



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMI AUTOMÁTICO PARA POSICIONAMIENTO Y CORTE DE PERFILES METÁLICOS EN BASE AL ANÁLISIS DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORTE POR SERRADO PARA LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI

AUTOR: ALVARO ZAPATA

LATACUNGA

2017

AGENDA

1. OBJETIVO
2. HIPÓTESIS
3. ESTADO DE ARTE
4. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS
5. PRUEBAS Y RESULTADOS
6. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS
7. CONCLUSIONES
8. RECOMENDACIONES

1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema semiautomático para posicionamiento y corte de perfiles metálicos en base al análisis de optimización de los parámetros de corte por serrado, para la empresa “INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI” de la ciudad de Latacunga.

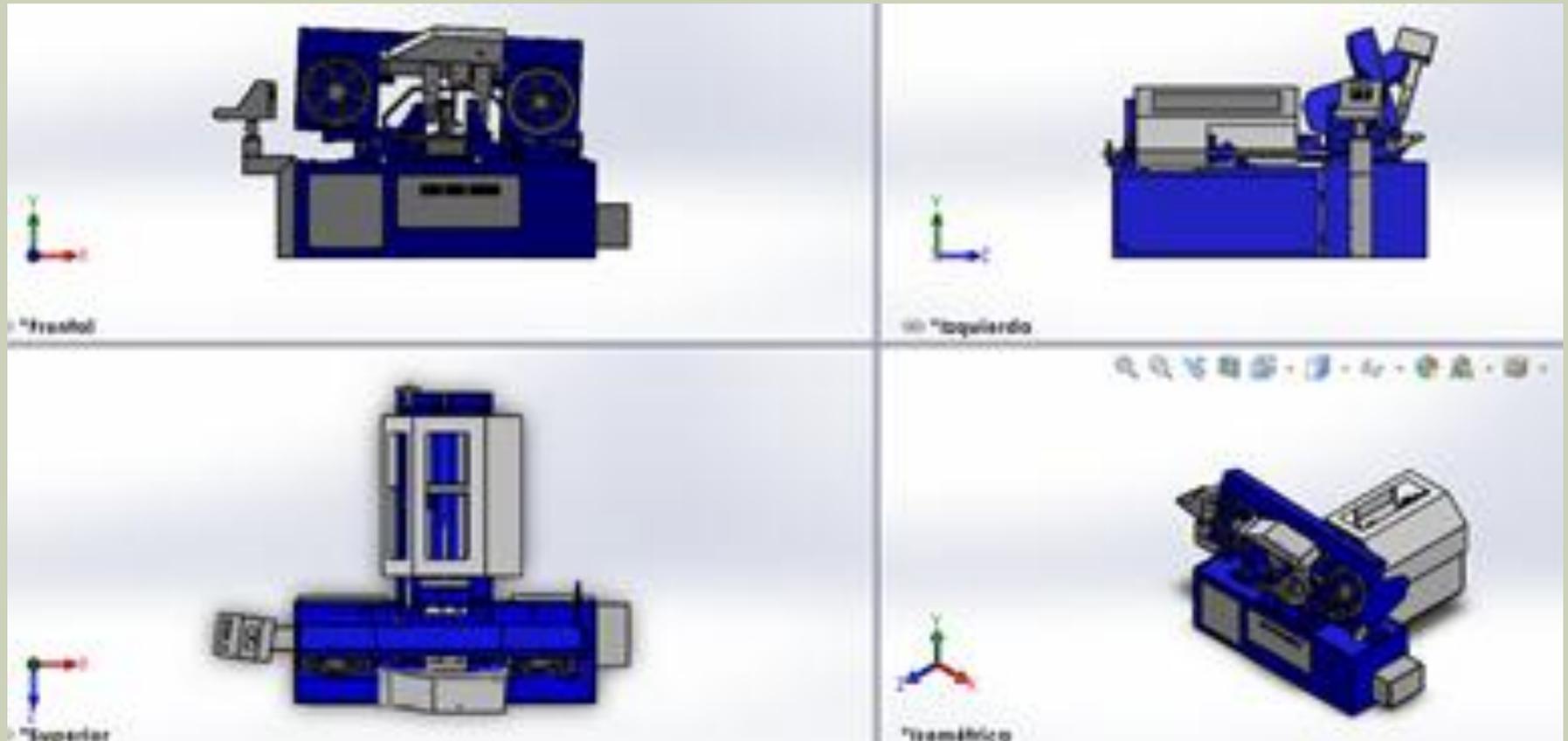
2. HIPÓTESIS

¿El diseño e implementación de un sistema semiautomático para posicionamiento y corte de perfiles metálicos en base al análisis de los parámetros de corte por serrado contribuirá al corte de perfiles metálicos en forma eficiente, optimizando recursos para dicho proceso en la Empresa “INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI” de la ciudad de Latacunga?

3. ESTADO DE ARTE

- Repotenciación de una máquina extrusora-sopladora e implementación de un sistema de supervisión de forma local mediante una interface gráfica HMI y de forma remota vía internet, para la empresa NS industrias de la ciudad de Latacunga.
- Diseño y construcción de un mecanismo de corte con interface HMI para una máquina trefiladora de varilla, para la empresa Muebles Arte Moderno y Ferrieconomía.

DISEÑO CAD



MÓDULOS

| MÓDULOS | SOLUCIONES | | |
|---|--|--|-------------------------------------|
| | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
| 1. Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material. | Manual mediante una interfaz adecuada. | Manual mediante una pantalla con teclado numérico. | Programado con valores estándar. |
| 2. Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte. | Banda transportadora. | Actuadores hidráulicos con guías. | Mixtos (Hidráulicos, y eléctricos). |
| 3. Corte del material con la sierra de cinta. | Sistema mecánico. | Sistema hidráulico. | Sistema electromecánico. |
| 4. Extracción del material cortado. | Manual. | Eléctrico. | Banda transportadora. |

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables dependientes relacionadas a la optimización de los parámetros de corte por arranque de viruta (serrado) se encuentran:

- Coste de producción.
- Velocidad de corte.
- Acabado superficial.
- Fallas en el proceso de corte

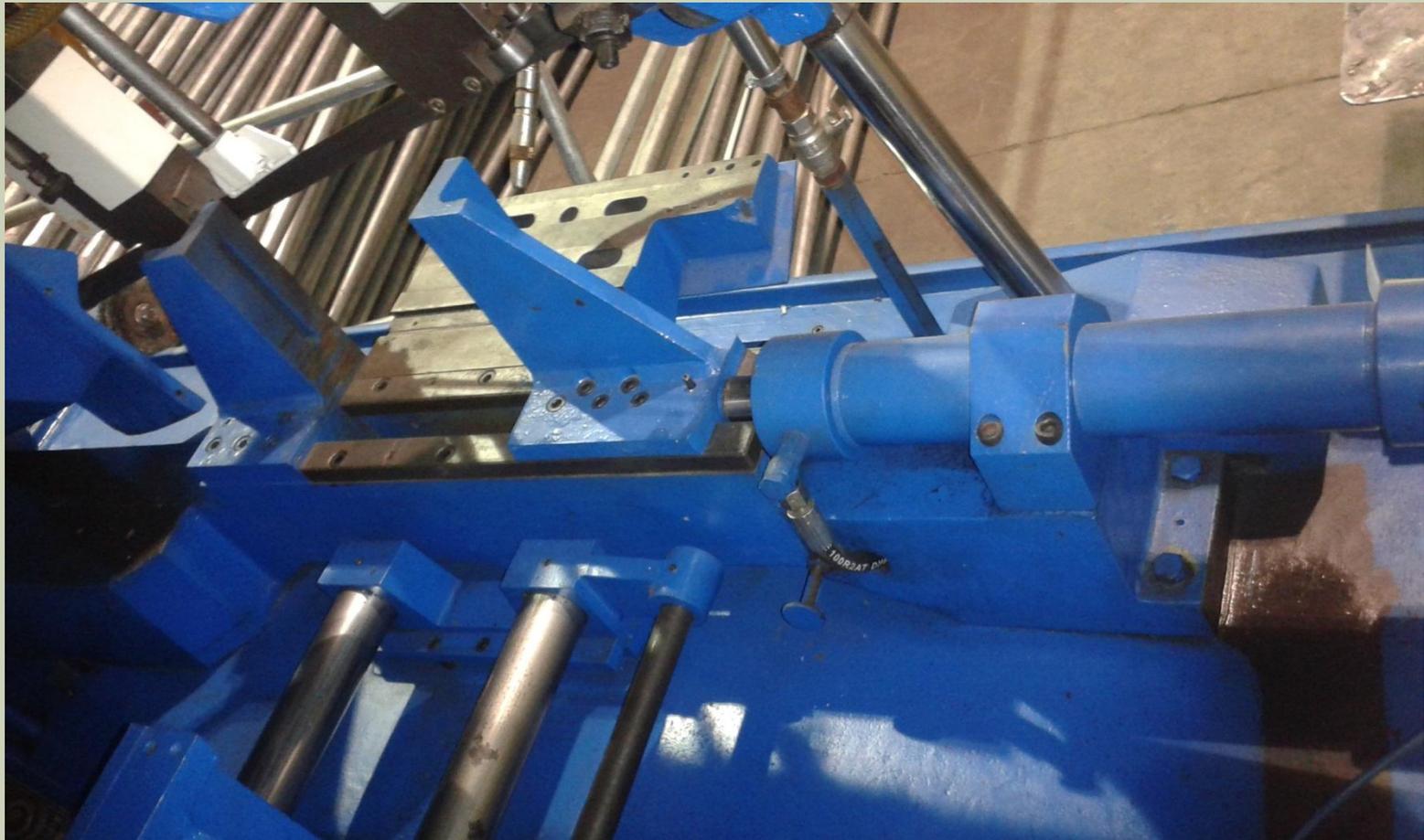
DATOS TÉCNICOS

| Parámetro | Valor – descripción |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Dimensiones: largo de la máquina (m) | 2000 mm |
| Dimensiones: ancho de la máquina (m) | 2450 mm |
| Dimensiones: alto de la máquina (m) | 1800 mm |
| Peso bruto | 2500 kg |
| Alimentación eléctrica | 220 V Trifásico |
| Tensión de mando | 24 V DC |
| Potencia motriz del motor trifásico | 3 CV |
| Grado de protección | IP 54 |
| Campo de aplicación | Corte de perfiles metálicos |
| Dimensiones de la cinta de sierra | 3640 x 27 x 0,8 mm |

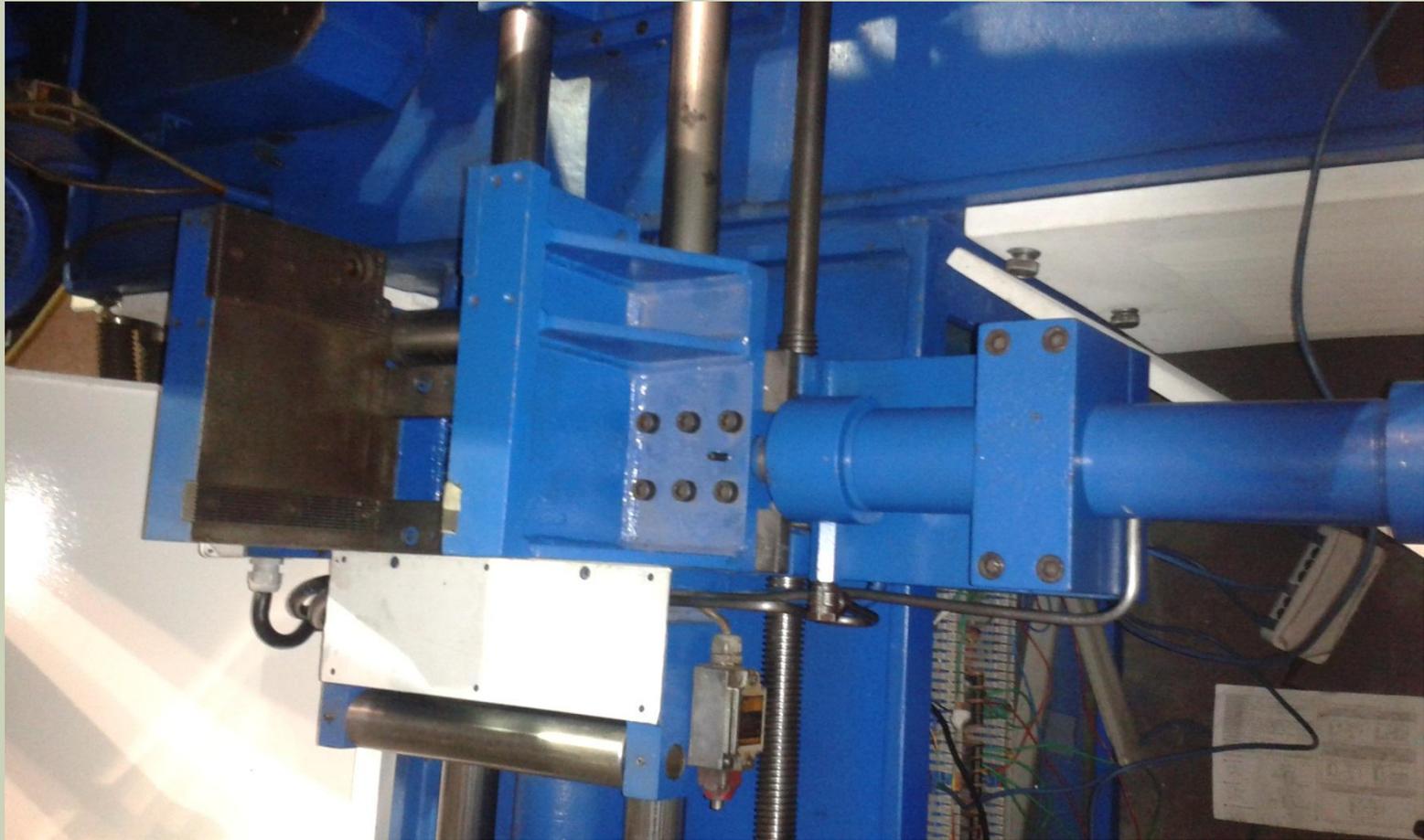
DATOS TÉCNICOS

| | |
|--|---|
| Tensado de la cinta de sierra | Accionamiento por pistones hidráulicos |
| Diámetro de las poleas | 400 mm |
| Velocidad de corte regulable en continuo | 200-1450 rev/min |
| Regulación de presión de corte | Manual por válvula de regulación |
| Presión del sistema hidráulico | 50 bar |
| Potencia del sistema hidráulico | 0.75 KW y 0.55 KW |
| Aceite hidráulico | A.W. Hidraulic Oil ISO 68 |
| Dimensiones del tanque del sistema hidráulico | 25 L |
| Accionamiento del sistema para posicionamiento y alimentación de material | Pistón hidráulico de doble efecto |
| Recorrido de avance de carga en funcionamiento automático | Max. 500 mm por tramo |
| Altura de trabajo | 280 mm |
| Sistema de refrigeración | Automático |
| Depósito de taladrina | 36 L |

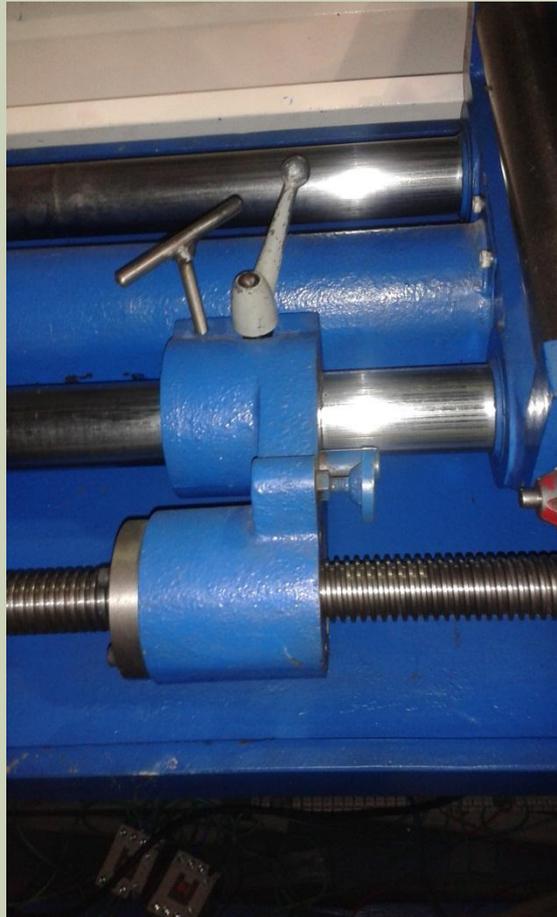
4. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS



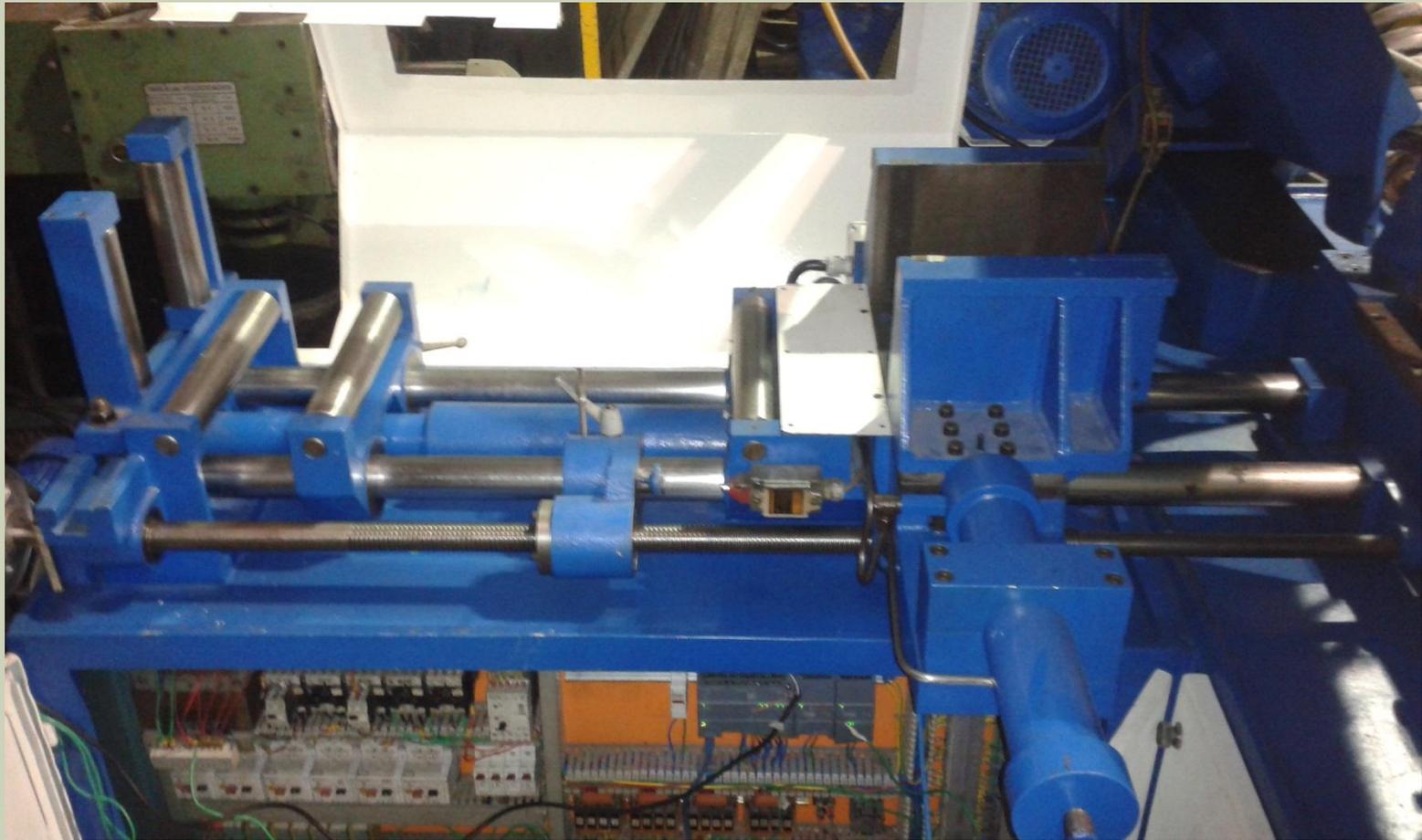
MORDAZA DE LA MESA



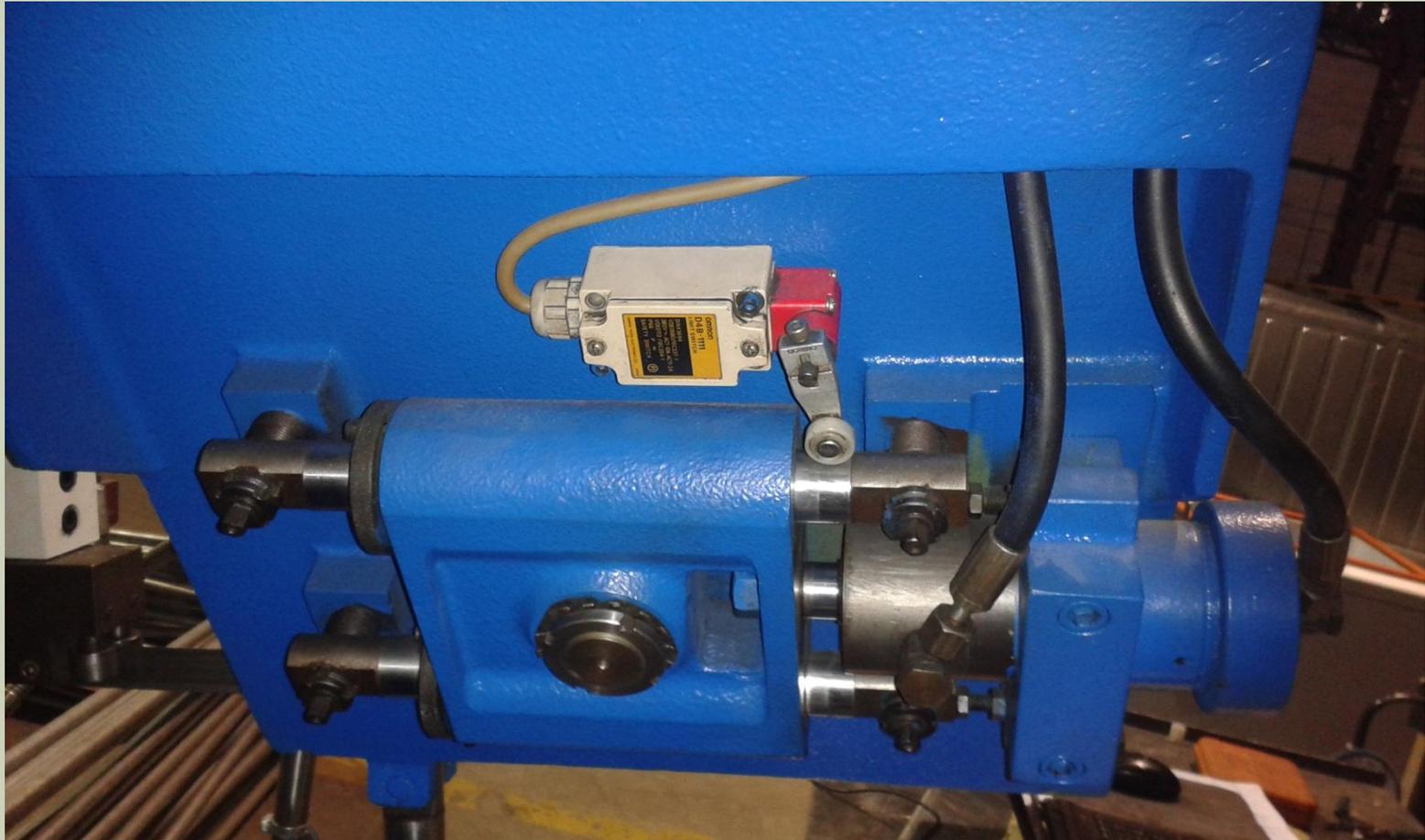
TUERCA REGULADORA DE DISTANCIA



SISTEMA PARA POSICIONAMIENTO



TENSOR DE LA CINTA



IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS



FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CORTE CON SIERRA DE CINTA

- Alineación de las guías
- Refrigerante
- Cepillo limpiador de virutas
- Tensión de la cinta
- Velocidad de corte

PUNTOS Y PARÁMETROS OBSERVADOS Y ANALIZADOS

- Tiempo de corte.
- Acabado superficial.
- Longitud mínima de corte.
- Posturas/ubicación del operador, máquina y material para realizar el proceso.
- Máquinas-herramienta utilizadas.
- Número de operadores requeridos para realizar el proceso.
- Casos de utilización de las máquinas-herramienta.
- Perfiles metálicos disponibles en el mercado.
- Apilamiento correcto del material a cortar.

ACABADO SUPERFICIAL EN BASE AL TIPO DE VIRUTA

| Forma de Viruta | Características de Viruta | Color de Viruta | Velocidad de Hoja | Avance de Hoja | Otra Recomendación |
