

UNIVERSIDAD PANAMERICANA CAMPUS AGUASCALIENTES

“REDUCCIÓN DE COSTOS Y MEJORA DE HERRAMIENTALES”

TESINA QUE PRESENTA:

J. REYES ALVARADO PEREZ

LIC. EN INGENIERIA INDUSTRIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERIA

| | |
|---|---------|
| <u>1.- ABSTRACT</u> | 3 |
| <u>2.- INTRODUCCIÓN</u> | 4 |
| <u>3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> | 5 - 20 |
| <u>4.- JUSTIFICACIÓN</u> | 21 |
| <u>5.- HIPOTESÍS</u> | 21 |
| <u>6.- OBJETIVO GENERAL</u> | 22 |
| <u>7.- OBJETIVO ESPECIFICO</u> | 22 |
| <u>8.- MARCO TEORICO</u> | 23,24 |
| <u>9.- ANTECEDENTES</u> | 25 |
| <u>10.- METODOLOGIA</u> | 26 - 30 |
| <u>11.- RESULTADOS</u> | 31 - 38 |
| <u>12.- CONCLUSIONES</u> | 39 |
| <u>13.- REFERENCIAS</u> | 40 |

1.- ABSTRACT

La propuesta de diseño en un modelo aplicado a la organización que plantea por definición la tendencia a la mejora del costo y paros de equipo de producción por falla de herramientas. La información recopilada (histórico), podemos mencionar se realizó un análisis para poder llevar a cabo y medir el daño en herramientas, así como el impacto que tiene en el área responsable, además una vez aplicado lo mencionado las demás áreas que se involucran por naturaleza deberían de mejorar también, las cuales son manufactura y calidad. El presente proyecto es la reparación de los herramientas y no adquisición de uno nuevo. Se espera que este proyecto genere un ahorro mensual reflejado inmediatamente después de finalizar las pruebas ya que pretende dar resultados positivos para optar por la reparación del herramental. También dentro del objetivo es ver significativamente resultados positivos en los paros de líneas de producción que utilizan estos herramientas.

2.- INTRODUCCIÓN.

Esta Tesina presenta una perspectiva de análisis para la comprensión y examina desde el fundamento de información fidedigna y real proporcionada por las áreas involucradas en los procesos operativos de la organización.

La validez de la información es la acción para mejorar y que sus miembros lleven a cabo los objetivos a fines de la mejora dentro y para la compañía. Tratándose de una propuesta o modelo 100% operacional, esto permitirá el desarrollo de los procesos en torno al conocimiento y las formas de adquirirlo.

Esto nos llevara a tener una mejor perspectiva de la aplicación de los elementos que involucran todo el análisis de e implantación del proyecto. Podríamos dirigirlo a Mejora Continua, Manufactura esbelta o simplemente un proyecto para Seis Sigma. A su vez este proyecto una vez implementado y llevado a cabo puede ser replicable a otras organizaciones de la misma organización y/o compañía con los mismos procesos operativos o similares, teniendo en cuenta que los otros sitios tiene procesos similares o iguales.

La información presentada en esta tesina puede ser tomada como académica ya que una vez implementado el personal de la organización tendrá el KNOW-HOW de todo el proceso y lo que con llevo a la evaluación de costo de reparación de herramientales vs herramientales nuevos originales, validando el costo beneficio y sobre todo para la calidad de producto y materia prima.

Pero no solo es un proyecto de mejora si no una técnica o metodología aplicada en campo y de esa manera debería de ser la mentalidad del personal que se involucrara en nuevos retos o proyectos de la organización, para poder seguir en el tema de mejora continua. El compromiso y responsabilidad que tienen estos proyectos.

3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el proceso actual se detectaron que no hay un plan de mantenimiento de herramientas y NO están en condiciones para seguir trabajando o produciendo.

El herramental tiene tres áreas críticas para su buen funcionamiento.

- 1.- Cavidad interna donde se aloja el usillo.
- 2.- Cavidad donde se aloja el rodillo, así como la holgura o gap que debe de existir entre el herramental y el rodillo. De lo contrario por esta cavidad se fugará raw material y desde ahí comienza nuestro problema.
- 3.- El usillo que se aloja durante el proceso dentro del herramental.

Físicamente podremos ver las evidencias captadas en proceso una vez retirado el herramental de línea.

Una parte del problema como se explica podemos observar que estas fallas de condiciones o daños en el herramental nos provocan 2 fallas importantes.

- 1.- Costo en adquisición de herramientas nuevos.
- 2.- Costo de todo el material que se desperdicia por fuga y por cuestiones de calidad.
- 3.- Paros de líneas para realizar ajustes en base a la condición del herramental.

3.1- TPM

El TPM es una herramienta conocida por diferentes sectores productivos, ya que esta herramienta está definida en varias normas como requerimientos para asegurar el producto o servicio para los clientes.

Sin esta herramienta bien definida hace que el sostenimiento no sea verdaderamente efectivo, para ejecutar un correcto TPM se deberá realizar una planeación de los equipos, así como definir responsables y un cumplimiento al mismo.

De acuerdo con el cronograma y lo planeado y revisando la información obtenida con un histórico de tres meses. Se revisan los herramentales viendo la siguiente problemática descrita en las imágenes.

Se confirma el daño del herramental, siendo un factor que genera un problema en el área responsable de este métrico dentro de la compañía e impactando mes a mes el KPI relacionado a uno o varios métricos como departamento.

Se conforma el equipo y se notifica el hallazgo confirmado y siguiendo el plan plasmado en el cronograma para continuar con las fases para disminuir o mejorar este problema.

De acuerdo la siguiente tabla se puede observar los datos históricos del anuales de los siguientes años 2019 y 2020. Podemos validar que el costo es muy alto por lo cual se optó por revisar el proceso y se detectó la anomalía de los herramentales.

Costo mensual de herramentales de extrusión

| Mes | 2019 | 2020 |
|------------|---------|---------|
| Enero | 30,000 | 30,000 |
| Febrero | 30,000 | 45,000 |
| Marzo | 30,000 | 30,000 |
| Abril | 15,000 | 0 |
| Mayo | 30,000 | 0 |
| Junio | 60,000 | 0 |
| Julio | 15,000 | 0 |
| Agosto | 30,000 | 0 |
| Septiembre | 0 | 45,000 |
| Octubre | 30,000 | 30,000 |
| Noviembre | 0 | 30,000 |
| Diciembre | 15,000 | 0 |
| Total | 285,000 | 210,000 |

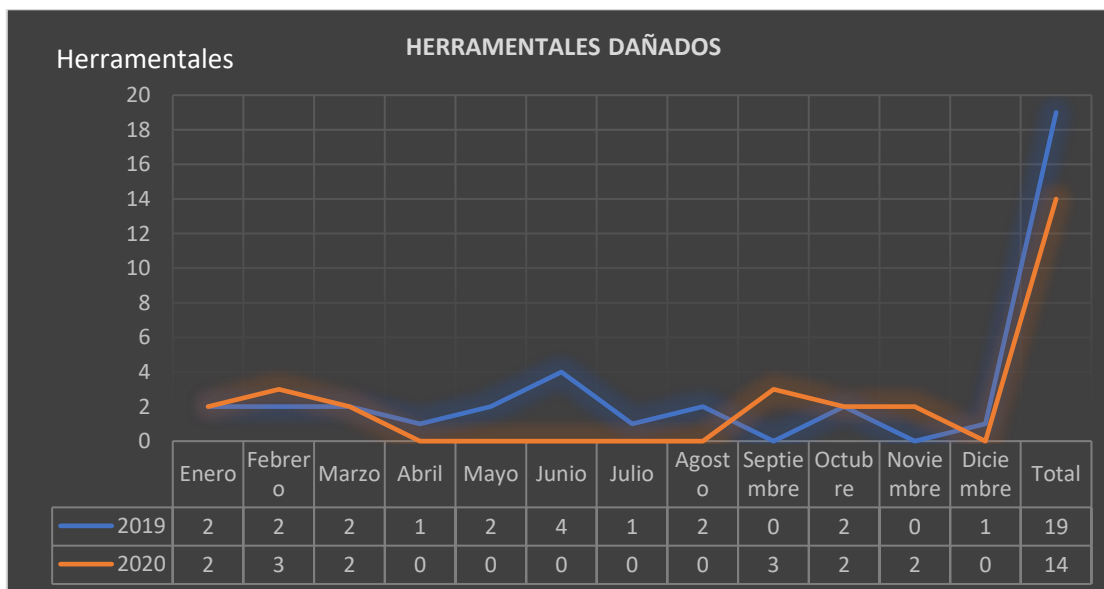
Figura 1.- Costo de herramentales.

A continuación, en la figura 2 ilustrativamente se puede observar de una mejor manera la gráfica con la tendencia en los años mencionados



- Figura 2.- Costo medido por 2 años.

En la figura 3 se observan la cantidad de herramientas dañados en los años 2019 y 2020.



- Figura 3.- Herramientales dañados 2019 Y 2020.

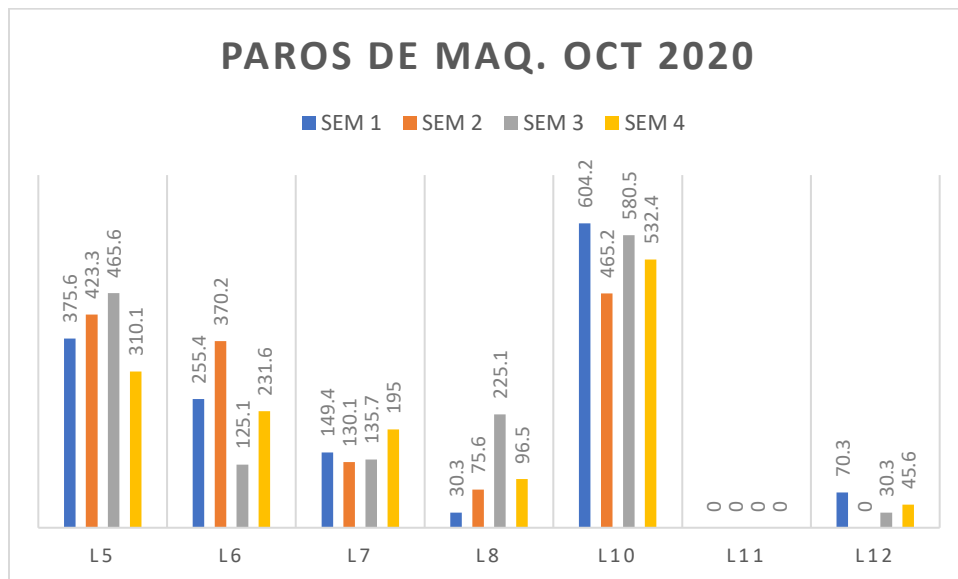
TIEMPO DE PARO POR HERRAMENTALES DAÑADOS

En las figuras 4,5 y 6 son los datos históricos de los paros de línea que han reportado paros y la cantidad de minutos por cada línea de producción y que son las que utilizan los herramientas que están en el proyecto de mejora.

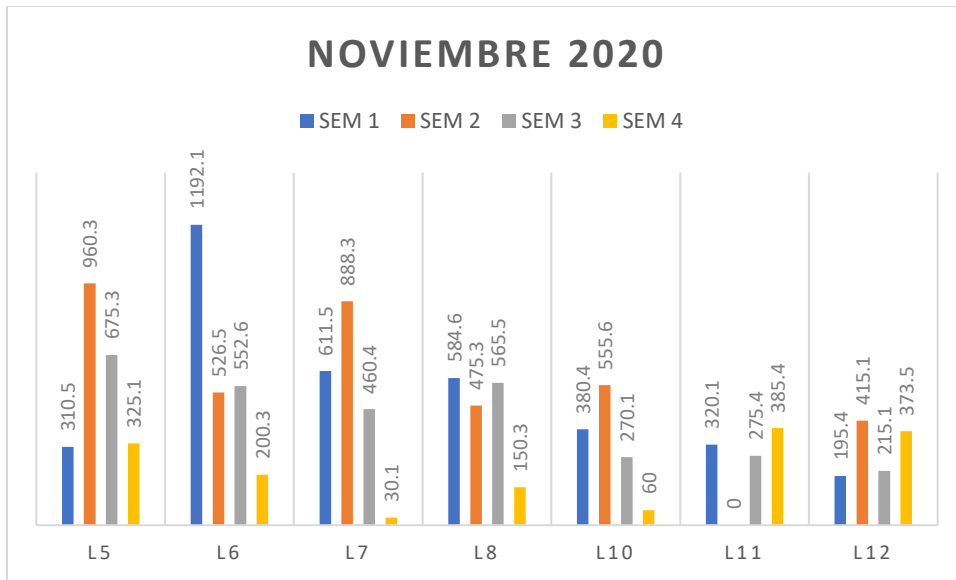
La cantidad en algunos de los meses dentro de los datos históricos se muestran como 0 y esto se debe a que en esos meses no hubo producción por caída de demanda o en su contrario en meses pasados se completó la producción de ese mes mostrado en 0.

También es importante mencionar que cada grafica es mensual donde se observan las 4 semanas de cada mes con un color independientes y en la parte superior de las barras se observa la cantidad de minutos de paros relacionado a herramientas dañados o paro por ajuste por condiciones del herramental y seguir operando el equipo en esas condiciones.

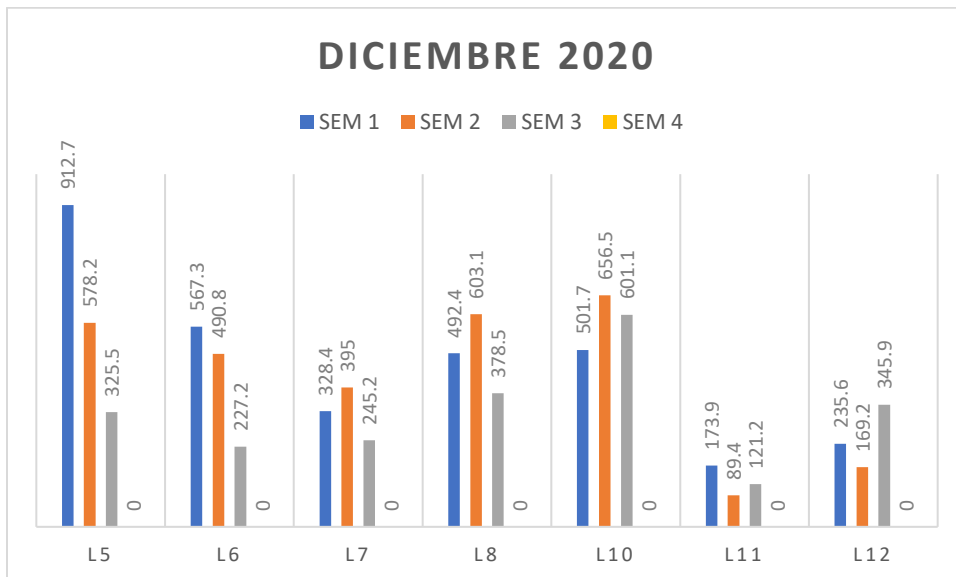
Al final ambos paros tienen la misma causante un herramental en condiciones malas.



- Figura 4.- Tiempo de paro octubre por herramientas.

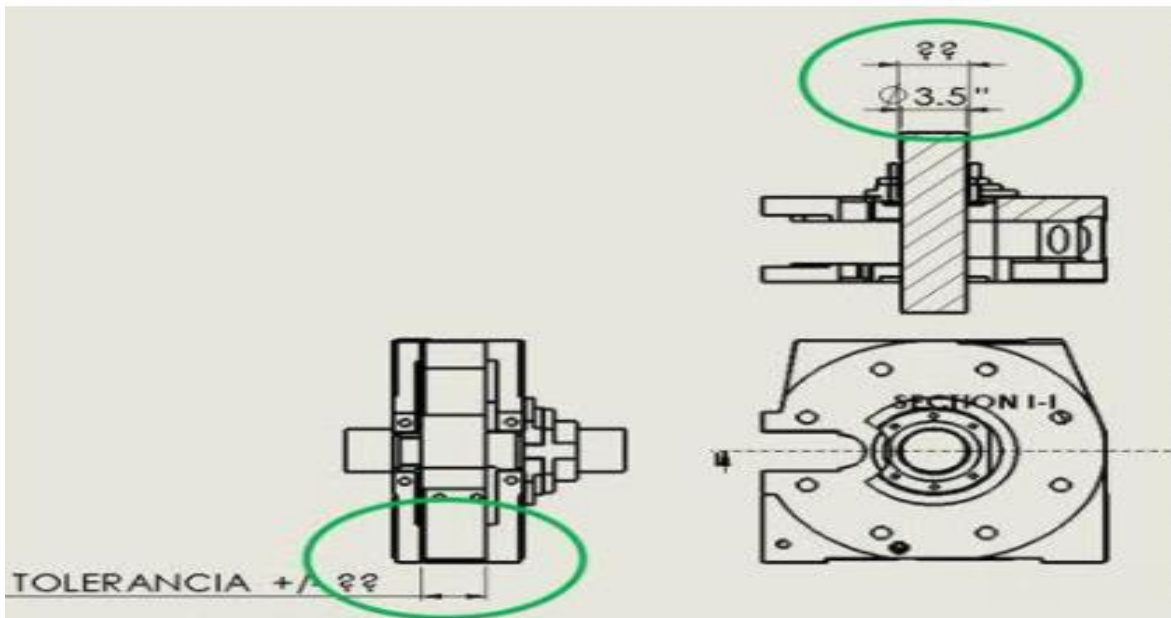


- Figura 5.- Tiempo de paro noviembre por herramientas



- Figura 6.- Tiempo de paro diciembre por herramientas.

Otro de los problemas con el que se encuentra una vez tratando de dar seguimiento al proyecto es que hay información parcial o incompleta que no refleja la información necesaria como medidas y/o tolerancias a lo cual iremos a las recomendaciones del proveedor y consultadas con el equipo.



- Figura 7.- Dibujos 2D con ausencia de información.

Se inicia con la parte de determinar de qué material se realizará la parte que hay que sustituir en el herramental.

En primera instancia se realiza lo siguiente:

Prueba de dureza al herramental para validar el metal utilizado en el herramental y nos arroja una dureza de 30 HRC esto indica que el metal pudiese ser acero 4140 de línea comercial con una dureza de 28 a 35 HRC.

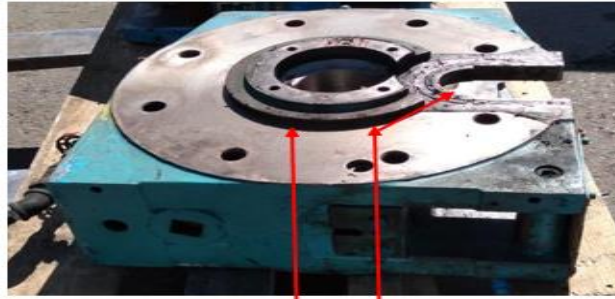
Sin embargo, al final solo es una medición que nos sirve para validar la dureza, ya que al final el material de la refacción será otro determinado en base a la información teórica que sea más funcional para el proceso y adecuándola en dureza y posiblemente un tratamiento superficial.

