



Diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, utilizando Smart Manufacturing para el registro de la producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga

Sangovalin Oña, Jessica Katerine

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Mecatrónica

Ing. Caizalitin Quinaluisa, Edwin Alejandro

14 de marzo del 2023

Latacunga



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Reporte de verificación de contenido

Document Information

| | |
|-------------------|--|
| Analyzed document | SANGOVALIN OÑA JESSICA KATERINE.pdf (D158015921) |
| Submitted | 2/17/2023 4:36:00 PM |
| Submitted by | |
| Submitter email | byron.conales@utc.edu.ec |
| Similarity | 6% |
| Analysis address | byron.conales.utc@analysis.arkund.com |

Sources included in the report

| | | |
|-----------|---|---|
| W | URL: http://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/22589 Fetched: 2/17/2023 4:38:00 PM | 3 |
| W | URL: http://hdl.handle.net/10234/165091 Fetched: 2/17/2023 4:38:00 PM | 3 |
| SA | TESIS FINAL.docx Document TESIS FINAL.docx (D21325140) | 1 |
| W | URL: http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/10811/1/108T0271.pdf Fetched: 2/17/2023 4:38:00 PM | 3 |
| W | URL: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24421/Arias%20Arias%252c%20Heller%20Davil Fetched: 2/17/2023 4:36:00 PM | 6 |
| W | URL: https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/Protocolos-de-Comunicaci%C3%B3n-Industrial.pdf Fetched: 2/17/2023 4:37:00 PM | 3 |
| W | URL: https://dspace.upn.edu.pe/bitstream/123456789/3546/6/UPS%20-%20ST000805.pdf Fetched: 2/17/2023 4:37:00 PM | 3 |
| SA | SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES.docx Document SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES.docx (D21285571) | 1 |
| W | URL: https://www.pdcahoma.com/1932/qfd-despliegue-calidad/ Fetched: 2/17/2023 4:37:00 PM | 1 |
| W | URL: http://asesordcalidad.blogspot.com/2017/03/qfd-la-casa-de-la-calidad-herramienta.html Fetched: 2/17/2023 4:37:00 PM | 1 |
| W | URL: https://www.proquest.com/openview/43af3c19c59d9fb0ea8129928eeld776/1?pq-origsite=google&fcbt=... Fetched: 2/17/2023 4:38:00 PM | 1 |

Entire Document

<https://secure.arkund.com/viral/161713870-841600-8787860/>

1/24

Ing. Caizalitin Quinaluisa, Edwin Alejandro

C.C.: 0503351397



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "Diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, utilizando smart manufacturing para el registro de la producción en la empresa "Industrias Metálicas JB" de la ciudad de Latacunga" fue realizado por la Srta. Sangovalin Oña, Jessica Katerine; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 14 de marzo del 2023

Ing. Caizalitin Quinaluisa, Edwin Alejandro M.Sc

C. C: 0503351397



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Sangovalin Oña, Jessica Katerine**, con cédula de ciudadanía n°1726602269, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, utilizando smart manufacturing para el registro de la producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 14 de marzo del 2023

Sangovalin Oña, Jessica Katerine

C.C.:1726602269



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Autorización de Publicación

Yo, **Sangovalin Oña Jessica Katerine**, con cédula de ciudadanía N° 1726602269, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación:

“Diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, utilizando smart manufacturing para el registro de la producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga”, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 14 de marzo del 2023

Sangovalin Oña, Jessica Katerine

C.C.:1726602269

Dedicatoria

Llena de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mis padres Washington y Blanca, porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que seré.

A mi amado hijo Liam por ser mi más grande inspiración.

A mi esposo David por ser mi dupla perfecta, por el apoyo constante para cumplir mi meta profesional.

A mis hermanos Jazmin y Steven porque son la razón de sentirme tan orgullosa de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí.

Sin duda cada uno de ustedes han sido indispensables en este proceso y supieron darme la fuerza necesaria para culminar.

Los amo...

Agradecimiento

A mi padre Washington por inculcarme los valores y principios para que me convierta en una buena profesional, por enseñarme que los sacrificios, aunque sean difícil de asimilar tienen su recompensa, gracias por luchar cada día lejos de casa para apoyarnos y hoy su mayor recompensa sea este título universitario, gracias por confiar en mí y darme su apoyo incondicional.

A mi madre Blanca por ser mi mejor amiga, mi mejor consejera y mi apoyo incondicional quien con una sola palabra me ha dado la fuerza necesaria para subir la cabeza y continuar, gracias por enseñarme que las cosas se ganan con esfuerzo, gracias por demostrarme su amor hasta con los detalles más pequeño.

A mi pequeño hijo Liam David y mi esposo David. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor y porque son mi motivación para cada día ser mejor.

A mis hermanos Jazmín y Steven por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias y por darme la felicidad de tenerlos como siempre a mi lado.

A mis abuelitos Domirio y Mercedes por ser parte fundamental en el inicio de esta aventura infinitas gracias por su ayuda y amor.

A mis abuelitos Rafael (+) y Delia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a mi querida carrera de Mecatrónica, a mis profesores en especial a mi tutor Ing. Edwin Caizalítín quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

*Finalmente, a mis amigos que Dios los puso en mi camino en el transcurso de mi vida universitaria Jessy, Joha, Carlos, Andrés, Diego, Luis, Joselyn, Daniel, Fabián, gracias amigos por todo el apoyo, las risas, los consejos, y el apúrate Katty queremos que te gradúes, ha sido una bendición conocerlos gracias por cada vivencia.
Gracias a todos....*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| Carátula..... | 1 |
| Reporte de verificación de contenido | 2 |
| Certificación | 3 |
| Responsabilidad de Autoría | 4 |
| Autorización de publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento..... | 7 |
| Índice de contenidos | 8 |
| Índice de tablas | 13 |
| Índice de figuras | 15 |
| Resumen | 18 |
| Abstract..... | 19 |
| Capítulo I: Generalidades | 20 |
| Introducción..... | 20 |
| Antecedentes..... | 20 |
| Planteamiento del Problema..... | 21 |
| Objetivos | 23 |
| <i>Objetivo General</i> | 23 |
| <i>Objetivos Específicos</i> | 23 |
| Justificación e Importancia | 23 |
| Hipótesis | 25 |
| Variables de la Investigación..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Variable Independiente</i> | 25 |
| <i>Variable Dependiente</i> | 25 |
| Capítulo II: Fundamentos teóricos e investigación | 27 |
| Sistema de control automatizado | 27 |
| Chapa Metálica | 28 |
| <i>Conformado por doblado</i> | 28 |
| Biselado de tubos | 30 |
| Industria 4.0 y Manufactura Inteligente | 31 |
| Dispositivos de adquisición de datos (DAQ) | 33 |
| Protocolos de comunicación | 34 |
| <i>El bus AS-Interface</i> | 34 |
| <i>Características de la red AS-Interface</i> | 35 |
| <i>IO-Link</i> | 36 |
| <i>Características de la red IO-Link</i> | 36 |
| <i>OPC UA</i> | 37 |
| <i>PROFIBUS</i> | 38 |
| <i>PROFINET</i> | 40 |
| Servidor web | 41 |
| <i>Características</i> | 41 |
| Base de datos | 42 |
| <i>Ventajas y Desventajas</i> | 43 |
| Sistema HMI | 43 |
| <i>Características</i> | 44 |