|---|---------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
|  | Gruesa, Dura y Corta | Azul o Café | Menos ↓ | Menos ↓ | Verificar Mezcla de Soluble |
|  | Delgada y Cilíndrica | Plata | Adecuada ✓ | Adecuada ✓ | |
|  | Polvo | Plata | Menos ↓ | Más ↑ | |
|  | Delgada y Circular | Plata | Adecuada ✓ | Menos ↓ | Verificar Mezcla de Soluble |

LONIGTUD MÍNIMA DE CORTE

| Máquinas-herramienta | 1. Pulidora manual | 2. Tronzadora manual | 3. Sierra de cinta BS-712N | 4. Sierra de cinta horizontal con pivote (Proyecto) |
|----------------------|--|----------------------|--|---|
| Longitud mínima | 2mm para corte con desviación. <2mm para pulido y eliminación de rebabas. | 5mm para corte. | 3mm para corte, con desviación durante el corte. Sin desviación excesiva 5mm. | 5mm para corte. |

POSTURAS/UBICACIÓN DEL OPERADOR, MÁQUINA Y MATERIAL PARA REALIZAR EL PROCESO



POSTURAS/UBICACIÓN DEL OPERADOR, MÁQUINA Y MATERIAL PARA REALIZAR EL PROCESO



MÁQUINAS-HERRAMIENTA UTILIZADAS

Las máquinas-herramienta disponibles en la planta para realizar corte de perfiles metálicos entre otros son:

1. Pulidora manual
2. Tronzadora manual
3. Sierra de cinta BS-712N
4. Sierra de cinta horizontal con pivote (Proyecto)

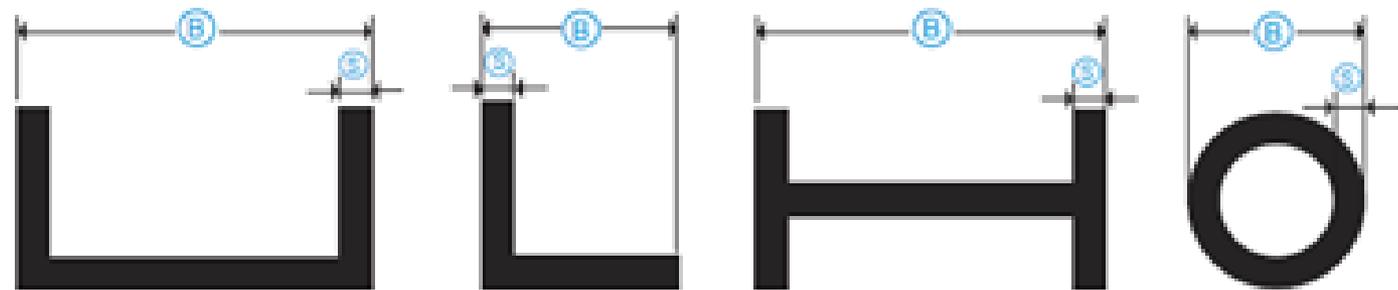
NÚMERO DE OPERADORES REQUERIDOS PARA REALIZAR EL PROCESO

| Máquinas-herramienta | 1. Pulidora manual | 2. Tronzadora manual | 3. Sierra de cinta BS-712N | 4. Sierra de cinta horizontal con pivote (Proyecto) |
|----------------------|--|--|----------------------------|---|
| N° de operadores | 1 (Dependiendo la forma del perfil y dimensiones 2) | 1 (Dependiendo la forma del perfil y dimensiones 2) | 1 | 1 |

CASOS DE UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTA

| Máquinas-herramientas | 1. Pulidora manual | 2. Tronzadora manual | 3. Sierra de cinta BS-712N | 4. Sierra de cinta horizontal con pivote (Proyecto) |
|-----------------------|--|---|--|--|
| Casos de utilización | 1. Corte de perfiles metálicos de longitudes amplias. | 1. Corte de perfiles metálicos de longitudes amplias. | 1. Corte de perfiles metálicos de longitudes amplias. | 1. Corte de perfiles metálicos de longitudes amplias. |
| | 2. Corrección del acabado superficial final pos-corte. | 2. Corte de perfiles metálicos de longitudes cortas. | 2. Corte de perfiles metálicos de longitudes cortas. | 2. Corte de perfiles metálicos de longitudes cortas. |
| | 3. Pulido de rebabas en el material procesado. | 3. Perfiles sólidos o huecos. | 3. Corte de perfiles metálicos individual o por fajos limitados a un área de corte mínima. | 3. Corte de perfiles metálicos individual o por fajos. |
| | 4. Perfiles sólidos o huecos. | | 4. Perfiles sólidos o huecos. | 4. Perfiles sólidos o huecos. |
| | 5. Despunte. | | | 5. Despunte. |

PERFILES METÁLICOS DISPONIBLES EN EL MERCADO

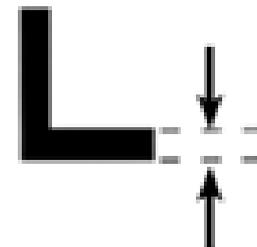
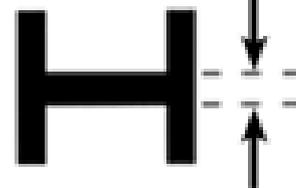


CUADRADO MACIZO

REDONDO MACIZO

VIGA EN I

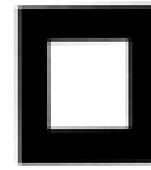
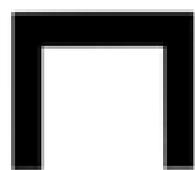
HIERRO ANGULAR



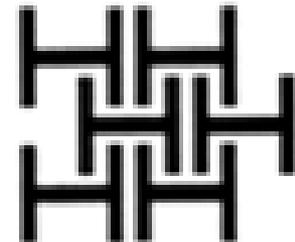
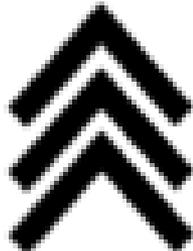
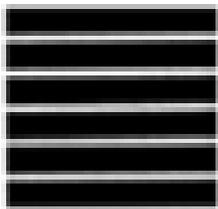
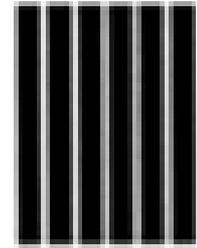
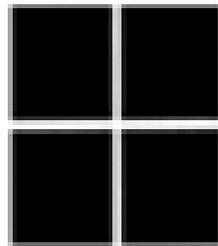
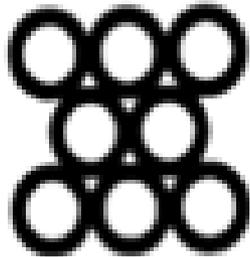
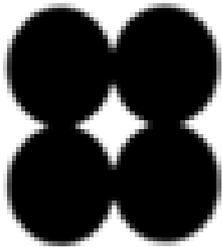
HIERRO DE CANAL

TUBOS REDONDOS

TUBOS CUADRADOS



APILAMIENTO CORRECTO DEL MATERIAL



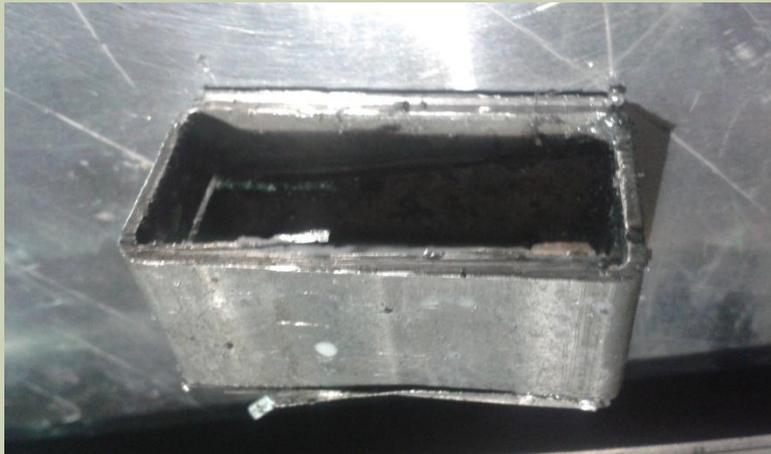
SELECCIÓN DEL PASO DE LA HERRAMIENTA

| Grosor de la pared S mm | TPI (Dientes por pulgada) Dimensión in mm B | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 | 200 | 300 | 500 | 750 | 1000 |
| 2 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 8 - 12 | 6 - 10 | 5 - 8 | 5 - 8 |
| 3 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 8 - 12 | 8 - 12 | 6 - 10 | 5 - 8 | 4 - 6 | 4 - 6 |
| 4 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 8 - 12 | 8 - 12 | 6 - 10 | 6 - 10 | 5 - 8 | 4 - 6 | 4 - 6 | 4 - 6 |
| 5 | 10 - 14 | 10 - 14 | 10 - 14 | 8 - 12 | 6 - 10 | 6 - 10 | 6 - 10 | 5 - 8 | 4 - 6 | 4 - 6 | 4 - 6 | 3 - 4 |
| 6 | 10 - 14 | 8 - 12 | 8 - 12 | 8 - 12 | 6 - 10 | 6 - 10 | 5 - 8 | 5 - 8 | 4 - 6 | 4 - 6 | 3 - 4 | 3 - 4 |
| 8 | | 6 - 10 | 6 - 10 | 6 - 10 | 5 - 8 | 5 - 8 | 5 - 8 | 4 - 6 | 4 - 6 | 3 - 4 | 3 - 4 | 3 - 4 |
| 10 | | 6 - 10 | 6 - 10 | 5 - 8 | 5 - 8 | 5 - 8 | 4 - 6 | 4 - 6 | 4 - 6 | 3 - 4 | 3 - 4 | 3 - 4 |
| 12 | | 5 - 8 | 5 - 8 | 5 - 8 | 4 - 6 | 4 - 6 | 4 - 6 | 4 - 6 | 3 - 4 | 3 - 4 | 2 - 3 | 2 - 3 |
| 15 | | | 5 - 8 | 4 - 6 | 4 - 6 | 4 - 6 | 3 - 4 | 3 - 4 | 3 - 4 | 2 - 3 | 2 - 3 | 2 - 3 |
| 20 | | | 4 - 6 | 4 - 6 | 4 - 6 | 3 - 4 | 3 - 4 | 3 - 4 | 2 - 3 | 2 - 3 | 2 - 3 | 2 - 3 |
| 30 | | | | 3 - 4 | 3 - 4 | 3 - 4 | 2 - 3 | 2 - 3 | 2 - 3 | 2 - 3 | 1,5 - 2 | 1,5 - 2 |
| 50 | | | | | | 3 - 4 | 2 - 3 | 2 - 3 | 2 - 3 | 1,5 - 2 | 1,5 - 2 | 1,5 - 2 |
| 75 | | | | | | | | 1,5 - 2 | 1,5 - 2 | 1,5 - 2 | 1,5 - 2 | 1 - 1,5 |
| 100 | | | | | | | | | 1,5 - 2 | 1 - 1,5 | 1 - 1,5 | 1 - 1,5 |
| 150 | | | | | | | | | | 1 - 1,5 | 1 - 1,5 | 1 - 1,5 |
| 200 | | | | | | | | | | 1 - 1,5 | 1 - 1,5 | 1 - 1,5 |

5. PRUEBAS Y RESULTADOS



PRUEBAS Y RESULTADOS



HMI DE CONTROL



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

PARA POSICIONAMIENTO Y CORTE DE PERFILES METÁLICOS
EN BASE AL ANÁLISIS DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS
DE CORTE POR SERRADO, PARA LA EMPRESA INDUSTRIA
METÁLICA COTOPAXI

ALVARO ZAPATA

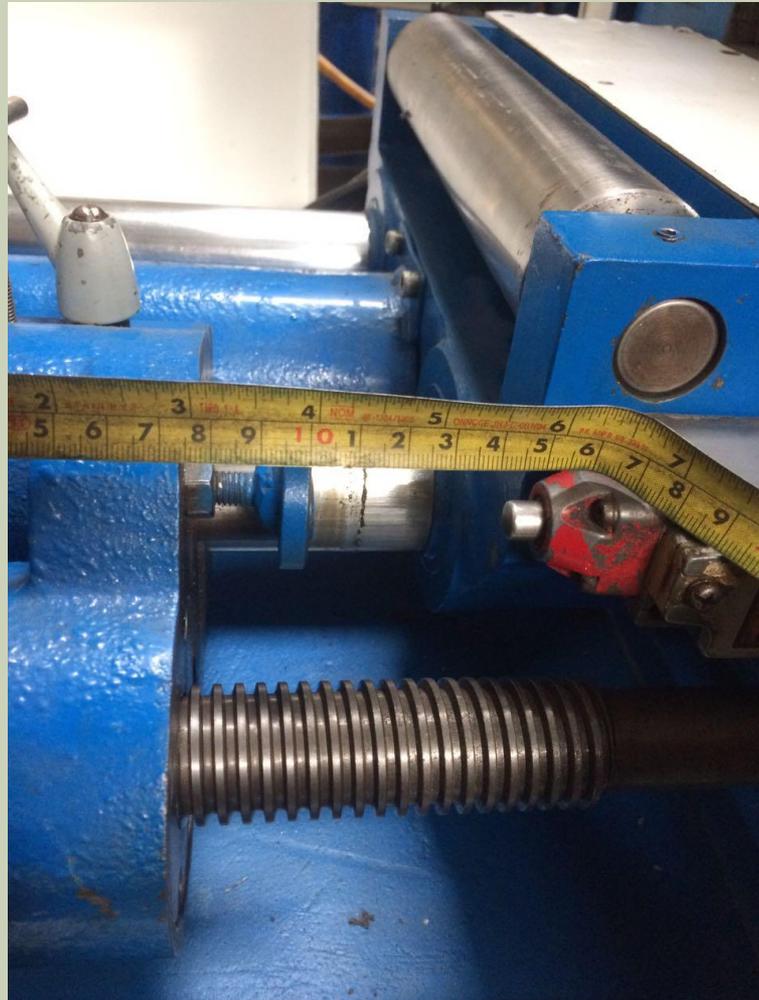
2017



HMI DE CONTROL



COMPROBACION CON FLEXÓMETRO



VARIABLES DE ESTUDIO

- **Variable independiente:** Corte de metales por arranque de viruta (serrado o aserrado).
- **Variable dependiente:** Sistema semi-automático para posicionamiento y corte de perfiles metálicos.

6. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- **Hipótesis de trabajo:** La implementación de un sistema para posicionamiento y corte depende de un análisis de los parámetros de corte.
- **Hipótesis nula:** La implementación de un sistema para posicionamiento y corte es independiente del análisis de los parámetros de corte.

TABLA DE VALORES OBSERVADOS

| Sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos | Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material | Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte | Corte del material con la sierra de cinta | Extracción del material cortado |
|---|---|--|--|--|
| Dependientes | 5 | 5 | 5 | 1 |
| Independientes | 4 | 4 | 5 | 2 |

FRECUENCIAS

■ FRECUENCIA OBSERVADA

| Sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos | Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material | Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte | Corte del material con la sierra de cinta | Extracción del material cortado | TOTAL |
|--|--|---|---|---------------------------------|-----------|
| Dependientes | 5 | 5 | 5 | 1 | 16 |
| Independientes | 4 | 4 | 5 | 2 | 15 |
| TOTAL | 9 | 9 | 10 | 3 | 31 |

■ FRECUENCIA ESPERADA

| Sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos | Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material | Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte | Corte del material con la sierra de cinta | Extracción del material cortado | TOTAL |
|--|--|---|---|---------------------------------|-----------|
| Dependientes | 3.5 | 4.5 | 4 | 0.5 | 13 |
| Independientes | 2 | 3.5 | 4.5 | 0.5 | 11 |
| TOTAL | 5.5 | 8.5 | 9 | 1 | 24 |

DISTRIBUCIÓN DEL CHI CUADRADO

DISTRIBUCION DE χ^2

| Grados de libertad | Probabilidad | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| | 0,95 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,50 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,01 | 0,001 |
| 1 | 0,004 | 0,02 | 0,06 | 0,15 | 0,46 | 1,07 | 1,64 | 2,71 | 3,84 | 6,64 | 10,83 |
| 2 | 0,10 | 0,21 | 0,45 | 0,71 | 1,39 | 2,41 | 3,22 | 4,60 | 5,99 | 9,21 | 13,82 |
| 3 | 0,35 | 0,58 | 1,01 | 1,42 | 2,37 | 3,66 | 4,64 | 6,25 | 7,82 | 11,34 | 16,27 |
| 4 | 0,71 | 1,06 | 1,65 | 2,20 | 3,36 | 4,88 | 5,99 | 7,78 | 9,49 | 13,28 | 18,47 |
| 5 | 1,14 | 1,61 | 2,34 | 3,00 | 4,35 | 6,06 | 7,29 | 9,24 | 11,07 | 15,09 | 20,52 |
| 6 | 1,63 | 2,20 | 3,07 | 3,83 | 5,35 | 7,23 | 8,56 | 10,64 | 12,59 | 16,81 | 22,46 |
| 7 | 2,17 | 2,83 | 3,82 | 4,67 | 6,35 | 8,38 | 9,80 | 12,02 | 14,07 | 18,48 | 24,32 |
| 8 | 2,73 | 3,49 | 4,59 | 5,53 | 7,34 | 9,52 | 11,03 | 13,36 | 15,51 | 20,09 | 26,12 |
| 9 | 3,32 | 4,17 | 5,38 | 6,39 | 8,34 | 10,66 | 12,24 | 14,68 | 16,92 | 21,67 | 27,88 |
| 10 | 3,94 | 4,86 | 6,18 | 7,27 | 9,34 | 11,78 | 13,44 | 15,99 | 18,31 | 23,21 | 29,59 |
| | No significativo | | | | | | | | Significativo | | |

ANÁLISIS FINAL

De los resultados obtenidos se tiene:

$$x^2_{calc} = 8.07 \leq x^2_{tabla} = 9.49$$

Por tal razón se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis de trabajo; esto quiere decir que la implementación de un sistema para posicionamiento y corte es independiente del análisis de los parámetros de corte.

7. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema semi-automático para posicionamiento y corte de perfiles metálicos en base al análisis de optimización de los parámetros de corte por serrado, para la empresa “Industria Metálica Cotopaxi”.
- Se redujo el tiempo total del proceso.
- Se optimizó los parámetros de corte; siendo los más notorios el acabado superficial, el tiempo de proceso, la cantidad de material a cortar (individual o por fajos).
- Se redujo la mano de obra que influye dentro del proceso.

8. RECOMENDACIONES

- Se sugiere la implementación del módulo de extracción de material.
- Leer minuciosamente el manual de operador.
- Seguir las instrucciones de seguridad y utilizar los equipos de protección descritas en los anexos.
- Para maximizar el uso de la máquina se recomienda realizar los cortes por fajos.

GRACIAS