Se decide en de acuerdo con las características del proceso que la partes con mayor esfuerzo sea de materia D2 o 4140 tratado al aceite de esta manera se alcanzara una dureza de hasta 65 HRC lo que en primera instancia seria factor importante para evitar un desgaste prematuro en el herramental, añadiéndole a esto un tratamiento superficial de cromo duro con una dureza de 60 HRC con el acabado que especifica el dibujo.

Esto quiere decir que el objetivo es hacer una reparación menor señalando que se fabricara un buje con las características ya mencionadas anteriormente, este proceso lo llevara a cabo el proveedor en sus instalaciones.

Las condiciones reales en la que se retiran los herramentales dañados las puede observar en las imágenes que a continuación se presentan.

Herramental no aceptable.



Cavidad de alojamiento de usillo



Alojamiento de rodillo



- Figura 8.- Herramental con daño.

Partes de que están en condiciones de no funcionales en el proceso y aun así se continúan usando. Siendo un factor que pone en riesgo potencial de daño al herramental, es el usillo que se aloja en la cavidad que se reparara. Siendo la cavidad interna de alojamiento de usillo dañado por ser un material blando y aunado a esto la cavidad de alojamiento del rodillo que sirve para alimentar de materia prima el proceso también muestra desgaste y esto agrega un factor de desperdicio de materia prima.



- Figura 9.- desperdicio de materia prima.

Esto es materia prima que desperdicia el proceso por el herramental dañado como lo muestra la (figura 9). Se valido durante 1 hr en varias líneas que presentan la misma falla



- Figura 10.- Material acumulado en 10 minutos de producción

La materia prima se pesó y son 100 gramos por 10 minutos siendo en 1 hora 600 gramos que ya no se pueden usar y se reportan como scrap siendo un turno de 8hrs y 7 productivas, arrojando un peso total de 4 kilos con 200 gramos



- Figura 11.- Material pesado siendo 100 gramos reportados y validados.

Los valles del usillo están con fracturas que en cualquier momento se comienzan a desgranar y esto termina siendo otro factor de daño. Se podrían reparar, siendo recomendable por que las fracturas tienen hasta 5mm, este trabajo es muy común en la industria de mantenimiento. Sin embargo, cuando el usillo ya tiene varios valles desgranados o desmoronados ya no es factible su reparación ya que cuando se hacen son herramientas hechas de una sola pieza de metal.



• Figura 12.- Herramental dañado y usillo con fracturas.

Seguido de esto son los defectos de calidad que se originan también por los herramientas en mal estado.

Carcomido



Grumos



• Figura 13.- Defectos de calidad ocasionados por herramental dañado.

- Defectos de calidad en el herramental.
- Tiempo de paro de línea.
- Fuga de materia prima que se tira.
- Costo de adquisición de herramientas.

Atendiendo a las recomendaciones del proveedor se sugiere realizar un inserto de material que se pueda templar y alcanzar una dureza que soporte lo abrasivo del proceso.

Se determinó que el material que se empleara es 4140 con un proceso de endurecido obteniendo una dureza de hasta 65 HRC.

Acero 4140 (SAE 4140, AISI 4140) es un acero de baja aleación de la serie Cr-Mo (Serie de cromo molibdeno), este material tiene alta resistencia y templabilidad, buena tenacidad, pequeña deformación durante el enfriamiento rápido, alta resistencia a la fluencia y resistencia duradera a alta temperatura.

El acero AISI 4140 se puede convertir en barra de acero redonda, barra de acero plana y cuadrada, placa de acero, tubo de acero, y tiene muchos usos en las industrias aeroespacial, de petróleo y gas y automotriz. Los usos típicos son recipientes a presión de paredes delgadas, engranajes y ejes forjados (ejes de motor, ejes de bomba, ejes hidráulicos, etc.), husillos (husillos de torno, husillos de fresado, etc.), collares, abrazaderas, pernos de alta resistencia, bonete de válvula, tornillos, tuercas, gusanos, pinzas, barras de torsión y varias piezas carburadas.

| Acero AISI 4140 tratamiento termico | | | |
|-------------------------------------|------------------|--------|--------------------------|
| Tratamiento termico | Temperatura (°C) | Dureza | Enfriamiento / Agente |
| Normalizando | 870 | 302 HB | Aire |
| Recocido | 790-845 | 197 HB | Enfriamiento del horno |
| Temple | 830-845 | – | Óleo |
| Templado (2 horas) | 205 | 58 HRC | Endurecimiento de aceite |
| | 260 | 54 HRC | |
| | 315 | 50 HRC | |
| | 370 | 47 HRC | |
| | 425 | 45 HRC | |
| | 480 | 40 HRC | |
| | 540 | 35 HRC | |
| | 595 | 33 HRC | |
| | 650 | 28 HRC | |

- Tabla 1.- Tabla de dureza tratamiento térmico o endurecido.

A continuación, se describe rápidamente el proceso al que se someterá la pieza fabricada en cuanto tratamiento térmico o endurecido.

PROCESO DE TRATAMIENTO TERMICO O ENDURECIDO

El temple es un proceso térmico por el cual las aleaciones de acero y el hierro fundido se fortalecen y endurecen. Estos metales constan de metales ferrosos y aleaciones. Esto se realiza calentando el material a una cierta temperatura, dependiendo del material, y luego enfriándolo rápidamente. Esto produce un material más duro por cualquiera de endurecimiento superficial o a través de endurecimiento que varía en la velocidad a la que se enfría el material. El material es entonces a menudo revenido para reducir la fragilidad que puede aumentar por el rápido enfriamiento del proceso de endurecimiento. Los objetos que pueden ser templados incluyen engranajes, ejes y bloques de desgaste...

El temple de metales es una progresión: El primer paso está absorbiendo el metal, es decir, calentamiento a la temperatura requerida. El remojo se puede hacer por vía aérea (horno de aire), o un baño. El tiempo de remojo en hornos de aire debe ser de 1 a 2 minutos para cada milímetro de sección transversal. Para un baño el tiempo puede variar un poco más alto. La asignación de tiempo recomendado en baños de sales o de plomo es de 0 a 6 minutos. Se debe evitar a toda costa el calentamiento desigual o el recalentamiento. La mayoría de los materiales se calientan desde cualquier lugar a 815 a 900 °C.

El siguiente paso es el enfriamiento de la pieza. El agua es uno de los medios de enfriamiento más eficientes, donde se adquiere la máxima dureza, pero hay una pequeña posibilidad de que se causen deformaciones y pequeñas grietas. Cuando se puede sacrificar la dureza se utilizan aceites de ballena, de semilla de algodón o minerales. Estos tienden a oxidarse y formar un lodo, que consecuentemente disminuye la eficiencia. La velocidad de enfriamiento del aceite es mucho menor que el agua.

EQUIPOS PARA EL CALENTAMIENTO

Hay tres tipos de hornos que se utilizan comúnmente en temple: horno baño de sal, horno continuo y la caja de horno. Cada uno se utiliza en función de lo que otros procesos o tipos de temple se está haciendo en los diferentes materiales.

El calentamiento debe ser gradual para evitar grietas y tensiones térmicas. Se debe tener cuidado en subir la temperatura (para aumentar la velocidad de austenización) porque se puede producir sobrecalentamiento del grano cristalino, con quema de los bordes de los granos que produce infiltración de oxígeno, oxidación, descarburación, fragilidad excesiva de martensita, retención de austenita. En consecuencia, la temperatura depende del medio de enfriar utilizado: 30 °C mayor que A_{c3} si se trata de agua, 50 °C mayor si es aceite y 70 °C si es aire acondicionado.

Cuando se temple, hay muchos tipos de sustancias donde enfriar. Algunos de los más comunes son: aire, las sales fundidas, el aceite, la salmuera (agua salada) y el agua. Estos medios se utilizan para aumentar la severidad del enfriamiento.

Hay que distinguir dos tipos de fluidos los que no hierven: aire y sales fundidas, y los que hierven. En los primeros el enfriamiento es relativamente uniforme. El aceite mineral es adecuado para aceros aleados de baja y media, que es capaz de formar austenita estable y luego transformada con una baja velocidad crítica de endurecimiento. Es más cerca del fluido ideal, reduciendo la tensión interna y defectos del temple.

TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE CROMO DURO

Es un recubrimiento esto quiere decir que el material base no se ve afectado en ninguna forma ya que el cromo se deposita sobre la superficie de las piezas formando una capa protectora.

La electrodeposición del cromo duro es una muy buena forma de prolongar la vida de todo tipo de herramientas y partes que están sujetas al desgaste, fricción, abrasión y/o corrosión. Dichas partes o herramientas pueden ser protegidas con cromo duro desde nuevas o bien pueden ser rescatadas cuando ya han sufrido un desgaste y que de otra manera deberían ser desechadas.

Por ejemplo: Es más barato y mucho más rápido reparar un componente hidráulico redimensionando el diámetro a su medida original con cromo duro que mandar fabricar un componente nuevo. Este caso puede ser aplicado en muchas otras piezas como motores, bombas, rodillos o pistones hidráulicos o neumáticos, etc.