| | |
|---|-----------|
| Capítulo III: Diseño e integración del sistema | 45 |
| Necesidad del cliente | 45 |
| Especificaciones técnicas de la máquina..... | 47 |
| Desarrollo de la función de calidad o QFD | 48 |
| Análisis de los resultados obtenidos con la casa de la calidad | 49 |
| Selección de conceptos mecánicos | 50 |
| <i>Sistema de movimiento para biselado</i> | <i>50</i> |
| Cubierta de la máquina | 53 |
| <i>Estructura de la máquina</i> | <i>55</i> |
| Selección de conceptos Eléctricos | 57 |
| <i>Caja reductora</i> | <i>57</i> |
| <i>Motor trifásico</i> | <i>58</i> |
| <i>Interruptor Termomagnético.....</i> | <i>59</i> |
| <i>Arrancadores Suaves</i> | <i>60</i> |
| <i>Guardamotor.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Fuente Industrial</i> | <i>63</i> |
| <i>Motores a pasos.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Drivers para Motores</i> | <i>65</i> |
| Diseño CAD de la maquinaria..... | 66 |
| Análisis CAE..... | 67 |
| <i>Estudio de platos para el biselado.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Estudio de los ejes con los platos de cierre.....</i> | <i>69</i> |
| Diagrama Estructural del sistema..... | 70 |

| | |
|--|-----|
| | 11 |
| <i>Selección de calibre de los conductores</i> | 70 |
| Diagrama eléctrico del sistema | 72 |
| Esquematación de los sistemas eléctricos | 73 |
| <i>Estructura general del sistema electrónico</i> | 73 |
| <i>Estructura del sistema de alimentación PCB</i> | 73 |
| <i>Estructura del Sistema de control mediante microcontrolador</i> | 74 |
| <i>Estructura del sistema de entradas y salidas digitales</i> | 74 |
| <i>Estructura del sistema IoT</i> | 75 |
| <i>Estructura de la placa PCB</i> | 75 |
| Construcción del sistema | 76 |
| <i>Estructura mecánica del sistema</i> | 76 |
| Instalación del tablero de control | 80 |
| Capítulo IV: Implementación, pruebas y resultados | 83 |
| Ubicación de los componentes | 83 |
| Proceso de Obtención IoT | 86 |
| Ejecución de biselado | 90 |
| <i>Bisel macho y hembra</i> | 90 |
| <i>Sellado</i> | 90 |
| Pruebas y resultados | 91 |
| <i>Proceso manual</i> | 91 |
| <i>Proceso semiautomatizado</i> | 97 |
| Validación de la hipótesis | 103 |
| Manual de operación | 104 |

| | |
|--|------------|
| Análisis de costos..... | 105 |
| Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones..... | 108 |
| Conclusiones..... | 108 |
| Recomendaciones | 110 |
| Bibliografía | 111 |
| Anexos | 115 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Características de AS-Interface</i> | 35 |
| Tabla 2 <i>Versiones del protocolo PROFIBUS</i> | 39 |
| Tabla 3 <i>Tipos de protocolos con PROFINET</i> | 40 |
| Tabla 4 <i>Ventajas y desventajas de la base de datos</i> | 43 |
| Tabla 5 <i>Características de HMI</i> | 44 |
| Tabla 6 <i>Necesidades de la máquina</i> | 45 |
| Tabla 7 <i>Especificaciones técnicas del sistema</i> | 47 |
| Tabla 8 <i>Valores de relación</i> | 48 |
| Tabla 9 <i>Relación entre cómo y cómo</i> | 49 |
| Tabla 10 <i>Evaluación de conceptos engranajes y rodillos movimiento de biselado</i> | 51 |
| Tabla 11 <i>Datos técnicos – acero AISI 4340</i> | 52 |
| Tabla 12 <i>Filtrado de conceptos cubierta de la maquinaria</i> | 54 |
| Tabla 13 <i>Detalle de la lámina de acero</i> | 55 |
| Tabla 14 <i>Evaluación de conceptos de estructura de la máquina</i> | 55 |
| Tabla 15 <i>Evaluación de conceptos de estructura de caja reductora</i> | 57 |
| Tabla 16. <i>Evaluación de conceptos de estructura de la máquina</i> | 58 |
| Tabla 17 <i>Evaluación de conceptos de Interruptor Termomagnético</i> | 60 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 18 <i>Evaluación de conceptos de estructura de arrancador suave</i> | 61 |
| Tabla 19 <i>Evaluación de conceptos de estructura de guardamotor</i> | 62 |
| Tabla 20 <i>Evaluación de conceptos de estructura de fuente industrial</i> | 63 |
| Tabla 21 <i>Evaluación de conceptos de estructura de motores a pasos</i> | 64 |
| Tabla 22 <i>Evaluación de conceptos de estructura de driver para motor</i> | 65 |
| Tabla 23 <i>Tabla calibre de cables según el amperaje</i> | 71 |
| Tabla 24 <i>Especificaciones técnicas del gabinete eléctrico</i> | 81 |
| Tabla 25 <i>Datos de tiempo del proceso manual</i> | 93 |
| Tabla 26 <i>Datos de proceso manual</i> | 94 |
| Tabla 27 <i>Datos de proceso semiautomático</i> | 98 |
| Tabla 28 <i>Datos de tiempo del proceso automatizado</i> | 102 |
| Tabla 29 <i>Detalle de los costos del proyecto</i> | 106 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Gráfico de relación de variables de investigación</i> | 26 |
| Figura 2 <i>Elementos de un sistema de control</i> | 27 |
| Figura 3 <i>Conformación de chapa metálicas</i> | 29 |
| Figura 4 <i>Industria 4.0 - historia</i> | 32 |
| Figura 5 <i>Proceso de un sistema de Adquisición de Datos (DAQ)</i> | 33 |
| Figura 6 <i>Red AS-Interface</i> | 35 |
| Figura 7 <i>Red IO-Link</i> | 37 |
| Figura 8 <i>Red OPC UA</i> | 38 |
| Figura 9 <i>Red PROFIBUS</i> | 39 |
| Figura 10 <i>Red PROFINET</i> | 40 |
| Figura 11 <i>Esquema de base de datos</i> | 42 |
| Figura 12 <i>Matriz QFD o casa de la calidad</i> | 49 |
| Figura 13 <i>Engranajes Helicoidales</i> | 53 |
| Figura 14 <i>Lámina de Alucobond</i> | 54 |
| Figura 15 <i>Detalle de tubo cuadrado de acero</i> | 56 |
| Figura 16. <i>Modelo CAD</i> | 66 |
| Figura 17 <i>Aplicación de fuerzas y torque en los platos de biselado</i> | 67 |
| Figura 18 <i>Deformación de Von Mises</i> | 68 |
| Figura 19 <i>Factor de Seguridad</i> | 68 |

| | |
|--|----|
| Figura 20 <i>Aplicación de fuerzas y torque en los platos de cierre</i> | 69 |
| Figura 21 <i>Deformación de Von Mises</i> | 69 |
| Figura 22 <i>Factor de Seguridad</i> | 70 |
| Figura 23 <i>Diagrama estructural del sistema</i> | 71 |
| Figura 24 <i>Diagrama eléctrico del sistema</i> | 72 |
| Figura 25 <i>Sistema general eléctrico</i> | 73 |
| Figura 26 <i>Sistema general de alimentación de la PCB</i> | 74 |
| Figura 27 <i>Sistema control por microcontrolador</i> | 74 |
| Figura 28 <i>Sistema de entradas y salidas digitales</i> | 75 |
| Figura 29 <i>Sistema de IoT con ESP32-C3</i> | 75 |
| Figura 30 <i>Placa PCB</i> | 76 |
| Figura 31 <i>Corte de la estructura</i> | 77 |
| Figura 32 <i>Torneados de ejes del sistema</i> | 77 |
| Figura 33 <i>Ruedas de acero</i> | 78 |
| Figura 34 <i>Mecanismo de accionamiento del sistema de biselado</i> | 78 |
| Figura 35 <i>Mesa de trabajo</i> | 79 |
| Figura 36 <i>Mecanizado de platos</i> | 79 |
| Figura 37 <i>Estructura mecánica ensamblada</i> | 80 |
| Figura 38 <i>Distribución de los componentes eléctricos</i> | 81 |
| Figura 39 <i>Conexiones del tablero de control</i> | 82 |
| Figura 40 <i>Sección frontal del sistema semiautomatizado</i> | 84 |

| | |
|--|-----|
| Figura 41 <i>Sección posterior del sistema semiautomatizado</i> | 85 |
| Figura 42 <i>Sección posterior del sistema semiautomatizado</i> | 85 |
| Figura 43 <i>Pantalla principal de la página web</i> | 86 |
| Figura 44 <i>Adición de dispositivos en la plataforma</i> | 87 |
| Figura 45 <i>Módulo wifi</i> | 87 |
| Figura 46 <i>Configuración de la red</i> | 88 |
| Figura 47 <i>Ingreso de datos del proceso de biselado</i> | 88 |
| Figura 48 <i>Envío de datos de la maquina a la plataforma</i> | 89 |
| Figura 49 <i>Validación de transferencia de información</i> | 89 |
| Figura 50 <i>Ejecución de biselado en codos de tubos de ventilación</i> | 90 |
| Figura 51 <i>Sellado de bisel macho y hembra</i> | 91 |
| Figura 52 <i>Proceso manual de biselado</i> | 92 |
| Figura 53 <i>Proceso manual de sellado</i> | 92 |
| Figura 54 <i>Formas de bisel según su orientación</i> | 94 |
| Figura 55 <i>Codo elaboración manual</i> | 97 |
| Figura 56 <i>Codo elaboración semiautomático</i> | 103 |

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal diseñar e implementar un sistema semiautomatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, utilizando Smart Manufacturing para el registro de la producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga. La primera etapa corresponde a la recopilación de información sobre el proceso de elaboración de los codos de conducto redondo mediante la observación y análisis del proceso e investigación de maquinaria similar fuera del país, además de las características necesarias para un sistema de ventilación o aire acondicionado. Posteriormente se realizó un dimensionamiento de la máquina con la ayuda de un software libre de acuerdo a las necesidades y lineamientos de producción de la empresa, el sistema semiautomático consta de 3 procesos diferentes, el primero es la estación de biselado que permite realizar los biseles macho y hembra según la regulación de la mesa de trabajo además se entrega la información necesaria del tiempo de producción; el segundo es la estación de empalme donde se realiza la unión de los corte del codo mediante un sellado mediante los biselados previamente elaborados. El último proceso estación diseñó un circuito de control la cual integra una pantalla en la que el usuario realiza la selección del tipo de producto que se va a elaborar, adicionalmente se integró un sistema IoT la cual registra el número de tubos generados, por medio de la programación el sistema envía varios mensajes y los almacena en un servidor web. Finalmente se pudo concluir que el sistema automatizado de biselado de tubos para ventilaciones proporcionó la reducción de tiempo en la producción de tuberías en la empresa.

Palabras Clave: Sistema automatizado, Sistema de ventilación, Smart Manufacturing, bisel.

Abstract

The main objective of this work is to design and implement a semi-automated system for the production of round duct elbows used in ventilation and air conditioning systems, using smart manufacturing to record production in the company "Industrias Metálicas JB" of the city from Latacunga. The first stage corresponds to the collection of information on the manufacturing process of the round duct elbows by observing and analyzing the process and researching similar machinery outside the country, in addition to the necessary characteristics for a ventilation or air conditioning system. Subsequently, a sizing of the machine was carried out with the help of free software according to the needs and production guidelines of the company, the semi-automatic system consists of 3 different processes, the first is the beveling station that allows male bevels to be made and female according to the regulation of the work table, the necessary information on the production time is also delivered; the second is the splicing station where the union of the elbow cuts is made by means of a seal using previously prepared bevels. The last station process designed a control circuit which integrates a screen in which the user selects the type of product to be produced, additionally an IoT system was integrated which records the number of tubes generated, through programming the system sends various messages and stores them on a web server. Finally, it was possible to conclude that the automated system for beveling pipes for ventilation provided the reduction of time in the production of pipes in the company.

Keywords: Automated system, Ventilation system, Smart Manufacturing, bevel.

Capítulo I

Generalidades

Introducción

Diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, utilizando Smart Manufacturing para el registro de la producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga

Antecedentes

Una vez revisada la literatura acerca del tema de investigación se encontraron varios trabajos relacionados, los cuales sirven como punto de partida para el desarrollo del presente estudio. Entre, estos se mencionan:

En el trabajo realizado por Humiri Ajacopa (2019) con el tema “Diseño y construcción de una maquina biseladora de platinas y tubos para el taller de soldadura eléctrica de Mecánica Industrial” se estudió la creación de máquinas biseladoras para cada tipo de trabajo según su ámbito. Sin embargo, estas máquinas han tenido elevados costos para su adquisición por la función que cumplen, siendo innecesario para los centros de enseñanza, pequeña y mediana empresas. Puesto que son bastante costosos, y como consecuencia han sido reemplazados comúnmente por las amoladoras. En el campo de la soldadura el bisel es fundamental para la unión de dos piezas o más y se necesita aún más precisión al realizar las soldaduras en tuberías de redes o estanques con electrodos celulósicos, puesto que, estas uniones no deben ser herméticas, por lo cual el bisel debe ser constante para obtener una raíz constante en la soldadura para así poder pasar satisfactoriamente la inspección de y control de calidad en la soldadura.

De igual manera en la investigación desarrollada por Marc (2016) se propuso un diseño de tornos de amarre exterior para corte y biselado de tuberías y para mecanizado de bridas. Se determinaron los procesos de conformado por arranque de viruta a nivel

industrial han tenido desde siempre un alto grado de complejidad, al que se le suma el hecho de que no siempre se tiene la posibilidad de poder mover una pieza que necesita ser reparada. El mecanizado in situ hace referencias precisamente a la situación en la que, por el motivo que sea, la pieza a mecanizar no puede ser movida del sitio donde está instalada. Ante esta situación, se tienen que considerar una serie de máquinas diseñadas específicamente para cada una de los tipos de reparaciones que se tiene que llevar a cabo. Uno de los servicios prestados por la empresa donde se realiza este Trabajo de Final de Grado se sitúa en el contexto de los mecanizados in situ.

En el proyecto desarrollado por Trujillo (2015) con el tema: “Desarrollo de guía para el diseño de biseles plásticos automotrices moldeados por inyección” Como primera etapa se clasificaron los componentes plásticos del automóvil, identificando las características propias de cada familia. Se eligió la familia de biseles por la gran cantidad de componentes de este tipo presentes en el automóvil y por obtener varios elementos presentes en otros grupos. Posteriormente se consultó en estudios y guías existentes que analizan elementos plásticos aislados, obteniendo información y recomendaciones de diseño para los elementos propios del bisel. A partir de la información recopilada se creó el modelo CAD de la pieza maestra, dividida en diferentes secciones con los mismos elementos, pero diversos parámetros de diseño. Después se simuló el moldeo de la pieza maestra por inyección con el software Moldflow. Finalmente, considerando los resultados de la simulación y el resto de información recopilada, se creó la guía de diseño para biseles plásticos.

Planteamiento del Problema

En el Ecuador existen pequeñas y medianas empresas en el área industrial, las cuales en su mayoría cuentan con procesos manuales que requieren ser automatizados. En la ciudad de Latacunga - Cotopaxi, Según las patentes comerciales adquiridas para el censo del año 2010 existe un porcentaje del 15% de los establecimientos que se dedican al

sector manufacturero y artesanal (Municipio de Latacunga, 2014), dentro esta población se encuentra los artesanos metalmecánicos.

La empresa “Industrias Metálicas JB” está dedicada a los procesos metalmecánicos de forma artesanal, una de sus líneas de producción está dirigida a la construcción de codos de conducto redondo para sistemas de ventilación, el cual es desarrollado de forma netamente manual.

Este tipo de elaboración genera altos índices de contaminación auditiva, por los constantes golpes que se le proporciona a la lámina, para formar un sellado en las uniones de los conductos redondos.

Actualmente el proceso se desarrolla de forma manual por operarios contratados, los cuales, por falta de experiencia y complejidad en la elaboración de los codos de conducto redondo incurrir en múltiples fallas en su elaboración, proceso en el que se realiza 2 biselados (Pliegue que queda al borde la lámina) en sus contornos para formar las guías para embonar (unir las piezas) y proceder con la formación de la costura (unión de los biselados) para esto se debe realizar repetidos golpes a la materia prima, este proceso lleva un tiempo aproximado de una hora.

Al culminar del proceso se realiza un control de calidad, en el cual, se puede evidenciar las fallas técnicas por parte de los operarios, algunos de los casos son por la mala sujeción de la materia prima y esto vuelve deficiente al producto, y al ser implementado en sistemas de ventilación y aire acondicionado, tienden a generar fallas en el funcionamiento provocando malestar en los usuarios.

Por lo tanto, al no cumplir con las condiciones de calidad necesarias para un sistema de ventilación, los codos de conducto redondo mal elaborados tienen que regresar al taller y ser reemplazados, generando desperdicio de material y pérdidas económicas a la empresa. Ante esta problemática presente en dicha empresa, se ve la necesidad de automatizar este proceso de elaboración artesanal, para mejorar sus tiempos de producción. Además se introducirá el sistema a los requerimientos actuales de la industria 4.0 por lo cual se va a utilizar los principios de Smart Manufacturing permitiendo el uso de tecnología IOT para

llevar un registro de su producción mediante un servidor web, disminuir la contaminación y prevenir enfermedades auditivas en sus colaboradores para lo cual se propone diseñar y construir un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo para sistemas de ventilación y aire acondicionado.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar e implementar un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, utilizando Smart Manufacturing para el monitoreo y registro de la producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga.

Objetivos Específicos

- Recopilar información acerca de los procesos de elaboración de codos de conductos redondos para sistemas de ventilación y aire acondicionado.
- Dimensionar el sistema mecánico y diseñar el sistema eléctrico, y seleccionar los dispositivos a partir de sus características técnicas, aplicabilidad y disponibilidad en el mercado para su adquisición.
- Desarrollar e principios de Smart Manufacturing de registro en la implementación del sistema automatizado.
- Desarrollar el servidor web que permita visualizar el registro de la producción en tiempo real de los codos de conducto redondo.
- Realizar pruebas, analizar resultados y retroalimentarlos para obtener un producto de calidad.

Justificación e Importancia

La empresa “Industrias Metálicas JB” desea mejorar su producción e implementar a futuro más procesos automatizados en línea, debido a estos requerimientos se logró

identificar la necesidad de diseñar y construir un sistema automatizado para la elaboración de codos de conductos redondos para el sistema de ventilación y aire acondicionado, que debe cumplir con los requerimientos que permitan facilitar su proceso de elaboración.

El presente proyecto se justifica, porque mediante la implementación de este sistema se permitirá a la empresa mejorar el tiempo de producción y a la vez un excelente acabado de los empalmes curvos del codo de conducto redondo.

Es importante que las industrias busquen su crecimiento continuo mediante la implementación de procesos eficientes que permitan una mayor producción a menor costo, razón por la cual se ha decidido realizar la construcción de dicho sistema basándose en modelos comerciales existentes fuera del país, mismos que servirán como modelo para diseñar un sistema propio y autónomo en base a los requerimientos y necesidades de la empresa.

No se ha considerado realizar la compra de la máquina por ser un trámite bastante engorroso que iniciaría con la búsqueda de la máquina en una plataforma virtual como es el caso de Alibaba en donde se puede constatar la existencia de la máquina con precios bastante elevados y varían según sus características entre \$3000 y \$9000 dólares estadounidenses, precios que no consideran el transporte, seguro, o sus respectivos tributos a pagar al momento de ingresar al país, como se puede evidenciar el proceso para la compra de esta maquinaria se vuelve un tanto complejo debido a que el envío no se realiza directamente a Ecuador sino a un casillero en Estados Unidos en donde su estadía tiene un costo adicional, además por falta de conocimiento en el área de comercio exterior se debe solicitar la asesoría de una empresa dedicada a las importaciones, agente de aduana, etc. Por estos servicios adicionales el costo de la máquina podría elevarse un 50% más del valor inicial. Sin embargo, siempre existe la incertidumbre de los negocios por internet ya que la empresa proveedora se encuentra ubicada en China y existen empresas vendedoras con pocos años de fundación que podrían generar desconfianza al momento de la compra.

Uno de los propósitos de la implementación de este sistema automatizado es precautelar la salud de sus colaboradores y contribuir con el medio ambiente disminuyendo la contaminación auditiva que se genera en el proceso de elaboración.

Otro punto que justifica en el presente proyecto es el implementar los principios de Smart Manufacturing en la empresa Industrias Metálicas JB, se incluye a los procesos de la industria 4.0 que nos está llevando a una nueva revolución industrial, basados en los sistemas de producción ciber – físicos, mismos que desafían la forma tradicional de producción en el sector manufacturero.

Hipótesis

¿El diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionada, utilizando los principios de Smart Manufacturing permitirá mejorar el tiempo de producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga?

Variables de la Investigación

Variable Independiente

Sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionada.

Variable Dependiente

Mejorar tiempos de producción en la elaboración de codos de conducto redondo.

Figura 1

Gráfico de relación de variables de investigación



Capítulo II

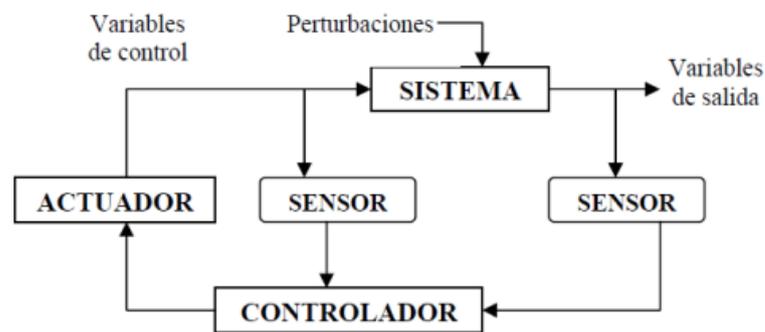
Fundamentos teóricos e investigación

Sistema de control automatizado

La función de un sistema de control es obtener, a través del manejo de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, para alcanzar un rango de valores establecidos; que permitan garantizar la estabilidad ante perturbaciones o errores en tiempo real.

Figura 2

Elementos de un sistema de control



Nota. Tomado de (Montalvo, 2014)

Un sistema de control automatizado es utilizado en, sistemas de vuelo y de propulsión de los aviones, industria automotriz, instrumentación médica, subestación eléctrica, ingeniería de procesos, robótica, entre otras.

En los sistemas de control moderno se utilizan circuitos electrónicos, procesadores digitales y microcontroladores; para poder manejar una o varias señales ya sea de entrada o de salida de una planta o sistema, para lo cual, se debe colocar entre la referencia y la planta un controlador, para que su función de transferencia sea el inverso de la planta, de tal manera que la función de transferencia del sistema sea igual a uno; a este sistema se lo llama control a lazo abierto. (Montalvo, 2014)

Los procesos industriales de la actualidad exigen confiabilidad y eficiencia en sus sistemas y un debido control en la fabricación de los productos, lo que conlleva a mejorar la producción y la calidad de los productos; éstos son algunos de los objetivos que se pueden llegar a cumplir con el control semiautomático de procesos.

La automatización implica la transferencia de las tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, con esto se pretende abaratar costos, aumentar la producción y sobre todo mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos de alto riesgo e incrementando la seguridad industrial. (Ripipsa, 2019)

Chapa Metálica

Chapa metálica es una lámina delgada de metal que se utiliza para la manufactura por ejemplo en carrocerías. El proceso que se utiliza para cortarlas o darles forma es estampado en frío, troquel o conformado. Por lo general está fabricado de un material maleable que permita manejar sus espesores. (García Somolinos, 2019)

La producción de chapa metálica ocupa gran parte de la producción industrial actual, siendo protagonista en diversos sectores y no iba a ser menor en la industria metal mecánica. El dominio de los procesos de conformado ha permitido que se puedan obtener mayores prestaciones en el producto al mismo tiempo que se aumenta la complejidad de la forma de este. La Normativa Europea clasifica el conformado según las condiciones de fuerza a las que se somete la pieza a deformar. Dependiendo si se le aplican condiciones de; compresión, compresión y tensión, únicamente tensión, doblado u otros.

Conformado por doblado

En el doblado con matriz, (Die vending), la forma de la pieza es impactada por la geometría de la matriz.

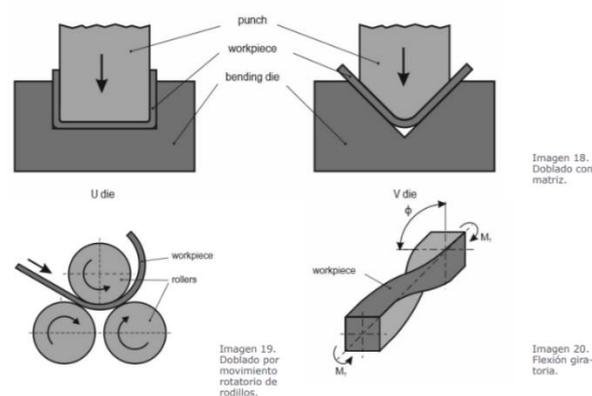
El doblado por movimiento rotatorio de rodillos, (Bending with rotary die movement). Utilizando este proceso es posible fabricar piezas cilíndricas o cónicas. También incluye el

enderezado del rodillo para eliminar deformaciones indeseables en láminas de metal, alambres, varillas o tuberías, así como el corrugado y el perfilado.

La flexión giratoria, (Swivel bending), es un proceso continuo de flexión en el doblado de perfiles, varillas, alambres o tubos. Se utiliza para la producción de muelles y se denomina bobinado. (García Somolinos, 2019)

Figura 3

Conformación de chapa metálicas



Nota. Tomado de (García Somolinos, 2019)

La laminación se ha convertido en un proceso muy productivo capaz de satisfacer el desarrollo de una gran variedad de productos, que se exigían en el momento, entre los que se encontraba la chapa metálica, aunque el proceso contaba con un uso notable de mano de obra humana.

A medida que el desarrollo industrial tiene nuevas necesidades, la tecnología va ofreciendo nuevas posibilidades. Los componentes de chapa metálica se pueden producir mediante las técnicas estandarizadas, en la que se utilizan prensas y matrices. Obteniendo una gran productividad y un tiempo de producción menor. Estos procesos únicamente son rentables para la producción en masa de piezas y económicamente inviables para la fabricación de series cortas. Este problema se da por el elevado coste en la creación de moldes.

Debido a los procesos de conformados modernos que están apareciendo y los progresos en el control de software, se dará una solución a las producciones de series cortas y dar la oportunidad a los pequeños productores que actualmente se ven obligados a elaborar sus productos con materiales y diseños alternativos. (García Somolinos, 2019)

Biselado de tubos

El biselado de tubos es un ángulo que se forma entre el borde del extremo de un tubo o tubería. Cuando el extremo del tubo se forma con cierto grado de inclinación, se le llama extremo biselado. El biselado de tubos es esencial en el proceso de preparación de la soldadura para la unión de tubos. La calidad del tubo biselado afecta la calidad de la soldadura, por lo que la preparación adecuada del tubo garantiza la mejor unión de soldadura. Adicional a la soldadura, el biselado puede utilizarse para desbarbar los extremos de los tubos cortados por razones de seguridad y estética.

Existen varias formas de biselar un tubo. Utilizando una biseladora portátil o estacionaria, haciéndolo con una amoladora manual, o con una cortadora de plasma o soplete.

El método manual de biselado de tubos es el más económico y peligroso a la vez en comparación con el uso de una biseladora de tubos. Consume mucho tiempo y se necesita un operario experto para realizar un biselado en una tubería con una amoladora manual. Por lo que, es casi imposible mantener la misma calidad de bisel en cada operación de tubería.

La biseladora portátil viene en diferentes configuraciones y es más segura que el anterior. La mayor ventaja de estas máquinas portátiles es su portabilidad, por lo que no consume mucho tiempo, debido a que el usuario puede llevar la máquina a la tubería. Son convenientes para usar en trabajos de mantenimiento o en una obra de construcción. (Trujillo Rodríguez, 2012)

Las biseladoras estacionarias ofrecen más opciones y flexibilidad para el biselado de tubos. Casi todos los tipos de formas de biselados de tubos se pueden crear con distintas combinaciones de herramientas. Las biseladoras de tubos estacionarias se pueden incorporar con facilidad en las líneas de producción automatizadas. Las máquinas de biselado estacionarias tienen varias ventajas, como, por ejemplo: las plaquitas de corte de carburo estándar son más económicas de reemplazar cuando se necesitan, son fáciles de configurar y necesitan poco mantenimiento, permitiendo un entorno de trabajo seguro, ofrecen una amplia gama de opciones de mecanizado y pueden mecanizar varios materiales de tuberías, y no requieren de un operador cualificado. Por último, las máquinas biseladoras de tubos estacionarias garantizan una calidad de biselado de tubos constante que afecta directamente a la calidad de la soldadura de tubos. (Trujillo Rodríguez, 2012)

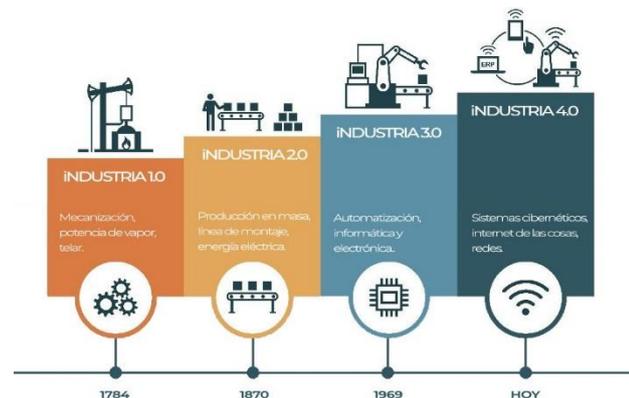
Industria 4.0 y Manufactura Inteligente

En la actualidad donde cada día se da la competencia es global, el desarrollo tecnológico e innovación, las empresas, sobre todo manufactureras, se ven forzadas a reformular sus procesos. La industria 4.0 y la manufactura inteligente van de la mano, donde las tecnologías de fabricación y de la información se han unificado para crear innovadores sistemas de manufactura, gestión y formas de negociar, permitiendo la optimización de los procesos de fabricación, alcanzando mayor flexibilidad, eficiencia y a la vez generar una propuesta de valor, respondiendo de forma oportuna a las necesidades del mercado. El objetivo de este producto es explorar este entorno tecnológico, así como sus causas y efectos futuros. (Basco, 2018)

En el transcurso histórico, el desarrollo tecnológico ha tenido un impacto importante en los sistemas de manufactura, primero con la máquina de vapor y mecanización de los procesos, con la producción en masa, la automatización y la robótica. Con la que ha sido llamada "industria 4.0" considerada como la "Cuarta Revolución Industrial", debido a su potencial y beneficios relacionados con la innovación, autonomía e integración de los procesos. (Basco, 2018)

Figura 4

Industria 4.0 - historia.



Nota. Tomado de (Val Román, 2016)

El concepto de industria 4.0, surge en Alemania en 2011, para hacer referencia a una política económica gubernamental basada en estrategias de alta tecnología; caracterizada por la automatización, digitalización de los procesos y el uso de la electrónica e información en la manufactura. Además, por la flexibilidad de la producción, la prestación de servicios y la creación de negocios con valor agregado. Y, la interacción entre humano y máquina. (Tao, 2014)

Algunas de estas tecnologías, ya han sido utilizadas; sin embargo, su integración es lo que las potencializa para transformar la industria manufacturera, con procesos industriales integrados, optimizados y automatizados; y con resultados significativos en el mejoramiento de la eficiencia operativa y el desempeño. (Val Román, 2016)

Su impacto tecnológico es tal, que está incidiendo en todos los aspectos de la organización, desde la producción hasta el desarrollo e investigación. Además, en el control de los inventarios, la gestión y asesoría al cliente. Permitiendo un cambio en la visión y procesos de la industria. Es tal que la industria 4.0, ya es considerada como un proceso de innovación sistémico que redefine los modelos de negocio y provee una perspectiva global integrada del entorno. (Basco, 2018)

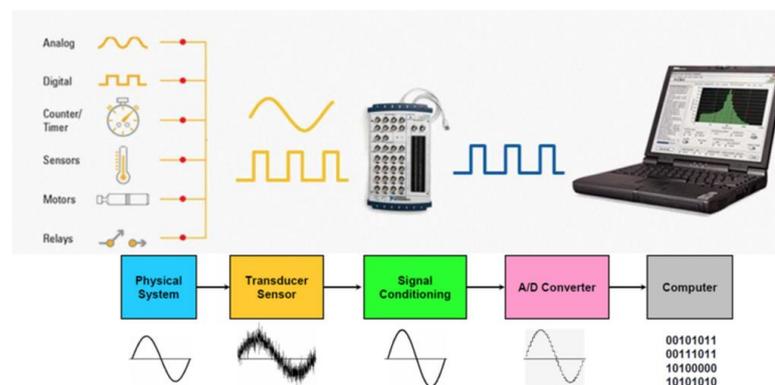
Dispositivos de adquisición de datos (DAQ)

Un sistema de adquisición de datos, son dispositivos o procesos que se usan para recoger información, documentar o analizar un fenómeno. Con los avances tecnológicos, este tipo de proceso se ha simplificado y se ha hecho más versátil, preciso y fiable a través de la electrónica. Estos dispositivos van desde graficadores sencillos a sistemas computacionales complejos. (Ruiz, A., & Pardo, 2018)

El sistema de adquisición de datos comienza en la conversión de magnitudes físicas como presión, temperatura, posición, etc., que presenta cualquier fenómeno físico de la naturaleza, en señales eléctricas de voltaje o corriente mediante el uso de sensores. Una vez obtenidas estas señales eléctricas, se adapta la señal eléctrica analógica para su lectura digital, en otras palabras, se realiza una conversión analógica a digital. Un sistema de adquisición de datos es un dispositivo que permite la recolección de información para analizar un fenómeno real. (Ruiz, A., & Pardo, 2018)

Figura 5

Proceso de un sistema de Adquisición de Datos (DAQ)



Nota. Tomado de (Pontes, León, Martínez, & Climent, 2016)

Los sistemas de adquisición de datos, a menudo abreviados como DAQ, son sistemas diseñados para medir y rastrear alguna forma de sistema físico y convertir estos datos en una forma que se pueda ver y manipular en una computadora. El diseño de

cualquier DAQ debe comenzar con el sistema físico que se está midiendo. Con la gama de sensores disponibles en la actualidad, es posible medir casi cualquier propiedad física de la naturaleza. Por lo que, se debe considerar el tipo de datos que necesita recopilar. (Pontes, León, Martínez, & Climent, 2016)

Por lo general, una DAQ usa hardware dedicado para pasar señales de sensores a los sistemas informáticos que recopilarán y analizarán los datos. Para convertir una señal analógica, a veces ruidosa, de un sistema físico a uno digital y que se pueda manipular en una computadora puede ser una tarea complicada, por esta razón existen dispositivos dedicados para un sistema de adquisición de datos. (Pontes, León, Martínez, & Climent, 2016)

Protocolos de comunicación

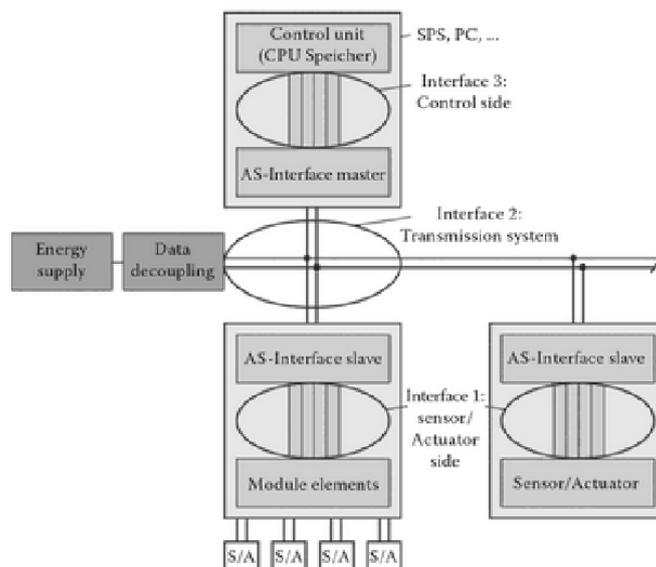
El bus AS-Interface

Es un protocolo de investigación que se encuentra altamente utilizada en el mercado, se puede decir que es robusta y suficientemente flexible para cumplir ciertos lineamientos para un bus de comunicación industrial. Dicho protocolo está diseñado para un estándar bajo de un sistema de control, pero utilizando técnicas de comunicación industrial. (Ávila V. & Armendáriz J., 2014)

La red AS-Interface se lo puede generar como un programa de maestro-esclavo simple, el módulo de velocidad de lectura es de 5 ms, manteniendo a un solo maestro en todo el sistema. Este maestro realiza las acciones de consulta y actualización de los datos de todos los esclavos de la red, utilizando un tiempo.

Figura 6

Red AS-Interface



Nota. Tomado de (ZURAWSKI, 2015)

Características de la red AS-Interface

Las principales características de AS-Interface son:

Tabla 1

Características de AS-Interface

| Características | Descripción |
|---|--|
| Respuesta veloz: máximo 5ms para recibir y retornar datos con máximo 31 esclavos | La velocidad de transmisión de datos es de 167 Kbit/s. |
| Accede la relación de sensores y actuadores | Hasta 100 m por tramo, ampliable a 3 tramos (300 m) |
| Excelente para la conexión entre sensores y actuadores binarios | Permite la conexión de hasta 124 sensores y 124 actuadores |

| Características | Descripción |
|--|--|
| | usando módulos estándar con un solo cable AS-i |
| transferir datos y energía | Permite la conexión de hasta 248 sensores y 186 actuadores mediante módulos de expansión, es decir, más de un segmento |
| Fácil instalación con perforaciones aislantes | Cumple con los requisitos de protección IP-65/HIP-6 (ambiente hostil) e IP-20 |
| Fácil instalación con perforaciones aislantes | La temperatura de trabajo es de -25°C a 85°C. |

Nota. Tomado de (Ávila V. & Armendáriz J., 2014)

IO-Link

El estándar IO-Link maneja diferentes velocidades de transmisión para el host. Sensores como COM 1, COM 2, COM 3. Dependiendo del dispositivo que asigne el host una velocidad. (HUILCA GALAN & SILVA ESPINOZA , 2018)

Características de la red IO-Link

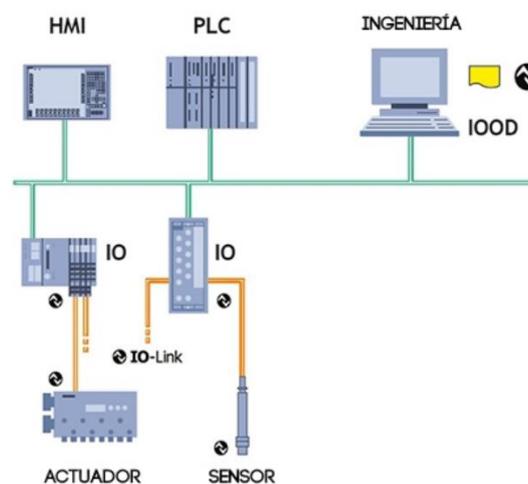
Las principales características de IO-Link según Huilca Galan & Silva Espinoza (2018) son:

- Como sistemas de automatización estándar abiertos y sistemas de bus de campo, comúnmente utilizado, está integrado y no causará conflictos de compatibilidad.
- Rápida puesta en marcha y parametrización.

- Cableado simplificado y estandarización de interfaz muy reducida.
- Permite dispositivos como sensores y actuadores con o sin IO-Link.
- Fácil acceso a los datos en dispositivos IO-Link para facilitar la resolución de problemas.
- El personal capacitado o no capacitado puede reemplazar el equipo dañado, reduciendo el tiempo de inactividad del proceso.
- Reposición de equipos, calidad y la producción está garantizada.

Figura 7

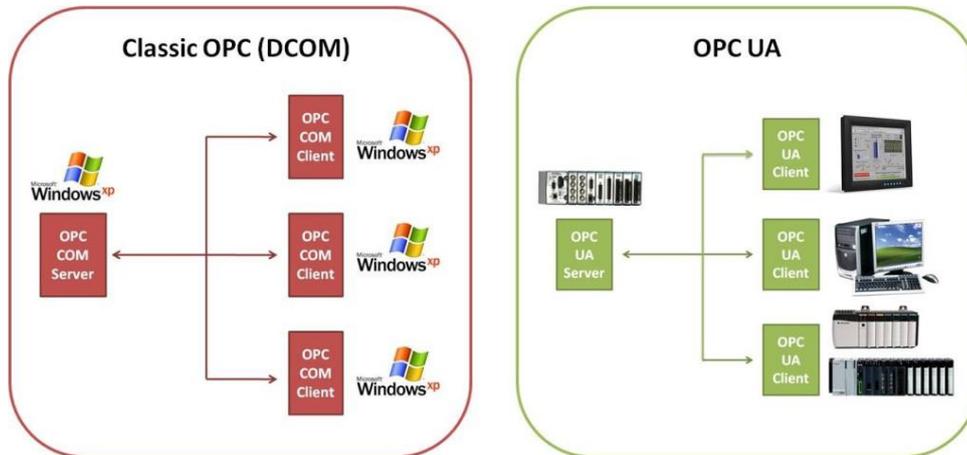
Red IO-Link



Nota. Tomado de (Secoin, 2019)

OPC UA

Arquitectura unificada de colaboración de productividad abierta (OPC UA) tiene como objetivo es superar las limitaciones de su predecesor, OPC Classic. El mismo diseñado para funcionar solo con Windows OS. OPC UA es actualmente una plataforma independiente del proveedor y, por lo tanto, abierta, ya que permite el flujo de información entre componentes de diferentes proveedores, y la Fundación OPC es la asociación responsable de desarrollar el estándar. OPC UA es una tecnología diseñada para la transferencia de datos rápida y segura entre aplicaciones en la industria de la automatización y más allá. (Montalvo, Encalada, Miranda, Garcia, & Garcia, 2019)

Figura 8*Red OPC UA*

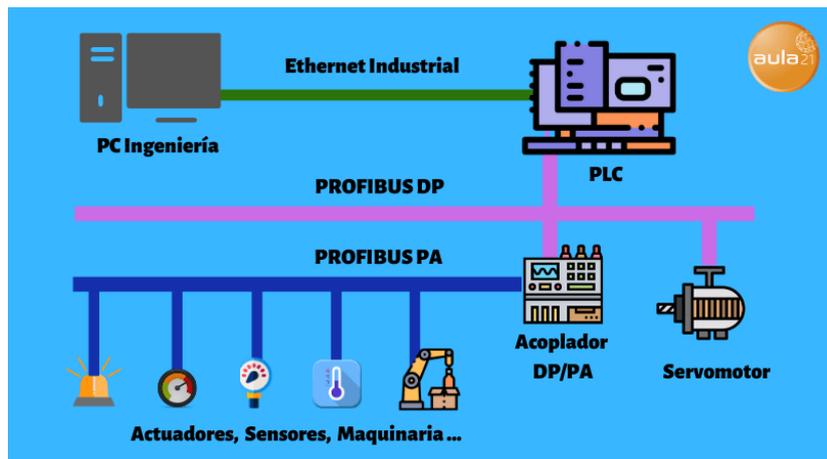
Nota. Tomado de (Rodríguez, 2016)

PROFIBUS

Es un protocolo de comunicación industrial que gran parte de la industria actual utiliza en su proceso de fabricación, gracias a un proyecto en 1987 entre 13 empresas y 5 universidades estatales alemanas que se centró en el proceso de construcción de autobuses. automatización para ayudar a integrar las unidades de control y convertirlo en un sistema central que asuma el rol de controlador, capaz de comunicarse con las unidades de campo, que a su vez puedan reaccionar e intercambiar información relevante cuando sea necesario, todo esto notificando a los usuarios de eventos importantes en la red a través de diálogo digital, y un sistema completo tiene todos los datos necesarios para mantener el proceso funcionando de forma continua y segura. Este cumplimiento se considera un protocolo que proporciona una solución completa en todos los niveles de automatización de procesos en toda la planta y lo diferencia significativamente de otros protocolos. (Arias Arias, 2019)

Figura 9

Red PROFIBUS



Nota. Tomado de (Aula21, 2020)

Esta red genera tres versiones distintas de un protocolo de comunicación:

Tabla 2

Versiones del protocolo PROFIBUS

| PROTOCOLO | DESCRIPCIÓN |
|---------------------|--|
| PROFIBUS-DP | Este protocolo está optimizado para altas tasas de transmisión. Está diseñado para establecer comunicación entre controladores programables y dispositivos de E/S de nivel de campo. |
| PROFIBUS-PA | Diseñado para comunicaciones confiables y de alta velocidad en entornos potencialmente explosivos |
| PROFIBUS-FMS | Para la comunicación a nivel de celda, principalmente volumen de información en lugar de tiempo de respuesta |

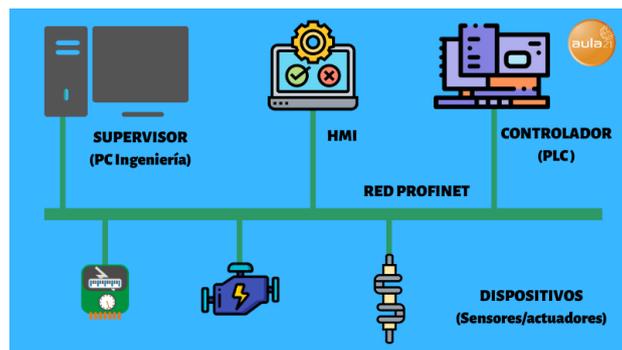
Nota. Tomado de (Mascarós, Casanova, & Salt, 2004)

PROFINET

Se basa en Industrial Ethernet, TCP/IP y algunos estándares de comunicación pertenecientes al mundo de las TI. Una de sus características es Ethernet en tiempo real, donde los dispositivos que se comunican a través del bus de campo acuerdan cooperar en el procesamiento de las solicitudes enviadas a través del bus.

Figura 10

Red PROFINET



Nota. Tomado de (Aula21, 2020)

Esta red contiene varios protocolos dentro de un contexto PROFINET, los cuales son:

Tabla 3

Tipos de protocolos con PROFINET

| PROTOCOLOS | DESCRIPCIÓN |
|---------------------|--|
| PROFINET/CBA | Asociado a las aplicaciones de automatización distribuida en entornos industriales. |
| PROFINET/DCP | Descubrimiento y configuración básica. Es un protocolo basado en la capa de enlace, utilizado para configurar nombres de dispositivos y direcciones IP |
| PROFINET/IO | A veces llamado PROFINET-RT (RealTime), es utilizado para comunicaciones con periféricas descentralizadas. |
| PROFINET/MRP | Protocolo utilizado para la redundancia de medios. Utiliza los principios |

| PROTOCOLOS | DESCRIPCIÓN |
|------------|--|
| | básicos para la reestructuración de las redes en caso de sufrir un fallo cuando la red posee una topología en anillo |

Nota. Tomado de (Estrada Roque, 2020)

Servidor web

Un servidor web es una plataforma especializada para el diseño y transferencia de datos de hipertexto. Las páginas web con todos sus elementos como textos, widgets, banners, etc. utilizan el protocolo http. Este servidor está alojado en un ordenador que cuenta con conexión a Internet. Ya que se encuentra a la espera de que algún navegador le haga alguna petición, como, por ejemplo, acceder a una página web y responde a la petición, enviando código HTML. (CHAVARRIA NEIRA & GUDIÑO DE LA A, 2017)

Características

En la opinión de Chavarria Neira & Gudiño de la A (2017) las funcionalidades de un servidor Web son:

- Un servicio eficiente porque puede recibir una gran cantidad de solicitudes HTTP, incluida la multitarea porque las solicitudes pueden ocurrir simultáneamente.
- Cualquier solicitud compleja (por ejemplo, con acceso a la base de datos) romperá el servicio. Restrinja el acceso a los archivos que no desea hacer públicos, administre la autenticación de usuarios o filtre las solicitudes según el origen.
- Manejar el error de página no encontrada, notificar al visitante y/o redirigir a la página predeterminada. Gestionar la información que se transfiere según su formato y avisar adecuadamente al navegador que está solicitando dicho recurso.

- Gestión de logs, es decir, el almacenamiento de las solicitudes recibidas, los errores ocurridos y, en general, toda la información que pueda ser registrada y luego analizada para obtener estadísticas sobre las visitas al sitio.

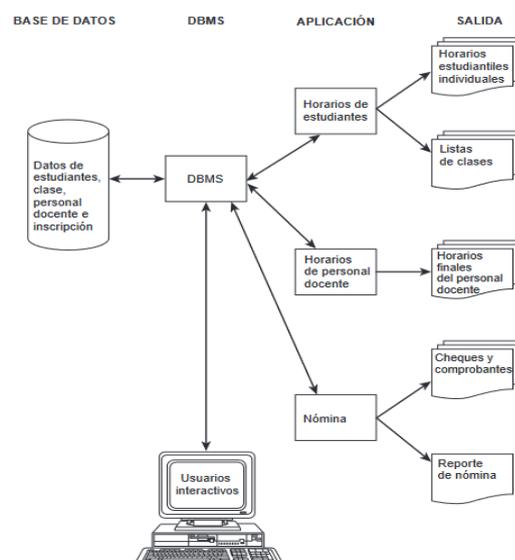
Base de datos

Hoy en día, las bases de datos están tan extendidas que se pueden encontrar en organizaciones de todos los tamaños, desde grandes corporaciones y agencias gubernamentales hasta pequeñas empresas e incluso hogares. Las actividades cotidianas a menudo lo exponen directa o indirectamente a la base de datos. (Catherine M., 2004)

Un página o portal de internet para consumidores que le permite navegar y pedir productos como libros o ropa en línea, accede a una base de datos. La información sobre los productos disponibles y los datos sobre los pedidos se almacenan en la base de datos. También puede ver los datos guardados de sus pedidos anteriores. Algunos sitios web pueden usar la información sobre sus pedidos e incluso sus actividades de navegación para recomendarle productos o servicios que puedan ser de su interés. (Catherine M., 2004)

Figura 11

Esquema de base de datos



Nota. Tomado de (Catherine M., 2004)

Ventajas y Desventajas

A continuación, Marqués (2011) menciona algunas ventajas y desventajas del uso de una base de datos.

Tabla 4

Ventajas y desventajas de la base de datos

| Ventajas | Desventajas |
|--|----------------------------------|
| Mantenimiento de estándares. | Alta complejidad. |
| Mejora en la integridad de datos. | Gran tamaño |
| Mejora en la seguridad | Coste económico del SGBD |
| Mejora en la accesibilidad a los datos. | Coste del equipamiento adicional |
| Mejora en la productividad. | Coste de la conversión. |
| Mejora en el mantenimiento | Prestaciones. |
| Aumento de la concurrencia. | Vulnerable a los fallos. |
| Mejora en los servicios de copias de seguridad y de recuperación ante fallos | |

Nota. Tomado de (Marqués, 2011)

Sistema HMI

Es una interfaz hombre-máquina, la abreviatura está relacionada con su nombre en inglés: Human-Machine Interface. En otras palabras, es la interfaz entre el proceso y el operador de la máquina, línea de producción, empresa o cualquier sistema que requiera intervención humana. Es un tablero en sí mismo que los operadores pueden manipular para controlar el proceso. Es una herramienta clave utilizada por los operadores y gerentes de

línea para coordinar y controlar los procesos industriales y de fabricación. Las HMI traducen variables de proceso complejas en información útil y procesable. (CARRION NARANJO & ROMERO TIGMASA, 2012)

Características

En la opinión de Carrión Naranjo & Romero Tigmasa (2012) las características de un HMI son:

Tabla 5

Características de HMI

| Características | Descripción |
|------------------------|---|
| Monitorización | Es la capacidad de obtener y visualizar datos de fábrica en tiempo real. Los datos se pueden representar como números, texto o gráficos, posiblemente explicaciones más fáciles de leer. |
| Supervisión | Esta función, junto con la monitorización, permite regular las condiciones de trabajo del proceso directamente desde el ordenador. |
| Alarmas | Es la capacidad de identificar y reportar eventos inusuales en un proceso. Informe de alertas en función de los límites de control preestablecido. |
| Control | Es la capacidad de usar algoritmos para ajustar los valores del proceso para que esos valores se mantengan dentro de un cierto rango. El control va más allá del control de supervisión al eliminar la necesidad de interacción humana. Sin embargo, la funcionalidad de este software que se ejecuta en una computadora puede estar limitada por la confiabilidad del sistema. |

Nota. Tomado de (CARRION NARANJO & ROMERO TIGMASA, 2012)

Capítulo III

Diseño e integración del sistema

En el presente apartado se muestra el proceso de desarrollo del sistema mecatrónico en este caso la parte mecánica y eléctrica, para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado. Para el diseño mecánico del sistema se parte de la selección de los componentes que se requiere utilizar con la configuración de cada uno y la justificación de los parámetros para la parte eléctrica.

Necesidad del cliente

En este caso se realizó una visita a la empresa, específicamente con el dueño de Industrias Metálicas JB con el motivo de averiguar las cualidades principales que debe tener la máquina en los ámbitos mecánicos del biselado de tubos. La reunión involucró la búsqueda de información precisa que permita que el desarrollo de la maquinaria sea más fácil en base a las características técnicas que debe tener en función al proceso productivo de la empresa.

A continuación, se detalla en una tabla desarrollada por el autor acerca de las necesidades más importantes que supo expresar el dueño de la empresa. Así también, se implanta un grado de importancia el cual va del 1 hasta el 5. El cual el valor del uno es de menos importancia y el número cinco es de máximo valor de importancia. (Ulrich & Eppinger, 2013)

Tabla 6

Necesidades de la máquina

| Número | Necesidad | Grado Importancia |
|--------|-----------------|-------------------|
| 1 | Tamaño reducido | 3 |

| Número | Necesidad | Grado Importancia |
|---------------|---|--------------------------|
| 2 | Materiales resistentes a la corrosión | 4 |
| 3 | Ajuste y cambio entre grados de biselado | 5 |
| 4 | Económico | 3 |
| 5 | Monitoreo de producción | 4 |
| 6 | