



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Tiempo del ciclo de punzonado
industria metal mecánica**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Industrial

P R E S E N T A

Flores González Ricardo

ASESOR DE INFORME

Dr. Adrián Espinoza Bautista



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Contenido

PROLOGO.....	3
CAPÍTULO I. ACEROS PERFORADOS Y MALLAS.....	4
I.I Historia	4
I.II. Productos.....	5
CAPÍTULO II. PUESTO DENTRO DE LA EMPRESA	6
II.I. Perfil y actividades de un Ingeniero en costos	6
CAPÍTULO III. PROCESO DE PUNZONADO	7
III.I. Punzonado	7
III.II Máquinas de punzonado	10
III.III. Trabajo en lámina metálica.	11
III.IV. Fórmulas para obtener coordenadas en arreglo a 60°	12
III.V. Fórmulas para obtener coordenadas en arreglo a 90°	13
III.VI. Cálculo de tonelaje.....	13
III.VII. Consideración especial.....	14
CAPÍTULO IV. PROPUESTA PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO DEL CICLO DE PUNZONADO.....	15
IV.I. Aplicación del proyecto.....	18
IV.II. Excel como apoyo para estandarización de los datos.....	22
CAPÍTULO V. RESULTADOS.	24

PROLOGO

El presente documento nos da una introducción de una empresa en la industria metalmecánica y el proceso de manufactura (punzonado) el cual genera la mayor derrama económica, se consideró que debe poseer el cálculo del tiempo del ciclo, pues se observó durante la estadía en la empresa que siempre había demoras en las entregas por falta de planeación o por una estimación errónea del proceso.

Se presenta una breve introducción de lo que hoy es Aceros Perforados y Mallas SA de C.V., misión, visión y valores dentro de la empresa, los productos que maneja y los servicios que también da.

La importancia de la ingeniería dentro de la empresa y en todas las áreas, al ser un Ingeniero en costos para la empresa.

Estudio del tiempo del ciclo de punzonado y su estandarización para el cálculo de éste con ayuda de la herramienta Excel, para su implementación y correcta capacitación del personal de ventas que ayudará a mejorar respecto al tiempo de entrega de los productos.

CAPÍTULO I. ACEROS PERFORADOS Y MALLAS

I.I Historia

Es una empresa fundada en diciembre del año 2000 con el nombre de ALDESA, dedicada inicialmente a la distribución de una amplia variedad de productos metálicos, entre ellos lámina perforada. La incorporación de maquinaria de control numérico en sus procesos les ha permitido consolidarse entre los mejores fabricantes del ramo, cambiando así su razón social a Aceros perforados y Mallas SA de CV, a partir del 1 de febrero del 2006.

Su participación en la industria desde entonces ha revolucionado la demanda del mercado al manejar un enfoque flexible en sus productos, incluyendo metal desplegado, mallas, láminas, placas perforadas, entre otros productos metálicos, todos diseñados conforme a las especificaciones y necesidades del cliente, lo que los convierte en una de las mejores opciones de compra.

Misión

Ser una empresa líder y competitiva a nivel nacional, superando las expectativas de los clientes, con altos estándares de calidad, comprometidos con una filosofía de mejora continua.

Visión

Proveer soluciones a las necesidades de nuestros clientes, transformando nuestro conocimiento en la fabricación especial, de manera eficiente, oportuna y rentable.

Valores

- Compromiso: Trabajamos para contribuir al éxito y sostenibilidad de la empresa, mejorando la productividad, creciendo con rentabilidad y buscando soluciones que aporten mayor valor a nuestro trabajo.
- Excelencia: Somos lo que hacemos y estamos comprometidos con una filosofía de mejora continua en el cumplimiento de nuestras funciones.
- Respeto: Tratamos a los demás como deseamos ser tratados con dignidad, igualdad y confianza, trabajando en forma cohesionada compartiendo objetivos y metas valorando los intereses y necesidades del otro.
- Pasión: Somos una organización donde la excelencia en el desempeño es dirigida por una fuerza interior implacable que sale del corazón y del alma, que nos impulsa a establecernos metas cada vez más desafiantes que se apartan de lo razonable para otros.
- Familia: Somos una empresa donde aprendemos a proteger y a ser protegidos entre nosotros, formando un vínculo de amor y respeto que nos une más allá de una relación laboral, creando un lugar agradable y armonioso donde sentirnos seguros.

I.II. Productos

Su producto estrella es lámina perforada que es utilizada en distintos tipos de industria como farmacéutica, alimenticia, mobiliario urbano, etc. Se manejan diversos tipos de lámina metálica ya sea acero negro, galvanizado, aluminio, latón, titanio, inoxidable. Incluso se puede trabajar materiales como el caucho, aunque de difícil ocurrencia. Los tipos de perforaciones son redondo, oblongo, hexagonal, cuadrada, rectangular e incluso triangular.

Las láminas perforadas pueden ser del tipo lineal, alternado a 60° o invertido y del tipo artístico este puede involucrar distintos tipos de perforaciones y dimensiones.

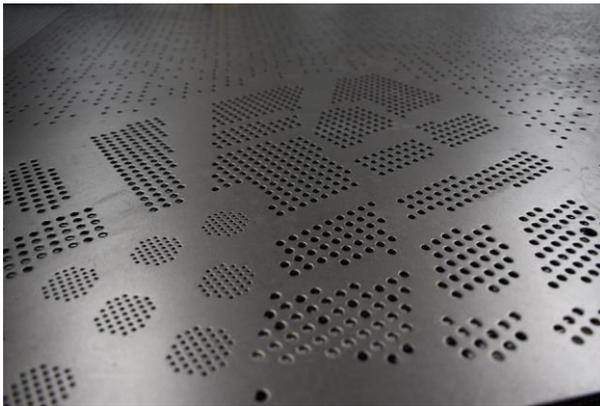


Ilustración 1-1. Lámina arreglo especial

Dentro de los servicios que ofrecen está el rolado, doblado, soldadura (TIG, MIG, electrodo) corte y grabado laser (CO₂ y oxígeno). Todos estos servicios le han valido para tener proyectos como el Mexibús del Estado de México.