Otro atributo del proceso de cromo duro es que es un proceso “en frío” ya que la temperatura de este es de 55 °C por lo que piezas muy delicadas pueden ser procesadas sin temor a deformar o cambiar las propiedades del material base y una vez recubierto el componente tendrá una dureza en la superficie de entre 56 – 60 R.C. El espesor de la capa de cromo es en función de que trabajo realiza la pieza como:

- Estar sometida a fricción o deslizamiento.
- Abrasion o corrosion.
- Recuperación de dimensiones.

Fricción: El cromo tiene un coeficiente de fricción muy bajo por lo que piezas sometidas a tales esfuerzos aumentan considerablemente su vida útil y de esta manera el rendimiento de la máquina para las que fueron concebidas.

Las características de baja fricción de cromo duro aumentan cuando este esta friccioneado contra materiales blandos como bronce y decrece cuando lo está contra materiales duros como otra capa de cromo.

Como su nombre lo indica el cromo duro tiene una dureza muy alta (entre 56 y 60 Rockwell C, lo cual lo hace un recubrimiento excelente contra el desgaste y la abrasión en piezas como moldes, troqueles, sufrideras etc.

La corrosión: es el resultado de la reacción de los metales con varios químicos (gases, ácidos, alcalinos, etc.) en el ambiente y compuesto formado pueden ser óxidos o sales. El control de la corrosión se basa en prevenir o ralentizar dicha reacción del metal con el ambiente. El objetivo de recubrir con cromo duro es justamente la de aislar y proteger el material base del ambiente.

Propiedades físicas

| | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Densidad | 6.90 – 7.18 g/cm ³ |
| Peso atómico | 52.01 |
| Número atómico | 24 |
| Punto de fundición | 1,850°C |
| Coef. de fricción | 6 x 10 ⁻⁶ /0C |
| Conductividad térmica | 0.67 W/cm-°K |
| Resistencia eléctrica | 13 – 66 micro hm/cm |
| Estiramiento | 1.0% |
| Dureza | 56 – 60 Rockwell C |
| Propiedades magnéticas | No magnética |
| Coef. de fricción (contra acero) | 0.16 lubricado – 0.21 seco |

- Tabla 2.- Propiedades físicas del cromo duro.

4.- JUSTIFICACIÓN.

Se ha realizado este plan para comenzar a diseñar una mejora para mantenimiento de herramientas y proceso de validación, además desarrollar un proveedor que tenga el conocimiento y saber sus recomendaciones acerca del herramental esto referente a si las partes en contacto con la materia prima deben de estar endurecidas o templadas y si sería recomendable usar al tratamiento superficial, así como el material usado para la reparación. De esta manera comenzaremos a medir y reducir los costos mensuales del área principalmente del mantenimiento de herramientas.

Dentro de lo planeado y o alcance es la reparación de los herramientas y no adquisición de uno nuevo. Dentro de lo planeado es analizar el diseño del actual y realizar modificaciones pertinentes para realizar pruebas. Se elegirá un herramental de back up de línea 5. El plan es realizar el análisis y reparación como lo muestra el cronograma y revisar resultados durante el mes de enero del 2021.

Se ha definido que este proyecto nos genere un ahorro mensual reflejado inmediatamente después de finalizar las pruebas ya que se optara por reparación del herramental.

5.- HIPOTESIS

Con la aplicación de un buen método de mantenimiento hacia los herramientas se corregirán varias anomalías del proceso de mantenimiento y producción, de esta manera se verá una mejora importante dentro de la organización. Mostrando históricos y datos actuales con resultados de las pruebas que planean realizar.

6.- OBJETIVO GENERAL

El objetivo es la mejora del herramental, así como su costo mensual de adquisición, así como el tiempo de paro generado por los desperfectos del herramental, esto nos impactara de forma positiva a todas las áreas involucradas en el proceso de producción.

7.- OBJETIVO ESPECIFICO.

Se realizará la reparación del herramental evitando de esta manera estar comprando uno nuevo cada vez que estos queden inservibles o dañado por proceso. De esta manera se revisará el diseño del herramental y escuchar sugerencias del proveedor con toda su experiencia en el maquinado de herramientas. Así como ver tratamiento superficiales y endurecidos de materiales. De esta manera se pretende dar más vida al herramental y que su daño por uso normal sea el pretendido desde inicio de proyecto.

Se definirá un procedimiento de reparación y ver las condiciones de aceptación de un herramental reparado para su puesta en producción. Involucrando a las áreas dentro del proceso desde el primer eslabón que es el operador para su correcto monitoreo en los arranques y términos de turno. Al igual que el personal de mantenimiento de herramientas realice un plan de mantenimiento predictivo acorde a los materiales usados en la reparación.

8.- MARCO TEORICO.

La propuesta de diseño de un modelo aplicado a la organización se plantea por definición la tendencia a la mejora en la productividad, calidad del proceso y del producto. Reducción de desperdicio, paros de quipos, impacto financiero.

A continuación, expondremos una breve síntesis o información básica acerca de los datos recopilados de lo que envuelve al proceso con herramientas que se dañan frecuentemente afectando esto al proceso y producto, pero sobre todo un costo muy elevado para el departamento responsable dejando de un lado que al final quién se ve afectado es la compañía por esa pérdida económica y posible PT con defecto que termina siendo enviado a desperdicio.

Extruido:

La **extrusión** es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las dos ventajas principales de este proceso por encima de procesos manufacturados son la habilidad para crear secciones transversales muy complejas con materiales que son quebradizos, porque el material solamente encuentra fuerzas de compresión y de cizallamiento. Además, las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente.

En cierta medida, se puede hacer la analogía divulgativa de un material sólido que sale por la boquilla de una jeringuilla o matriz que se va moviendo. Se podría decir que es una especie de inyección de un material.

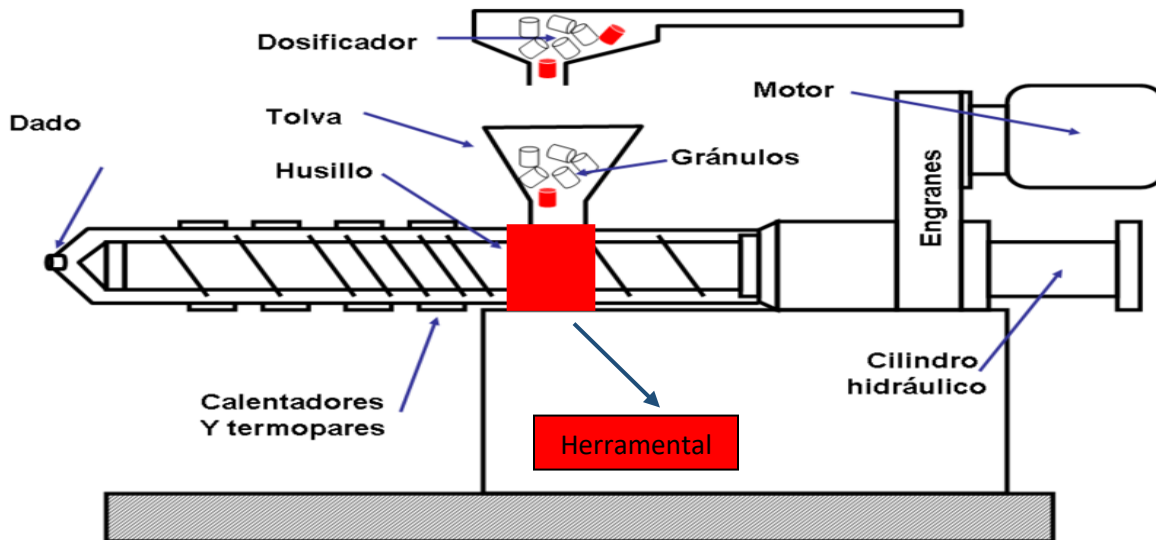
La extrusión puede ser continua (produciendo teóricamente de forma indefinida materiales largos) o semicontinua (produciendo muchas partes). El proceso de extrusión puede hacerse con el material caliente o frío.

La extrusión plástica normalmente usa astillas plásticas o pellets que están usualmente secas en un depósito de alimentación o tolva antes de ir al tornillo de alimentación (husillo). La resina del polímero es calentada hasta el estado de fusión por resistencias que se encuentran en el cañón de la extrusora y el calor por fricción proveniente del tornillo de extrusión

(husillo). El husillo fuerza a la resina a pasar por el cabezal dándole la forma deseada (lámina, cilíndrica, tiras, etc.). El material extruido se enfría y se solidifica.

Se usa una multitud de polímeros en la producción de tubería plástica, cañerías, varas, barras, sellos, y láminas o membranas.

Proceso de extrusión:



- Tabla 3.- Proceso de extrusión

De esta manera podemos observar de una manera muy sencilla el proceso de la extrusión de plástico.

Sin embargo, no podemos dejar a un lado que el proceso de producción tiene puntos de control desde un inicio hasta el final más sin embargo si al comienzo no se validan esos puntos seguramente tendremos alguna variación en el proceso para mantener en condiciones adecuadas el herramental, sencillamente podemos partir de una auditoria de proceso donde las áreas involucradas aseguren esos puntos, tales como parámetros, velocidad tipo de material a procesar etc.

9.- ANTECEDENTES

Teniendo información recopilada meses atrás podemos mencionar que se hizo un análisis para poder llevar y medir el daño en herramientas, así como el impacto que tiene en las demás áreas involucradas. Tales como son Calidad, Proceso, Manufactura, Mantenimiento de herramientas e impacto ambiental por todo lo que se viene enviando a desperdicio.

Como información del sistema tenemos nuestras siguientes fuentes.

