOTAL</b>		<b>186,00 €</b>

<b>TIEMPO Y DINERO AHORRADO</b>	
TIEMPO AHORRADO (h/mes)	3,75
PRECIO / HORA ENCARGADO (€/h )	24
AHORRO MENSUAL (€)	90

<b>AMORTIZACIÓN DE LOS CINTURONES (MESES)</b>	<b>2,067</b>
---	--------------

Tabla 5.11. Cálculos de la amortización de los cinturones

Como se puede comprobar, con una estimación del 25% de ahorro de tiempo, dichos cinturones se amortizarán en menos de dos meses.

Puestos de herramientas en emplazamientos clave a lo largo de la fábrica

Como se ha mencionado anteriormente, la distribución de la planta es longitudinal por lo que se pierde mucho tiempo en traslados en busca de herramienta. La siguiente medida tiene el mismo objetivo que los cinturones, poner a una disposición más cercana las herramientas de los empleados que se usan con más frecuencia.

Se crearán cuatro tableros repartidos en cuatro puntos estratégicos de la empresa, cada uno de un color, a continuación, podemos ver dos ejemplos:



Imagen 5.3. Panel de herramientas azul, puesto de la extrusora



Imagen 5.4. Panel de herramientas verde, puesto de la desapiladora

La metodología es simple, cada panel es de un color, azul, verde, rojo o amarillo, y sus las herramientas de ese mismo panel estarán marcadas por el mismo color.

No todos los paneles tendrán las mismas herramientas por lo que se pedirá a los trabajadores respetar siempre los colores de las herramientas y, una vez finalizada la tarea, volver a dejarla en su correspondiente tablero.

He estimado que gracias a estos tableros que funcionan como micro-almacenes, se podrá ahorrar hasta un 10% del tiempo empleado en la búsqueda de herramientas, es decir, de las 15 horas ahorraremos 1 hora 30 minutos más.

## Resultados

El beneficio por estas dos acciones sería de 5 horas y 15 minutos ahorrados que, si lo traducimos al beneficio económico, teniendo en cuenta que la hora trabajada de un encargado es de 24 €, nos deja un beneficio de 126€ mensuales.

### 5.3.3 Gestión del stock

Otro gran problema era la organización del stock en los almacenes. Además del tiempo que se perdía por no disponer del stock necesario como tornillería, correas, contactares o cableado, era el combustible que se gastaba en los viajes que se realizaban a por dichos materiales.

No se llevó a cabo un cálculo de los kilómetros realizados en los dos meses estudiados, pero sí que se contabilizaron las horas empleadas:

Gestión del stock					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total (horas)
0:00	1:20	0:00	0:00	1:00	2:20
0:00	0:00	0:45	0:30	0:00	1:15
1:00	0:30	0:00	0:00	0:00	1:30
0:00	0:00	0:00	1:30	0:00	1:30
1:10	0:00	0:00	0:40	0:00	1:50
0:00	0:00	2:15	0:00	0:00	2:15
1:00	0:40	0:00	0:00	0:00	1:40
0:40	0:00	0:00	0:00	0:00	0:40
1:20	0:00	0:00	0:00	0:30	1:50
<b>Tiempo total junio y julio</b>					<b>14:50</b>

Tabla 5.12. Tiempo perdido debido a la falta de stock durante junio y julio

Para reducir este número de horas en las que generalmente no se podía avanzar con otras tareas o dejarlas abiertas y que no solo afectaba a un solo trabajador, sino a varios, presenté varias medidas para solucionar los problemas de falta de stock en los almacenes y la gestión de pedidos, las cuales se detallan a continuación:

## Organización de pedidos

En muchas ocasiones no se disponía del material de trabajo necesario para desarrollar la tarea planificada para un día concreto, desde los elementos más simples como la tornillería, hasta piezas clave para el mantenimiento como chapas a medida o rodamientos concretos.

Para solucionar esta falta de stock propuse crear un stock de seguridad y que en todo momento existiese material de trabajo en los almacenes, desde complementos de herramientas como pueden ser discos de la radial, hasta tornillería, considerados de alta rotación. Lo mismo ocurre con piezas de menos frecuencia de uso como pueden ser los rodamientos de distintas máquinas.

En las tablas del principio se muestran dos columnas, la primera con el nombre del material y la segunda correspondería al stock de seguridad. Todas a excepción de la tornillería que debería ser de 60 tornillos por métrica.

Estos stocks de seguridad junto a un documento de salida de material del almacén pretenden ahorrar una gran cantidad de tiempo ocioso y viajes para comprar material.

### Documento de retirada de stock

Este documento servirá para saber quién retira material del almacén y en qué momento, de esta forma se tiene constancia de la cantidad de stock existente en el almacén y poder hacer pedidos cuando sea necesario.

Su objetivo es que diariamente, la persona encargada de realizar pedidos, recopile dicha información en una hoja de cálculo para que, a comienzos de semana, se realice el pedido de todo lo gastado durante la semana anterior. Además, esta hoja de cálculo servirá para estudiar el stock más utilizado de forma más precisa y ajustarlo en un futuro.

A continuación, se muestra el documento de salida de stock:





### 5.3.4 Conclusiones

A raíz de estas medidas se espera un importante impacto económico gracias al ahorro de tiempo tanto durante la producción como durante el mantenimiento.

En este último punto se tratan los beneficios económicos estimados de todas las medidas aplicadas:

- Gamas

Como puede observarse, en la tabla 5.6, durante la producción se estima un ahorro del 43,68% del tiempo de línea parada, es decir, 44 horas de producción.

Teniendo en cuenta que por turno hay dos encargados y cinco operarios por turno, el concepto económico ahorrado por los trabajadores es el siguiente:

Horas ahorradas = 44 horas 09 minutos mensuales

Coste para la empresa de un operario = 20 €/h

Coste para la empresa de un encaargado = 32 €/h

Número de operarios por turno = 5

Numero de encargados por turno = 2

Dinero ahorrado por operarios = 4400 €

Dinero ahorrado por encargados = 2816 €

TOTAL mensual = 7216 € mensuales

Además del tiempo ahorrado por la optimización del tiempo de los trabajadores, también se consigue un mayor beneficio en cuanto a la producción del producto final. Por desgracia, la empresa no me proporcionó datos de producción por hora ni material defectuoso, por lo que me ha sido imposible realizar un análisis completo de la producción.

- Equipación de los encargados

Gracias a los cinturones proporcionados a los encargados conseguimos reducir tiempos en transporte de herramienta y búsqueda de la misma, 3 horas 45 minutos al mes, que, de forma general, dejaba al menos dos encargados sin tareas que realizar.

Hay que destacar que, durante el mantenimiento de la planta, el cual dura 5 meses, este análisis reflejará el ahorro mensual y del periodo mencionado para tener una visión holística de dicha temporalidad. Además, los encargados durante la parada, tienen una reducción de sueldo debido a las condiciones laborales, el cual pasa de 32 €/hora a 24 €/hora.

Horas ahorradas = 3 horas 45 minutos mensuales

Coste para la empresa de un operario = 24 €/h

Número de encargados afectados = 2 encargados

Ahorro mensual = 180 € mensuales

TOTAL ahorrado = 900 €/ cinco meses

- Puntos de suministro de herramientas

Los paneles de herramientas han supuesto una gran comodidad para los trabajadores de la planta, sobre todo por la cantidad de traslados y de tiempo ahorrado:

Horas ahorradas = 1 hora 30 minutos mensuales

Coste para la empresa de un operario = 24 €/h

Número de encargados afectados = 1 encargado

Ahorro mensual = 126 € mensuales

TOTAL ahorrado = 630 €/ cinco meses

- Gestión de los almacenes y del stock

Durante los meses estudiados de junio y julio se perdieron un total de 43 horas y 50 minutos por falta de organización, en lo que incluía la mala gestión del stock, tareas abiertas por la falta de este y herramientas incompletas o perdidas. La solución a este problema, el cual se resume en falta de organización y el orden, es la aplicación de dos de las cinco S´ y la organización de los pedidos junto a un stock de seguridad.

Debido a mi finalización de las prácticas y la pérdida de contacto con la empresa debido a diversos motivos, no he podido hacer un seguimiento de estos resultados ni hacer una aproximación, ya que en este campo resultaría una solución poco acertada e imprecisa, por lo que me ha sido imposible saber cuánto tiempo ahorrarán dichas acciones en el futuro.

## 6. PROPUESTA DE TRABAJOS FUTUROS

Como se ha mencionado anteriormente, existen muchos problemas por resolver, sobre todo con máquinas clave para la línea de producción que podemos ver en color rojo de la tabla 5.1 del análisis de criticidad.

Como prioridad de cara a las producciones sería aconsejable optimizar el mantenimiento de estas a través de gamas y la gestión de repuestos para estas, ya que en la actualidad no se dispone de estos.

Otro punto clave es la reducción de polvo dentro de la planta debido a la arcilla, la concentración de este en determinadas ocasiones es elevada lo cual supone un peligro para la salud de los trabajadores. Como mejora, podría optimizar el sistema de ventilación o estudiar el aporte de agua en determinadas zonas con corrientes de aire frecuentes.

Por último, convendría tener ciertos proveedores frecuentes para determinadas máquinas para que, en caso de urgencia, tener rápidamente un repuesto. Esto también es aplicable al stock de mayor rotación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Anaya, T. J. (2008). Almacenes (1ra ed.). Madrid, España: ESIC Editorial.

González, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid: Fundacion Confemetal, 2003. ISBN: 8496169030

Juárez, G. C. (2009). Diseño de una guía basada en la teoría de las 5's para el mejoramiento de la calidad del desempeño del personal que labora en el Gobierno Municipal de Antonio Ante (Tesis de maestría). Universidad Técnica del Norte, México.

MONCHY, François. Teoría y práctica el mantenimiento industrial. Barcelona: Masson, 1990. ISBN: 8431105240.