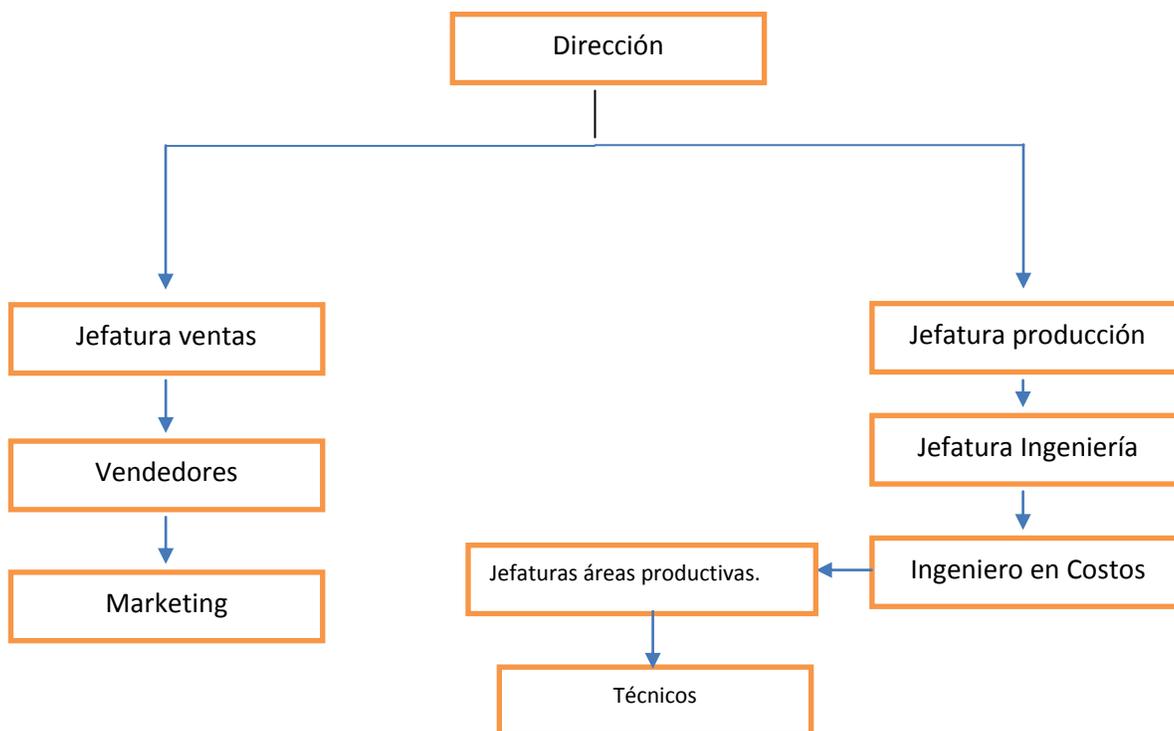
CAPÍTULO II. PUESTO DENTRO DE LA EMPRESA

Dentro de la empresa existían dos puestos para el área de ingeniería, eran Ingeniero en costos y Proyectista mecánico, después de una propuesta hecha por el departamento de recursos humanos estos dos se unificaron y solo permaneció el de ingeniero en costos.

II.I. Perfil y actividades de un Ingeniero en costos

El perfil que busca la empresa son ingenieros recién egresados o en los últimos semestres de las carreras mecánica, industrial, civil o arquitectura. Con conocimientos dentro de la industria y procesos de manufactura de metales. Es indispensable el uso de programas para diseño asistido por computadora como AutoCAD y SolidWorks porque se realizan planos para el área productiva. También el buen uso de Excel, con ayuda de este se realizan cotizaciones para distintos tipos de proyectos.

Las actividades por realizar son muy diversas, programación a pie de máquina, de máquinas de control numérico para el punzonado de la marca Euromac con el programa Toppunch. También se generan programas de corte laser con un software especializado llamado Lantek el cual solo necesita el dibujo generado desde AutoCAD para generar el código y llevar el correcto procedimiento. Se deben generar planos de corte, doblado, rolado, soldadura, con especificaciones muy precisas del del trabajo a realizar.



La relación que guarda el ingeniero en costos con el área productiva debe ser muy grande pues es necesario que este al tanto de las maquilas que ha procesado para evitar errores de los operarios o malinterpretación de los planos. Por ello es indispensable que conozca los procesos dentro de la empresa y no se limite a funciones específicas del puesto.

Una función muy importante es que el ingeniero en costos haga visitas a clientes potenciales y haga levantamientos de campo por ello es indispensable que haga el buen uso de instrumentos de medición, conozca los tipos de aceros y calibres; en general un conocimiento amplio de la industria metalmeccánica.

CAPÍTULO III. PROCESO DE PUNZONADO

Para dar inicio al proyecto que se generó para el beneficio de la empresa es necesario explicar lo que es el punzonado y describirlo.

III.I. Punzonado

Este es un proceso de corte de láminas metálicas el cual consiste en la compresión del material entre la superficie de contacto del punzón y la matriz, a medida que el primero penetra el material se fractura lo que hace que se obtenga un área de corte. Las láminas metálicas que se procesan dentro de la empresa son siempre aceros de bajo contenido de carbono, aluminio y aceros inoxidable.

Las formas que se pueden obtener con este proceso son variadas tales como redondos, circulares, rectangulares, oblongas, hexagonales etc. Todo esto varía dependiendo de las necesidades del cliente.

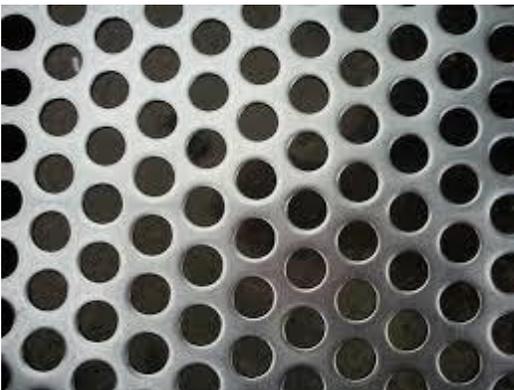


Ilustración 3-1. Lámina perforado acero negro.

Se puede considerar que el punzonado pasa por tres etapas las cuales son:

1. Deformación: El punzón genera un esfuerzo sobre la lámina metálica que generan una deformación elástica hasta el punto de llegar a la plástica.
2. Penetración: El filo de corte de ambas herramientas producen grietas en el material debido a la concentración de tensiones.
3. Fractura: Se origina la separación del material debido a las fracturas, al suceder el punzón continua su descenso (“se le conoce como carrera inferior”) para arrojar la rebaba.

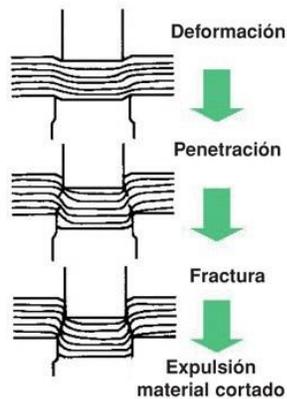


Ilustración 3-2. Proceso de punzonado

Como se hizo mención anteriormente, para que este proceso se lleve a cabo es necesaria herramienta de corte conocida como punzón y matriz.

El primero es el encargado de hacer un corte de manera superficial, la vida útil de este por especificaciones del fabricante es de 20 mm, aunque se puede seguir utilizando después de haber rebasado esta dimensión no es recomendable. Algunos de ellos poseen recubrimiento de TiC, TiN, CrC, W2C y TiC-TiN, esto para aumentar la vida útil de la herramienta y evitar que se adhiera material al punzón y provocar retrasos en producción por daño a la lámina metálica.



Ilustración 3-3. Herramienta de corte (punzón)

El material del que están fabricados como el de la mayoría de las herramientas de corte es HSS, donde según el calibre a perforar se recomienda cierta aleación y se muestra en la siguiente tabla.

ESPELOR (mm)	ALEACION
0.4 - 2.7	F-5603 (AISI M2) o F-5221 (AISI D2)
3 - 8	F-5220 (AISI 01) o F-5227 (AISI A2)

Tabla 1. Aleación de punzones

Para la perforación de calibres más robustos se recomienda utilizar punzones con recubrimiento y con un afilado en rooftop. Esto se hace debido a que las máquinas punzonadoras muchas veces no soportan el tonelaje requerido para hacer esta operación.

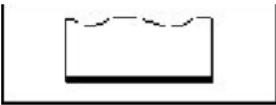
Tipo de afilado	Fuerza requerida	Geometría	Prof. Inclinción
Estándar	100%		0 mm
Whisper	50%		3 mm
Rooftop	50%		3 mm
Cóncavo	67%		2 mm
Personalizado	77%		2.5 mm

Tabla 2. Tipos de afilado de punzón

La matriz es la encargada de realizar el corte en la parte inferior de la lámina metálica y también se encarga de que la rebaba o scrap no regrese con el punzón ya que posee un borde o cuello que lo impide.



Ilustración 3-4. Herramienta de corte (matriz)

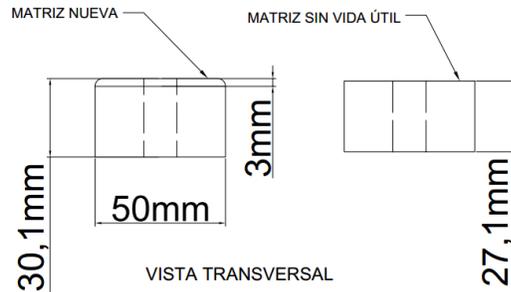


Ilustración 3-5. Vida útil de una matriz

La medida ideal de una matriz de punzonado es de 30.1 mm, esta tiene una vida útil de 3mm, aunque esta puede prolongarse mucho más con la ayuda de calzas, el momento para desechar esta herramienta es cuando pierde el pequeño chaflán que posee.

III.II Máquinas de punzonado

Una máquina punzonadora es aquella que se utiliza para perforar distintos tipos de materiales con ayuda de la herramienta ya explicada, estas pueden ser manuales o de control numérico, puede realizar arreglos complejos con distintos tipos de herramienta.



Ilustración 3-6. Máquina punzonadora Euromac

En la empresa aceros perforados y mallas se cuentan con 8 máquinas que se caracterizan por su área de trabajo que va de los 2450mmx1220mm a 2250mmx1220mm. Los metales más comunes con los que se trabaja son acero negro, acero inoxidable T-304, acero inoxidable T-403, acero inoxidable T-430, aluminio y latón.

Especificaciones técnicas máquina de punzonado Ilustración 3-6

- Capacidad de Punzonado 300KN (30.5810 ton)
- Área de trabajo sin reposición 750 x 1250 mm
- Área de trabajo con una reposición 1500 x 2500 mm
- Espesor máximo de material 6 mm
- Número de golpes por minuto 340 golpe x min
- Peso total de la máquina 3620 kg
- Dimensiones de la máquina (A x L x H) 2300 x 2160 x 1800 mm

III.III. Trabajo en lámina metálica.

Para iniciar nuestro ciclo de punzonado debemos conocer las características los trabajo a realizar y son las siguientes.

1. Dimensión de la perforación y paso: Este será la dimensión del redondo que queramos en nuestra lámina metálica y la distancia entre centros que queremos obtener.
2. Arreglo de la perforación: Este puede ser a 90° (lineal), 60° (alternado) o artístico este es dependiendo de los requerimientos del cliente y puede utilizar distintos tipos de tamaño de herramienta y adoptar distintas formas.
3. Margen: La distancia desde el filo de la lámina metálica que no queremos que se perfore.
4. Dimensiones de la lámina metálica: Este varía según necesidades del cliente los más usuales y trabajados en esta industria son 4'x10', 4'x8', 3'x10' y 3'x8'. No excluyendo otros tamaños siempre que el área de trabajo de la máquina punzonadora nos lo permita,
5. Material de la lámina metálica: Este es indispensable para conocer el tonelaje que será necesario para trabajar y si es posible realizar el trabajo sin tantas demoras o herramientas dañadas.