- ▶ Costo de herramientas nuevos.
- ▶ Down time de equipos por herramientas dañados.
- ▶ Costos de desperdicio por seguir trabajando con un herramienta dañado sabiendo que ocasionara problemas de proceso, pero sobre todos costos de la no calidad.
- ▶ Estado actual de los herramientas y proyección adquisición de herramientas nuevos.
- ▶ Revisión del proceso para validar si se puede mejorar el herramienta para alargar su vida.
- ▶ Revisión del usillo y mantenimientos correctivos a los que se han sometido. Calidad de agua en sistema.

10.- METODOLOGIA

Para este proceso se definió usar la metodología basada en SEIS SIGMA lo cual lo podemos trasladar concretamente al diseño del sistema.

El proceso **seis sigmas** se caracteriza por 5 etapas concretas:

DMAIC (Por sus siglas en inglés: Define - Measure - Analyze - Improve - Control)

- **Definir**, que consiste en concretar el objetivo del problema o defecto y validarlo, a la vez que se definen los participantes del programa.
- **Medir**, que consiste en entender el funcionamiento actual del problema o defecto.
- **Analizar**, que pretende averiguar las causas reales del problema o defecto.
- **Mejorar**, que permite determinar las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar.
- **Controlar**, que se basa en tomar medidas con el fin de garantizar la continuidad de la mejora y valorarla en términos económicos y de satisfacción del cliente.

D (Definir)

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos seis sigmas que deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.

Mediante la definición de la problemática se tenía en base a los datos obtenidos en la compañía, era y es reducir los costos de la energía, esto con llevaba realizar un análisis de datos que a continuación se mencionan.

En esta fase deben responderse las siguientes preguntas:

- ¿Qué procesos existen en su área? (Proceso de manufactura y costo)
- ¿De qué actividades (procesos) es usted el responsable? (Desarrollar propuesta de mejora)
- ¿Quién o quiénes son los dueños de estos procesos? (Mantenimiento, Mejora continua).

- ¿Qué personas interactúan en el proceso, directa e indirectamente? (Técnicos de mantenimiento, procesos, gerentes de área).
- ¿Quiénes podrían ser parte de un equipo para cambiar el proceso? (Procesos, Mantenimiento y proveedor)
- ¿Tiene actualmente información del proceso? (si)
- ¿Qué tipo de información tiene? (Tiempo de paro por herramental, costo de herramientas)
- ¿Qué procesos tienen mayor prioridad de mejorarse? (Mantenimiento de herramientas y evitar la adquisición de nuevos herramientas)

M (Medir)

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes preguntas:

- ¿Sabe quiénes son sus clientes? (Producción, Procesos y Calidad).
- ¿Conoce las necesidades de sus clientes? (Si, incrementar la vida del herramental vs la actual).
- ¿Sabe qué es crítico para su cliente, derivado de su proceso? (Vida de herramental, paro por herramientas y costo).
- ¿Cómo se desarrolla el proceso? (Inestable, pero a un costo elevado).
- ¿Cuáles son sus pasos? (definición de puntos a medir y a una vez obtenidos estos analizar resultados para validación y tomar acciones correctivas).
- ¿Qué tipo de pasos compone el proceso? (Tipo de materia prima, alimentación de materia prima, calentamiento de herramientas, tipo de material de herramental, parámetros de proceso, mano de obra y/u operador, formado, corte, medición y aprobación).
- ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente? (Vida del herramental, paro por herramientas y costo).

- ¿Por qué son esos los parámetros? (Si no se controla esto, El costo de operación se incrementa haciéndolo ineficiente, además el producto podría tener defectos y esto ocasionara reclamos de cliente.

Esto es resultado de tener un herramental en mal estado funcionando o teniendo soluciones temporales de “REPARACIÓN”, por ende, lo más óptimo como en la mayoría de las compañías es validar la vida útil del herramental y el herramental por el cual esta manufacturado (si es adecuado para el proceso y desgaste natural o no).

- ¿Cómo obtiene la información? (A través de los departamentos involucrados que buscan la mejora.)
- ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición? 50%

A (Analizar)

En la fase de análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o "pocos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición? (Condición del herramental ok, así como las dimensiones de este para mantener el proceso dentro de lo especificado por diseño).
- ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros? Muestre los datos. (inestable por la cantidad de paros que hay por condiciones no aptas del herramental, también nos afecta en el costo de materia prima desperdiciada, costo de adquisición de herramientas).
- ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso? (Reducción del costo de adquisición de herramientas y crear el procedimiento para mantenimiento del herramental incrementando su vida en el proceso).
- ¿Cómo los definió? (por el impacto en el KPI que tiene hacia el departamento)

- ¿Monitoriza las fuentes de variación que no controla? (no, pero se establecerá dentro de la LPA que se realiza hacia el proceso)

I (Mejorar)

En la fase de mejora (*Improve* en inglés) el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último, se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Las fuentes de variación dependen de un proveedor? Si es así, ¿cuáles son? (NO)
- ¿Quién es el proveedor? (REKA SERVICIOS ESPECIALIZADOS).
- ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas? (Dentro del plan del nuevo diseño es dar mantenimiento basado en un plan predictivo, pero primero se deberá observar si el mantenimiento fue favorable para incrementar la vida del herramental).
- ¿Interactúan las variables críticas? (si)
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
- ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso? (Si el herramental no está en condiciones correctas además del impacto financiero que se tiene y tiempo, nos genera problemas de calidad como grumos y material carcomido).
- ¿Cómo los definió? ¿Muestre los datos?

C (Controlar)

La fase "control" consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto seis sigmas se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones: Para las variables ajustadas

- ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición? 100%
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.

- ¿Cuánto se ha mejorado el proceso después del cambio? (El costo de herramientas se detuvo y bajara a mediano plazo porque los resultados se muestran alentadores después de un mes de prueba).
- ¿Cómo lo define? Muestre los datos.
- ¿Cómo mantiene los cambios? (Cada vez que se envíe un herramental para su mantenimiento se pedirá un reporte dimensional al proveedor de las áreas reparadas de acuerdo con el plano).
- ¿Cómo monitoriza los procesos? (auditoria de proceso)
- ¿Cuánto tiempo o dinero ha ahorrado con los cambios? (Con el primer herramental reparado, evitando la adquisición de 1 nuevo se ahorraron \$ 10,000 usd. Realizando una proyección para reparar los herramientas dañados se tendrá un ahorro de total de \$135,000 usd).
- ¿Cómo lo está documentando? ¿Muestre los datos? (véase información resultados).

| PLANEACIÓN ESTRATEGICA PARA LA REPARACIÓN Y VALIDACIÓN DE TOOLING | | | | | | |
|---|---|-------------|-----------|-----------|---------|---------|
| ITEM | | 2020 | | | 2021 | |
| ACTIVIDAD | Responsable | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero |
| Definir | Levantamiento de información. | Reka | Cerrada | | | |
| Medir | Recopilación y presentación de información. | Reka | Cerrada | | | |
| Analizar | Aprobación de proyecto. | Cooper | Abierta | | | |
| Mejorar | Requerimiento a proveedor. | Reka | Abierta | | | |
| Mejorar | Información técnica de diámetros internos y tipos de tratamientos superficiales y aprobación para reparación. | Reka | Abierta | | | |
| Mejorar | Maquinado de piezas a cambiar en el herramental y tratamiento de cromo duro. | Reka | Abierta | | | |
| Mejorar | Recepción de herramental dañado para su reparación. | Reka | | Abierta | | |
| Mejorar | Cambio de partes con tratamientos superficiales. | Reka | | Abierta | | |
| Mejorar | Entrega de herramental reparado para su validación en línea de producción. | Reka/Cooper | | | Abierta | |
| Mejorar | Prueba de equipos y puesta en marcha. | Reka/Cooper | | | | Abierta |
| Controlar | Validación por equipo Cooper. | Reka/Cooper | | | | Abierta |

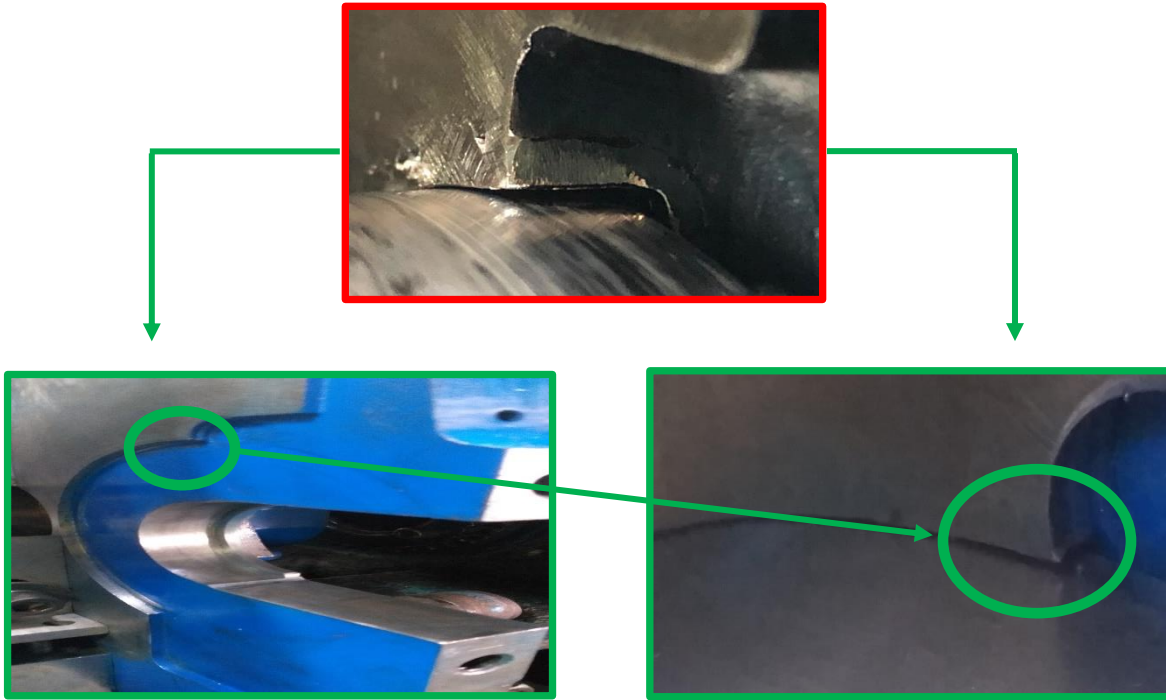
- Figura. – 14 cronograma de actividades

Resultados esperados. (En espera de validación)

- ▶ * No hay pérdida de raw material.
- ▶ * Desarrollo de proveedor local.
- ▶ * Reducción de costo a mediano plazo.
- ▶ * Reducción del tiempo de paro por herramientas.

11.- RESULTADOS

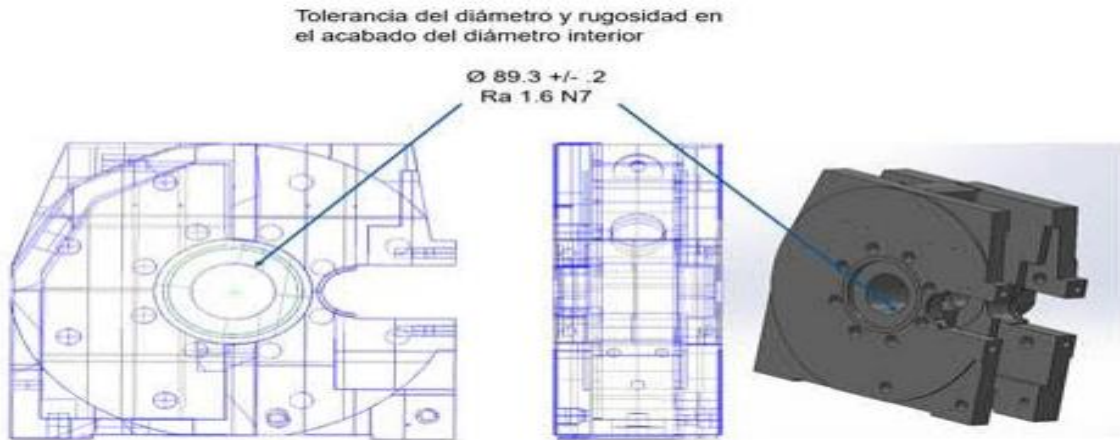
Desgaste entre rodillo y herramental



- Figura 15.- Mantenimiento correctivo (Recuperación de radios internos).

Estos radios se repararon agregando soldadura manual TIG y a su vez se maquinó en fresadora para obtener la planicidad y diámetro requerido por la pieza la cual se dictaminó midiendo el rodillo que se aloja en el herramental. El cual tiene una dimensión de 89mm, la holgura entre el rodillo y el radio del herramental es de 1mm a 1.5mm. Finalizando el diámetro final del herramental en 90mm.

Se determina el dibujo y medida oficial con el mantenimiento.



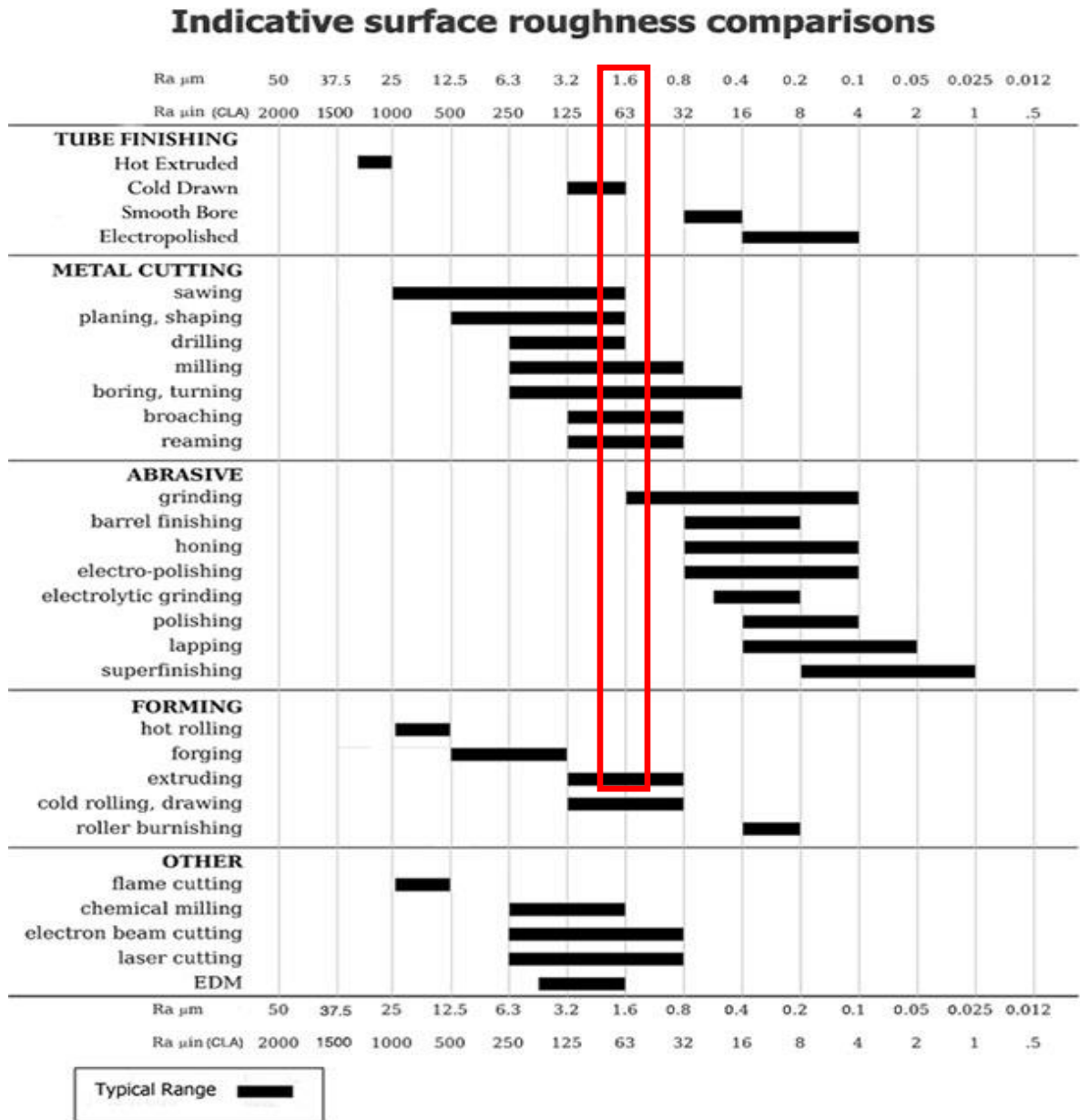
- Figura 16.- Dimensión estandarizada para los herramientales de 3.5" de diámetro interior

La siguiente imagen ilustrativa muestra el tipo de acabado que se pretende obtener una vez terminado con cromo duro en la superficie. Dependiendo en que maquina se fabrique la pieza.

| μ" AA | μm Ra | MILLING | | | N10 | N9 | N8 | N7 | N6 | N5 | N4 | N3 | N2 | μm Ra | μ" AA |
|-------|-------|------------|----------|---------|-----|----|----|----|----|----|----|----|------|-------|-------|
| | | HORIZONTAL | VERTICAL | TURNING | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.4 | | | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | 0.05 | 2 | |
| 32 | 0.8 | | | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | 0.1 | 4 | |
| 63 | 1.6 | | | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | 0.2 | 8 | |
| 125 | 3.2 | | | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | 0.4 | 16 | |
| 250 | 6.3 | | | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | 0.8 | 32 | |
| 500 | 12.5 | | | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | 1.6 | 63 | |

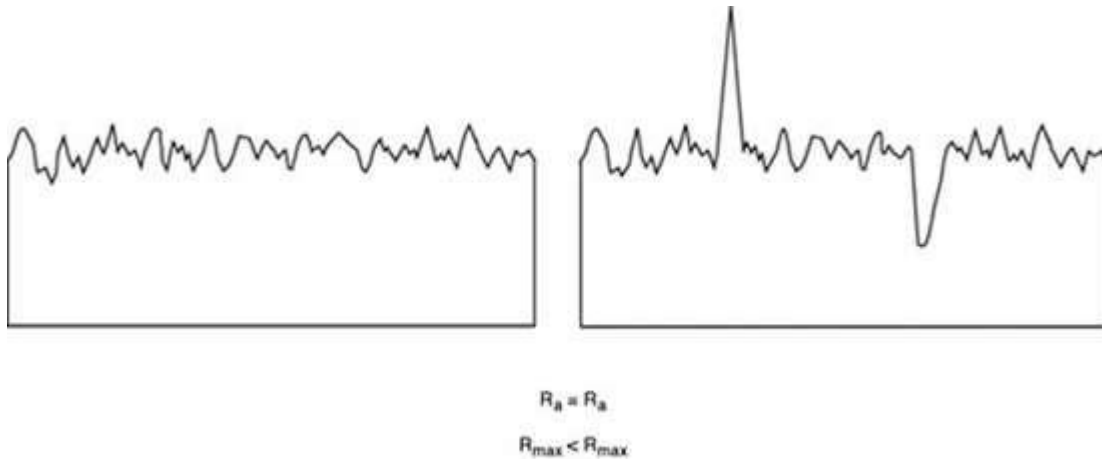
- Tabla 5.- acabado superficial de acuerdo con el tipo de maquinado.

La especificación o tabla que a continuación se presenta es estándar internacional que muestra el tipo de acabado de acuerdo con el proceso de manufactura que se emplea y el valor fue corroborado con un rugosímetro marca Mitutoyo.



- Tabla 6.- Tabla internacional de rugosidad requerida para procesos.

La rugosidad es el acabado en una superficie si se observa a través de un microscopio se pueden ver como diminutos valles que es lo que determina el buen funcionamiento de un proceso como el extruido. Véase la tabla a continuación que representa lo expresado en este párrafo.

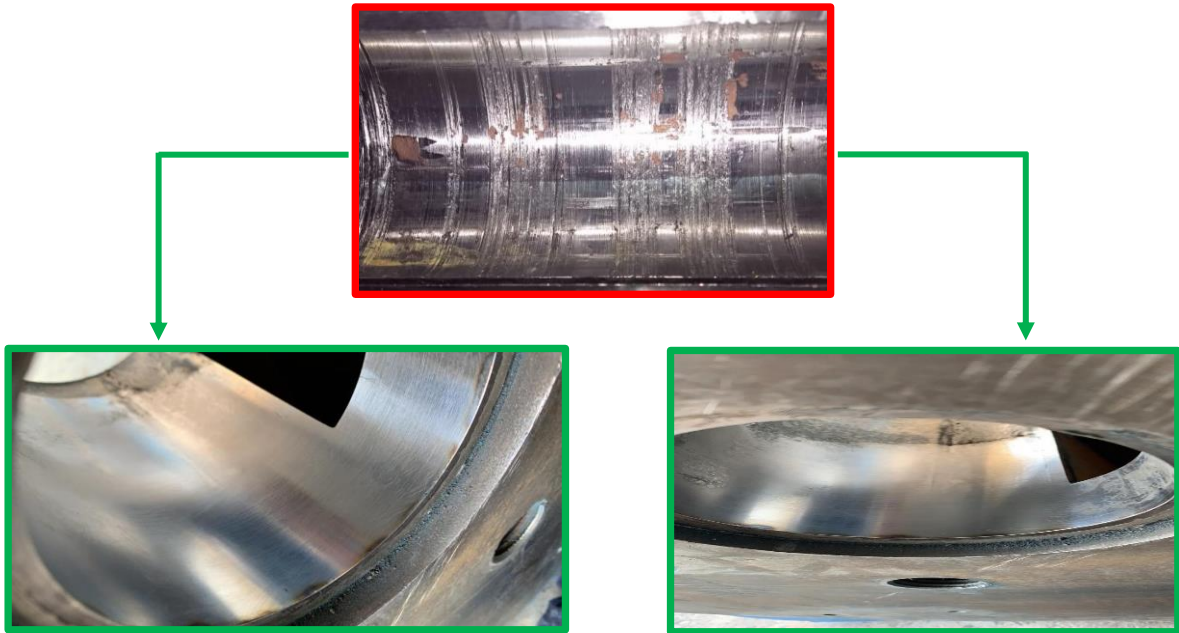


- Tabla 7.- Rugosidad a escala.

| R_a micrometer μm | R_a micro-inch μin | Roughness Grade Numbers (New)** | Roughness Grade Numbers (Old)*** | R_t | $\sqrt{R_a}$ | Old Style | American standard |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--|-------|--------------|--------------|----------------------|
| 50 | 2000 | N12 | | | | | |
| 25 | 1000 | N11 | ▽ | | | | |
| 12.5 | 500 | N10 | | | | | |
| 6.3 | 250 | N9 | ▽▽ | 32 | 6.3 | 32 | 250√ |
| 3.2 | 125 | N8 | ▽▽ | 16 | 3.2 | 16 | 125√ |
| 1.6 | 63 | N7 | ▽▽ | 8 | 1.6 | 8 | 63√ |
| 0.8 | 32 | N6 | ▽▽▽ | 4 | 0.8 | 4 | 32√ |
| 0.4 | 16 | N5 | ▽▽▽ | 2 | 0.4 | 2 | 16√ |
| 0.2 | 8 | N4 | ▽▽▽ | 1 | 0.2 | 1 | 8√ |
| 0.1 | 4 | N3 | ▽▽▽ | 0.5 | 0.1 | 0.5 | 4√ |
| 0.05 | 2 | N2 | ▽▽▽ | 0.25 | 0.05 | 0.25 | 2√ |
| 0.025 | 1 | N1 | ▽▽▽ | | | | |

- Tabla 8.- Clasificación de grados de rugosidad.

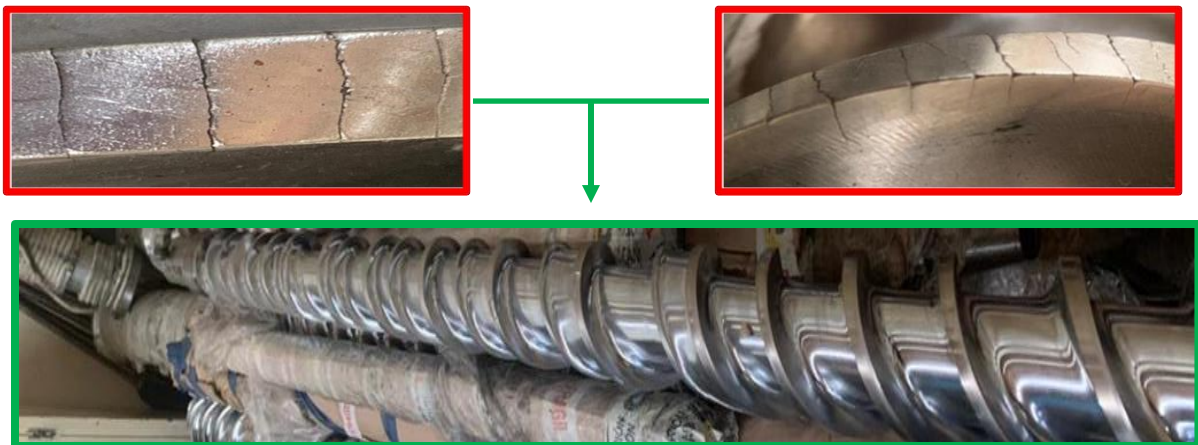
Buje interno del Herramental



- Figura 16.- Mantenimiento correctivo (buje tratamiento térmico con tratamiento superficial cromo duro).

La medida final de la cavidad interno es de $89.3 \pm .20$, esta quedo en 89.35 ya con cromo duro permaneciendo dentro de la tolerancia permitida.

Otra de las herramientas corregidas en mantenimiento correctivo. Se repararon las fracturas con soldadura para acero tratado y que alcanza una dureza de 65 HRC con la cual fue 7013



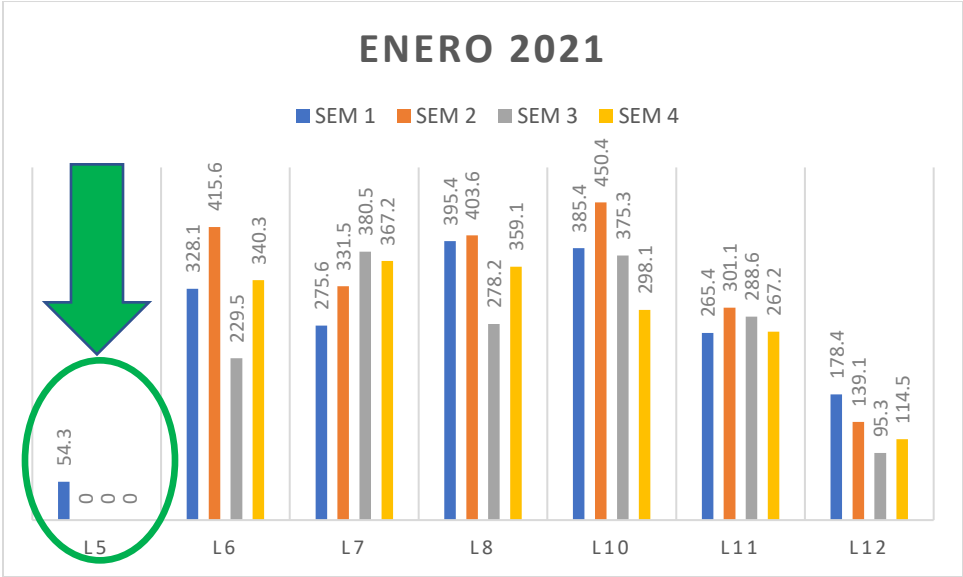
- Figura 17.- Usillo reparado

El herramental se entregó el 2 de enero del 2021 y desde esa fecha se le ha dado seguimiento sin presentar problemas visuales, ni daños en el mismo. A su vez se colocó un usillo nuevo para descartar un posible daño y a su vez poder dar un seguimiento correctamente.

Sin embargo, cabe mencionar que se tuvo un paro por ajuste que fue de 54.3 de ahí hacia adelante esa línea de producción no ha reportado paros por herramental.

Recordemos que se planteó al inicio del proyecto tomar una línea de producción para validar lo proyectado.

En la siguiente grafica se puede observar la línea número 5 que fue la elegida para realizar el proyecto y observamos una mejora considerable en los paros de equipo del mes de enero 2021.



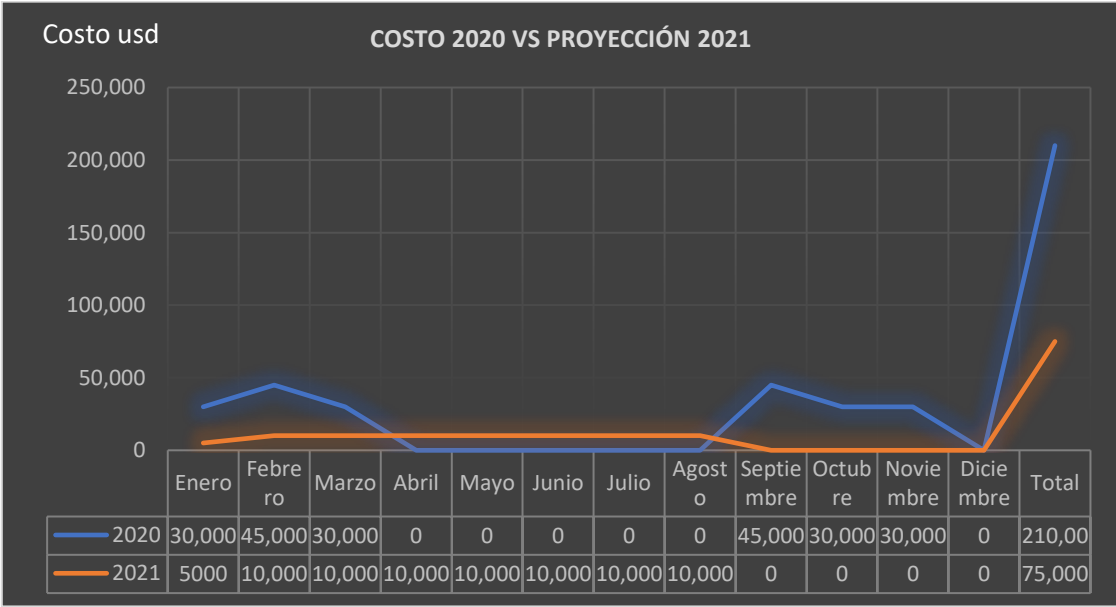
- Figura 18.- Tiempo de paro por herramentales.

Con esta información podemos mencionar que el área de calidad también reporto una disminución en los defectos por herramental en cuanto a los 2 principales defectos que era carcomido y grumo se redujo un 70% de ese defectivo. El otro 30% se está analizando ya que los operadores siguen ajustando parámetros críticos para terminar corridas de producción más rápido. A esto se está planeando quitar el acceso a los parámetros de proceso y que solo el supervisor de producción y líderes de la misma área sean los que tengan acceso a este punto y de esta manera bajar a un más el defecto en estos dos puntos.

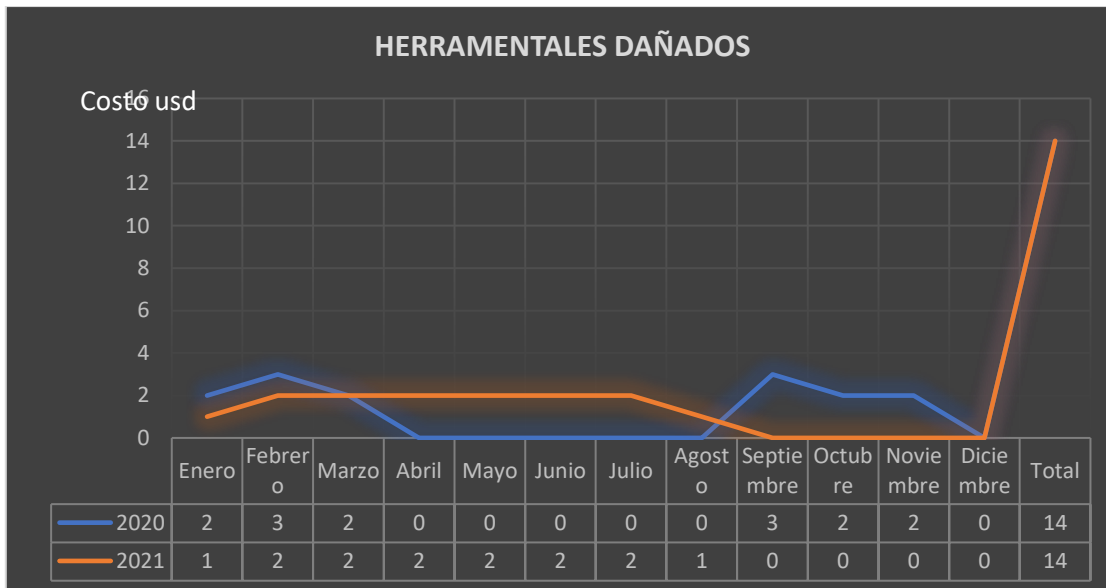
En el mes de enero se determinó por parte de la gerencia de planta que de acuerdo con el seguimiento que se le dio al herramental y hasta ahora muestra una mejoría considerable, no adquirir herramientas nuevos y reparar los que están en esas condiciones.

En la gráfica podemos observar el ahorro proyectado con los 13 herramentales que quedan dañados para este 2021 y el ahorro que se tendría vs 2020 sería de \$135,000 usd.

Cabe resaltar que hasta el momento se tienen 14 herramentales para reparación mas los que resulten meses mas adelante. Aun y con esto estos el costo se pretende que sea menor al del 2020.



- Anexo 17.- Reducción de costo de herramentales proyección 2021



- Anexo 18.- Plan de reparación de herramientas proyección 2021.

El análisis mostrado en este proyecto debe de hacer énfasis que hay otras variables importantes que se deben de someter a un control o un candado para evitar cualquier alteración al proceso.

Esa otra variable es el operador de producción el cual tiene acceso para poder modificar las recetas del proceso como velocidad y esto es un punto crítico para mantener en buen estado el cromo duro y evitar la sobrecarga al usillo esto debido la presión que se ejerce dentro del extrusora.

Es aquí donde entra un plan de capacitación de la importancia hacia el personal operativo y evitar estas malas prácticas de manufactura.

12.- CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de este proyecto era la reducción del costo y la mejoría del herramental a través de una metodología del análisis de una metodología lean, una metodología que como en cada una de sus etapas no hace preguntas directas y claras, y aportar una solución para un bien común dentro de la compañía en un proceso de identificación independizándolo de la subjetividad del grupo (personas que participaron) ligada al juicio de estas basados en datos e información.

Así pues, la principal de este trabajo consistente en el diseño e implementación de un sistema de mantenimiento correctivo a los herramientas y también el desarrollo de un proveedor local que nos ayudó en el proceso, siguiendo con sus recomendaciones para una solución óptima. Los procesos desarrollados en esta tesina, además de ser novedosos para la compañía, aumentan la efectividad y calidad en la misma.

Las conclusiones que se derivan del trabajo de investigación que se presenta enlazan entre sí los temas tratados en el proceso de extrusión que se explican a continuación.

En la tesina se demuestra que con un mantenimiento adecuado a los equipos aplicando técnicas de ensamblaje, maquinado, tratado térmico reduce eficientemente tanto el gasto mensual extra del departamento, paros de equipo por herramental dañado. Ya que con la mejora del diseño que se realizó al herramental añadiéndole un buje endurecido y añadiéndole un tratamiento superficial de igual manera recomendado por el especialista el cual fue el cromo duro por su dureza y resistencia al proceso de extrusión ha tenido resultados óptimo en el proceso en 30 días que ha estado trabajando sin mostrar ningún problema.

Finalmente quedaría plantear cuáles pueden ser las líneas de investigación ya sea la metodología empleada aquí y/o alguna otra que nos dirija de una manera analítica, estadística, pero sobre todo que nos maneje datos reales siguiendo un plan o cronograma para su seguimiento. Cabe mencionar que se determinó realizar en primera instancia la mejora de un herramental y de continuar con la eficiencia que ha mostrado hasta los días analizados se realizara un plan para su mantenimiento emergente del resto teniendo un impacto a corto plazo.

13.- REFERENCIAS.

Bibliografía

- Drozda, Tom; Wick, Charles; Bakerjian, Ramon; Veilleux, Raymond F.; Petro, Louis, *Tool and manufacturing engineers handbook: Forming 2*, SME, ISBN 0872631354.
- Oberg, Erik; Jones, Franklin D.; Horton, Holbrook L.; Ryffel, Henry H. (2000), *Machinery's Handbook* (26ª edición), New York: Industrial Press Inc., ISBN 0-8311-2635-3.
- Horno continuo Archivado desde el original el 16 de julio de 2011. Consultado el 10 de agosto de 2012.
- Todd, Robert H., Dell K. Allen, and Leo Altng. *Manufacturing Processes Reference Guide*. 1st. Ed. New York: Industrial Press Inc., bharani 1994

Enlaces externos.

- *Engineering Fundamentals*. Extrusión.
- Extrusión; *cross-sectional tolerances*.
- Canal de igualdad de extrusión angular (en la Wikipedia en inglés).
- Extrusión de impacto (en la Wikipedia en inglés).
- Revestimiento por extrusión (en la Wikipedia en inglés).
- <https://www.materialmundial.com/sae-aisi-acero-4140-ficha-tecnica-propiedades/>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Templado_del_acero
- <https://www.cnccookbook.com/surface-finish-chart-symbols-measure-calculators/>