III.IV. Fórmulas para obtener coordenadas en arreglo a 60°

Las coordenadas se pueden obtener de manera gráfica con algún software de dibujo en este caso AutoCAD o bien por el método analítico utilizado en la empresa de la siguiente manera.

$$Gx = \frac{Lx - 2M - R}{P}$$

$$Px = \frac{Lx - 2M - R}{Gx - .5}$$

$$X1 = \frac{Lx - [(Gx - .5)(Px)]}{2}$$

$$X2 = Lx - X1$$

$$Gy = \frac{Ly - 2M - R}{2P \text{Sen}60}$$

$$Py = \frac{Ly - 2M - R}{Gy - .5}$$

$$Y1 = \frac{Ly + [(Py)(Gy - .5)]}{2}$$

$$Y2 = Y1 - \frac{Py}{2}$$

Ecuaciones para arreglo a 60°

R: Diámetro de perforación

M: Margen perimetral

P: Distancia entre centros ideal

Gx: Número total de golpes en el eje X

Lx: Longitud total de lámina en el eje X

Px: Distancia entre centros

X1: Centro geométrico donde se dará el primer golpe de la primera línea de barrenos.

X2: Centro geométrico donde se dará el primer golpe de la segunda línea de barrenos.

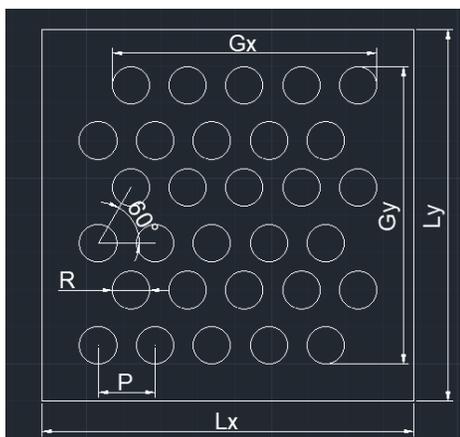


Ilustración 3-7. Arreglo 60° también llamado alternado

III.V. Fórmulas para obtener coordenadas en arreglo a 90°

Este también es conocido como arreglo lineal y su cálculo es el siguiente:

$$Gx = \frac{Lx - 2M - R}{P}$$

$$Px = \frac{Lx - 2M - R}{Gx - 1}$$

$$X1 = \frac{Ly - [(Gy - 1)(Py)]}{2}$$

$$Gy = \frac{Ly - 2M - R}{P}$$

$$Py = \frac{Ly - 2M - R}{Gy - 1}$$

$$Y1 = \frac{Ly + [(Gy - 1)(Py)]}{2}$$

Ecuaciones para arreglo a 90°

R: Diámetro de perforación

M: Margen perimetral

P: Distancia entre centros ideal

Gy: Número total de golpes en el eje Y

Ly: Longitud total de lámina en el eje Y

Py: Distancia entre centros

Y1: Centro geométrico donde se dará el primer golpe de la primera línea de barrenos.

Y2: Centro geométrico donde se dará el primer golpe de la segunda línea de barrenos.

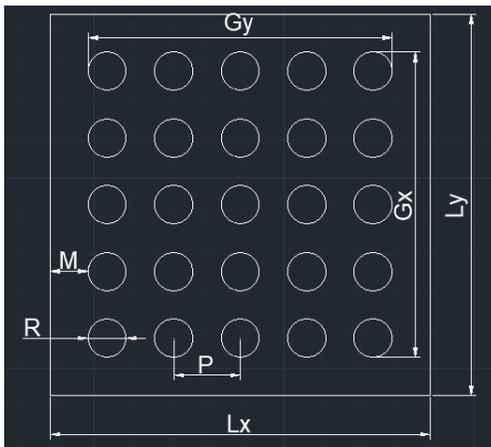


Ilustración 3-8. Arreglo 90° también llamado lineal

III.VI. Cálculo de tonelaje

El cálculo del tonelaje de punzonado es indispensable y este nos sirve para saber si la máquina podrá soportare el tonelaje requerido y si es necesario tomar medidas preventivas antes de iniciar el trabajo. Esta definido de la siguiente manera:

$$TON = \frac{(Perimeto\ agujero(mm) \times Espesor\ chapa(mm) \times dureza\ del\ material(kg/mm^2))}{1000}$$

Los perímetros más usuales se muestran a continuación

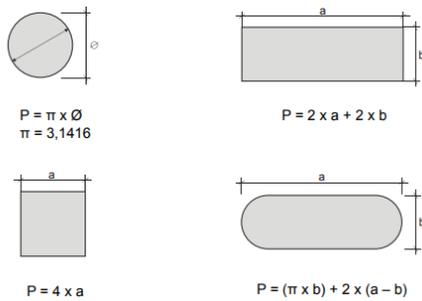


Ilustración 3-9. Perímetro formas comunes punzón

Dureza Brinell media de materiales comunes punzonados en la industria

Aluminio	30 kg/mm ²
Latón	25 kg/mm ²
Cobre	22 kg/mm ²
Hierro	45 kg/mm ²
Inoxidable	85 kg/mm ²

Tabla 3. Dureza Brinell media de materiales

En la empresa las máquinas no trabajaban según las especificaciones técnicas el máximo tonelaje que soportan es de 15 Toneladas cuando el cálculo excede este límite los punzones se afilan en Rooftop.

III.VII. Consideración especial

Si la vena que existe entre los barrenos es menor a cinco veces el calibre de la lámina esta se pandeara de manera drástica y el cuidado deberá ser mayor para que se evite dañar la lámina, el tiempo de fabricación deberá ser al menos un tercio más de lo considerado.

CAPÍTULO IV. PROPUESTA PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO DEL CICLO DE PUNZONADO

La problemática para solucionar es el tiempo de entrega para los productos que involucran punzonado pues es un problema que atañe a la empresa día con día y que no se le ha dado solución por falta de tiempo o de interés. Creo que es muy importante dar solución porque así se pueden evitar fechas de entregas vencidas, clientes inconformes y una mejor planeación por parte de la jefatura de producción.

Esto en gran parte es por falta de capacitación al área de ventas que si bien su trabajo es hacer ventas que generen ingresos para la empresa prometen tiempos de entregar irreales, no es necesario que se vuelvan unos expertos en cuestiones técnicas, pero si es necesario que tenga a su disposición una herramienta que les permita calcular el tiempo del ciclo de punzonado sin perder de vista su objetivo el cual es vender. Con ello busco facilitar por los medios posibles su labor y también que la responsabilidad no resida sobre el departamento de ingeniería, porque el labor de este departamento es generar planos y programar las máquinas según la necesidad diaria, pero cuando existen problemas en cuanto al tiempo de entrega cae la culpa directa en el departamento cuando nosotros no somos los responsables y tampoco vendemos, en repetidas ocasiones se tuvo que solucionar problemas con herramientas del tipo clúster las cuales poseen más insertos lo que reduce el tiempo de entrega pero el problema con este tipo de herramienta es generar el mismo tipo de arreglo ya generado con un mono punzón y vuelve más difícil la programación, en ocasiones se tiene que trabajar con dos herramientas para solucionar el problema.

Para solucionar este particular problema lo que hice fue estudiar el proceso y tiempo durante mi estancia en la empresa desde cuestiones como el armado de herramienta y su colocación para el trabajo, carga y descarga de la materia prima, tiempo de programación a pie de máquina por ingeniero y verificar el tiempo de maquinado en distintos tipos de trabajo.

En la literatura es escasa la información acerca del tiempo de ciclo de punzonado, tome en cuenta la literatura de procesos de manufactura de otros procesos y mi propuesta es la siguiente manera, me base en la experiencia que obtuve en la industria, considere los factores involucrados y no pase por alto los tiempos que si se involucran dentro de todo el ciclo y que pudiera menospreciarse erróneamente

$$Tt = Tc/d + Tprod + Tprog + Ther + Tmant$$

Donde

- $t c/d$: Tiempo de carga y descarga de lámina.

- t prod: Tiempo total del maquinado (punzonado).
- t mant: Tiempo de mantenimiento de la herramienta
- t prog: Tiempo de programación
- t herr: Tiempo asociado a la carga y descarga de la herramienta

Tiempo de producción

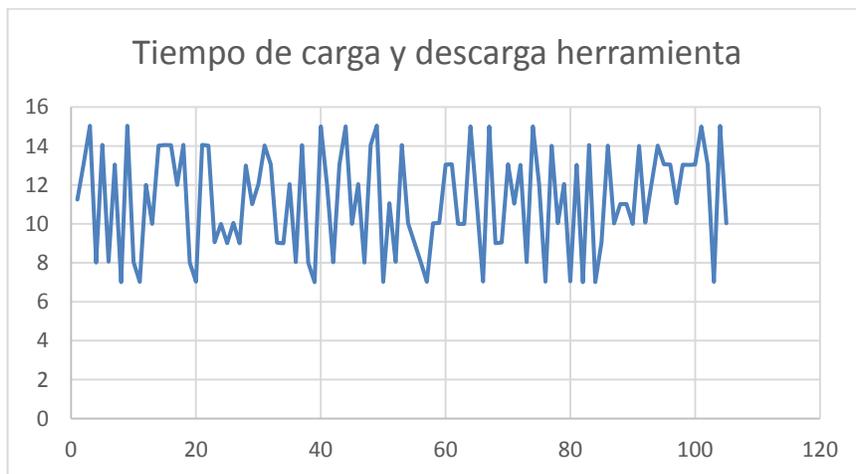
El tiempo de producción ideal está definido siempre por la máquina, si bien es una buena aproximación no es común hacer caso a este, porque desde dirección se ha acordado trabajar las máquinas a una capacidad de 100 golpes por minuto.

Si bien las máquinas tienen una mayor capacidad de golpes por minuto tampoco es recomendable sobrepasarlo porque a estas les hace falta el mantenimiento preventivo adecuado, por ello no se sobrepasan los límites establecidos pues las máquinas suelen sufrir averías y retardar más el proceso.

El tiempo de herramienta y de mantenimiento los consideré distintos pues definí como tiempo de herramienta lo que el operario tarda en montar y desmontar de manera correcta, mientras que el mantenimiento es el tiempo que pasa en la máquina especializada en volver a dar filo a la herramienta éstas ya tienen un tiempo estándar para el afilado.

$$t_{herr} = 11.33 \text{ min}$$

$$t_{mant} = 5 \text{ min}$$



Gráfica 1 tiempo carga y descarga de herramienta

Promedio de carga y descarga herramienta 11:20 min =11.33 min

En el tiempo de mantenimiento se considera que el punzón y la matriz guardan una relación de 1:2, porque la matriz sufre menos desgaste en el proceso, pero esto no afecta al tiempo de mantenimiento establecido porque existen las suficientes máquinas de afilado como para satisfacer la necesidad.

El saber cuántos golpes se necesitarán para dar mantenimiento a nuestra herramienta no es una cuestión fácil de analizar porque influyen muchos factores y en cada trabajo cambian pues no siempre se está trabajando el mismo material o tipo de perforación. El departamento de herramienta de la empresa ha generado una base de datos a través de los años y según el material, calibre, dimensión y forma nos sugiere un mantenimiento a la herramienta, similar al que se muestra en la siguiente tabla.

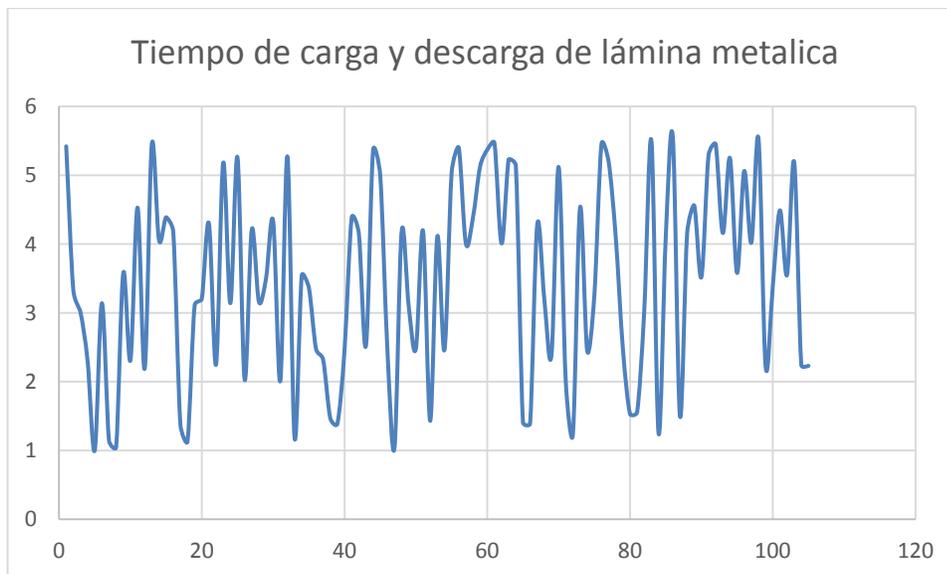
ALUMINIO (PULG Y mm)			Ø		MANTENIMIENTO (GG)
16	0.0650	1.6510	0.500	12.70	22000

Tabla 4 Mantenimiento. Departamento de herramienta

Tiempo de programación, cada ingeniero debe ser muy diestro al programar a pie de máquina; existen programas que por su complejidad pueden llevar hasta una hora de programación, aunque son pocos los programas que demandan tal exigencia. Dentro de este tiempo también se considera la obtención de coordenadas.

$$t_{prog} = 20 \text{ min}$$

Tiempo de carga y descarga del material y posicionamiento de este para trabajar.



Gráfica 2. Tiempo de carga y descarga de lámina metálica

Donde la media de estos datos es 3:50 min = 3.83 minutos

$$t \frac{c}{d} = 3.83 \text{ min}$$

Todos estos datos no los propuse al azar, tomé cada uno de los tiempos durante 6 meses de manera constante, generando una estimación muy buena de cada uno de los puntos antes mencionados.

También tome en cuenta para este cálculo que la duración de la jornada de un técnico en punzonado es de ocho horas y media con una hora de comida, por lo tanto, tenemos siete horas y media productivas (450 minutos).

- t c/d: Tiempo de carga y descarga de lámina = 3.83 min
- t prod: Tiempo de maquinado = Numero de golpes por programa/ 100 $\frac{\text{golpes}}{\text{minuto}}$
- t prog: Tiempo de programación por programa = 20 minutos
- t mant: Tiempo asociado a mantenimiento = 5 minutos.
- t herr: Tiempo asociado a carga y descarga de herramienta: 1.33 minutos

IV.I. Aplicación del proyecto

Este trabajo se aplicó por primera vez a una maquila de 1500 piezas en lotes de 500.

Las especificaciones del cliente fueras las siguientes:

- Material acero al carbono de 4'x8'
- Calibre 16
- Perforación redonda de 1"
- Paso 1 ½"
- Margen 10 mm perimetral
- Alternado a 60°

Antes de iniciar el trabajo y cualquier otro cálculo revise la cuestión del tonelaje ya que como se mencionó en un capítulo anterior las máquinas de la empresa no debían ser sometidas a tonelajes mayores a 15.

Sustituyendo en la ecuación 1 tenemos que

$$TON = \frac{(25.4mm)(\pi) \times 1.65mm \times 45 \left(\frac{kg}{mm^2}\right)}{1000}$$

$$TON = 5.92 \text{ kg}$$

$$4.34 \text{ TON} < 15 \text{ TON}$$

Por lo tanto, es viable trabajar sin recurrir a afilados de punzón especial.

Cálculo de coordenadas.

$$Gx = \frac{Lx - 2M - R}{P} = \frac{2440\text{mm} - 2(10\text{mm}) - 25.4\text{mm}}{38.1\text{mm}} = 62.85039 \approx 63 \text{ (golpes) Redondeo hacia arriba.}$$

$$Px = \frac{Lx - 2M - R}{Gx - .5} = \frac{2440\text{mm} - 2(10\text{mm}) - 25.4\text{mm}}{63 - .5} = 38.3136 \text{ (mm) Cinco decimales para mayor exactitud}$$

$$X1 = \frac{Lx - [(Gx - .5)(Px)]}{2} = \frac{2440\text{mm} - [(63 - .5)(38.3136\text{mm})]}{2} = 22.70000 \text{ (mm)}$$

$$X2 = Lx - X1 = 2440\text{mm} - 15.00018 \text{ mm} = 2417.3000 \text{ (mm)}$$

$$Gy = \frac{Ly - 2M - R}{2P \text{ Sen} 60^\circ} = \frac{1220\text{mm} - 2(10\text{mm}) - 25.4 \text{ mm}}{2(38.1\text{mm}) \text{ sen} 60^\circ} = 17.79936 \approx 18 \text{ (golpes)}$$

$$Py = \frac{Ly - 2M - R}{Gy - .5} = \frac{1220\text{mm} - 2(10\text{mm}) - 25.4\text{mm}}{18 - .5} = 67.12 \text{ (mm)}$$

$$Y1 = \frac{Ly + [(Py)(Gy - .5)]}{2} = \frac{1220\text{mm} + [(67.12)(18 - .5)]}{2} = 1197.3 \text{ (mm)}$$

$$Y2 = Y1 - \frac{Py}{2} = 1197.3\text{mm} - \frac{67.12\text{mm}}{2} = 1163.74 \text{ (mm)}$$

Programación Software Euro Mac top punch

Las máquinas Euro Mac utilizan el software top punch, el manejo de éste es muy amigable y permite la programación únicamente introduciendo coordenadas y selección de herramienta. Este software nos permite hacer desde diseños de arreglos simples como lo es un arreglo lineal o arreglos polares, es importante mencionar que el Ingeniero que programa debe ser meticuloso al momento de introducir los datos ya que el error en este tipo de industria suele ser costoso y de difícil arreglo.

A continuación, se mostrará la programación en software para generar el arreglo en cuestión.

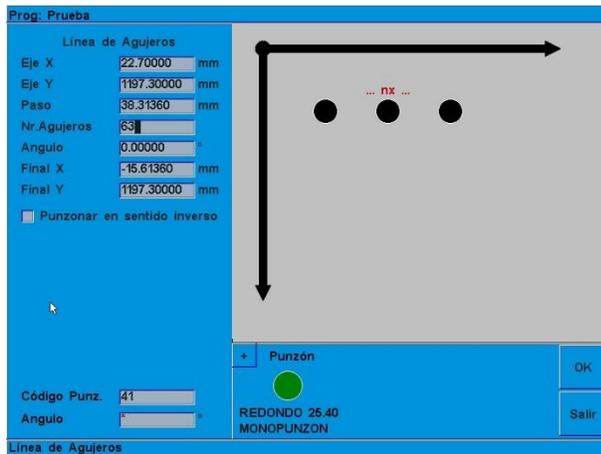


Ilustración 4-1. Coordenadas en X y golpes correspondientes, 0° inicia de izquierda a derecha. Primera línea.

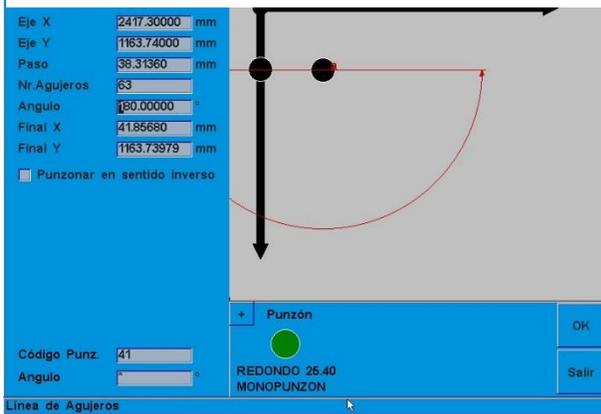


Ilustración 4-3. Coordenadas en X y golpes correspondientes, 180° inicia de derecha a izquierda. Segunda línea.

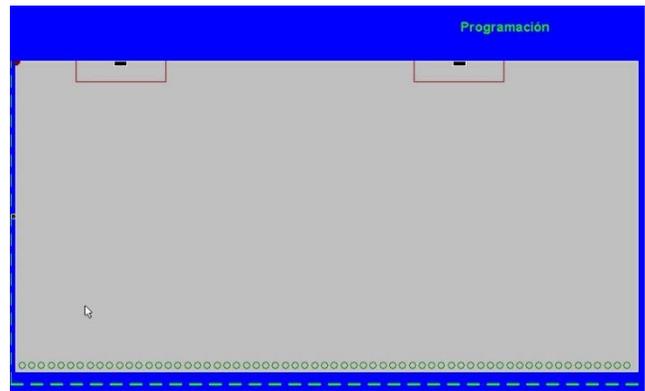


Ilustración 4-2. Primera línea de programación.

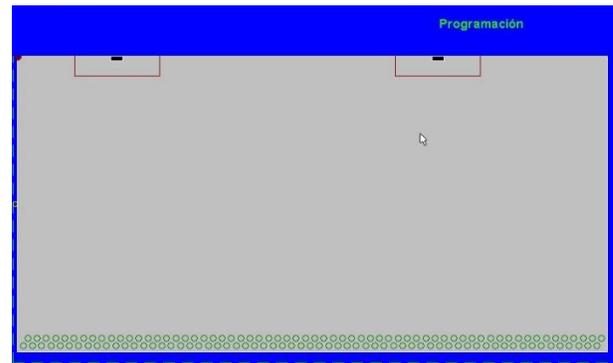


Ilustración 4-4. Segunda línea de programación.

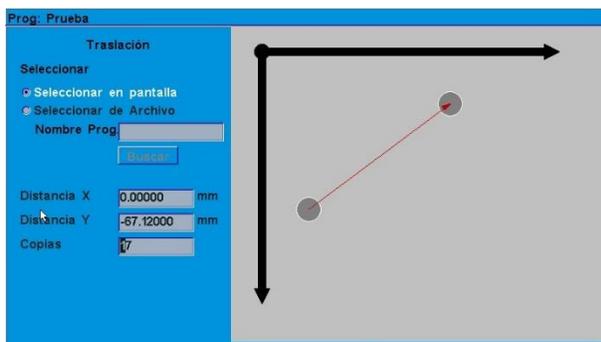


Ilustración 4-5. Desplazamiento eje Y (negativo por origen de la maquinaria)

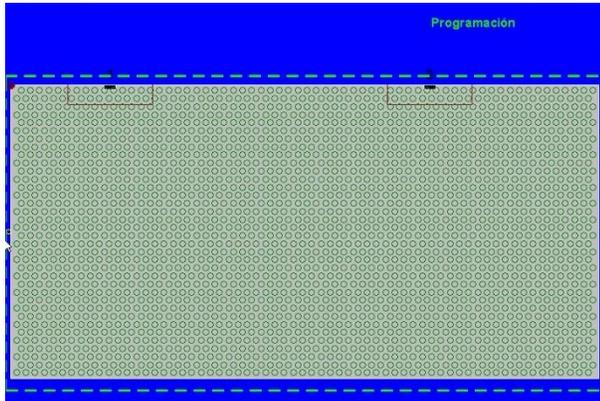


Ilustración 4-6. Arreglo terminado

Información General	
Posición de Carga Y X	1934.14000
Posición de Carga Y Y	610.00000
Posición de Descarga	X1934.14000 Y795.00000
Material	Mild Steel
Peso de la Chapa	213 kg
Tol. para Matrices Recomendada	0.182 mm
Contadores	
Lineas	2336
Golpes	2268
Reposiciones	2
Stop	0
Cambio Punzón	1
Cambio Multitool	0
Rotaciones	0
Volteos	0
Recorridos totales	
Recorrido X	91814.30240 mm
Recorrido Y	5728.98704 mm
Interpolación	0.00000 mm
Tiempo de trabajo estimado	0:20:00

Ilustración 4-7. Pantalla de simulación, información general.

Como se puede observar el mismo programa nos indica el tiempo estimado de trabajo en condiciones ideales, pero como sabemos estos tiempos varían diversos factores.

El tiempo de maquinado ideal está definido por la máquina en 20 minutos, si bien es una buena aproximación no es común hacer caso a este tiempo, como se había mencionado desde dirección se tiene la indicación que las máquinas se trabajen a razón de 100 golpes por minuto teniendo en cuenta esto y con revisión del tiempo de trabajo se tomó un tiempo de maquinado lo siguiente.

Golpes totales: 2268

Golpes por minuto: 100 golpes

$$\text{Tiempo estimado} = \frac{2268 \text{ golpes}}{100 \text{ golpes/minuto}} = 22.68 \text{ minutos} = 22 \text{ minutos } 40 \text{ segundos} \approx 23 \text{ min.}$$

Para saber cuántos golpes podemos dar con un punzón antes de requerir mantenimiento es necesario siempre consultar con el departamento de herramienta pues ha generado una base de datos basado en la experiencia en la empresa a través de los años y su recomendación fue la siguiente.

AC Y GAL. (PULG Y mm)	Ø		MANTENIMIENTO (GG)		
18	0.0478	1.2141	1.000	25.40	47000

Tabla 5 Mantenimiento departamento de herramienta.

Por lo tanto, tendremos que dar mantenimiento cada 20 láminas.

$$t_{herr} = 11.33 \text{ min}$$

$$t_{mant} = 5 \text{ min}$$

Tiempo de programación:

$$t_{prog} = 20 \text{ min}$$

Tiempo de carga y descarga del material y posicionamiento de este para trabajar.

$$t \frac{c}{d} = 3.83 \text{ min}$$

- $t_{c/d}$: Tiempo de carga y descarga de lámina = 3.83 min
- t_{prod} : Tiempo total del ciclo de maquinado = 23 min
- t_{prog} : Tiempo de programación por trabajo = 20 minutos por programa
- t_{her} : Tiempo asociado a mantenimiento = 5 minutos.
- $t_{c/d her}$: Tiempo asociado a carga y descarga de herramienta: 11.33 minutos

Tiempo de maquinado para 500 piezas

$$Tt = t_{c/d} + t_{prod} + t_{prog} + t_{mant} + t_{c/d her}$$

Sustituyendo

$$Tt = 3.83(500) + 23(500) + \frac{20}{500} + 25 * 5 + (25 * 11.33) = 13823.29 \text{ min}$$

IV.II. Excel como apoyo para estandarización de los datos

El uso de esta herramienta para simplificar los cálculos es porque es un software que la mayoría de las personas utiliza en vida laboral. En la siguiente plantilla el vendedor a cargo deberá introducir los datos requeridos para trabajar marcados en amarillo, con ello podremos saber desde el tonelaje necesario para llevar acabo del maquinado hasta cuanto tiempo tardaremos según los turnos y máquinas asignadas al trabajo. El rubro de “consultar con departamento de herramienta” es el que siempre se tendrá que consultar con el departamento porque puede que la base de datos se actualice con el tiempo y se debe estar informado.

Diametro mm	Longitud X (Largo)	Longitud Y (Ancho)	Margen	Paso	Calibre	Espesor
25.4	2440	1220	10	38.1	16	1.65
Material	Acero negro	Forma Punzón	Redondo			
Estimacion unitaria	1	Maquinado por lamina	23	Tonelaje	5.92	
Golpes por lamina	2268	minutos		Afilado estandar		
Golpes totales	1134000					
Maquinado por lote	11340.00	min				
Tamaño de lote	500					
Consideracion espesor/deformacion		1		Consultar con departamento de herramienta		
SIN DEFORMACION				Mantenimiento	47000	golpes
				Mantenimiento cada	20.72	laminas
T. una sola lamina	58.4012766	minutos		Mantenimientos	25	
Tiempo por lote	13823.29	minutos		Golpes por minuto	100	
22/08/2019	TURNOS POR DÍA					
MAQUINAS	1	2	3	Tiempo productivo	450	min
1	31	16	11	por turno		
2	16	8	6			
3	11	6	4			
4	8	4	3			
5	7	4	3			
Coordenadas X		Coordenadas Y				
Gx	63	Gy	18			
Px	38.31360	Py	67.12000			
X1	22.7000	Y1	593.22000			
X2	2417.30000	Y2	559.66000			
Nota:	Tiempo de maquinado propuesto para 100 golpes por minuto					

GENERAR PDF

Ilustración 4-8. Plantilla arreglo alternado

CAPÍTULO V. RESULTADOS.

La aplicación de este trabajo en la vida laboral diaria se llevó de manera satisfactoria en el primer lote de 500 piezas, pero en el segundo y tercer lote ya no fue así porque las máquinas sufren descentrado por un golpe mal dado, herramienta mal colocada o por falta de mantenimiento, en estos dos lotes hubo muchas pérdidas de tiempo por láminas dañadas y rellenos a láminas no concluidas. La tabla sirve y cumple con su objetivo siempre y cuando las máquinas estén en buenas condiciones y en cualquier industria siempre es así, si se les deja trabajar a marchas forzadas todo el tiempo sin ningún tipo de mantenimiento preventivo aumentaremos el tiempo en cualquier proceso y por ende el costo.

Posterior a este proyecto y con la ayuda de los departamentos de herramienta y punzonado se llegó a resultados satisfactorios en el tiempo de maquinado, pero solo se puede llegar a ellos si ambos departamentos trabajan de manera correcta y los técnicos siguen las indicaciones sugeridas acerca del mantenimiento de la herramienta, de no ser así es normal que las herramientas queden obsoletas y los materiales trabajados se dañen sumando tiempo al proceso y costo.

Por otra parte, se quiere evitar las penalizaciones hacia la empresa pues en ocasiones por no cumplir el tiempo de entrega pactado se pierde una cantidad considerable de dinero, causando disgusto tanto en dueños como clientes. Si desde un principio se capacita al personal de ventas para que entienda los principios básicos de lo que se vende y poder estimar de una manera practica el tiempo de ciclo de punzonado se evitarían muchos contratiempos como turnos extras, material dañado y pérdida de clientes.

BIBLIOGRAFIA

1. Introduction to manufacturing processes Jhon A. Schey Copyright 2000, by The McGraw-Hill Companies, paginas 400-409
2. <https://www.tecnobisa.com/producto/bx-750-30-1250-cnc-multitool/> Consulta: mayo-agosto 2019
3. <https://www.mate.com/es/product/prensa-troqueladora-herramientas/multi-tools-pds-es/herramientas-xmt-para-euromac/> Consulta: mayo-agosto 2019
4. <https://www.laminasperforadasdeacero.com.mx/> Consulta: mayo-agosto 2019
5. Productividad y optimización, ingeniería de manufactura Daniel T. Koenig, Copyright 1987, Hemisphere Publishing Corporation. Páginas 229-268
6. Cálculo de Costes para un sistema CAD/CAM de punzonado, Eduardo Cuesta, Sabino Mateos, Carlos Rico Dpto. Construcción e Ingeniería de Fabricación. Universidad de Oviedo
7. <https://www.euromac.com/es/> Consulta: mayo-agosto 2019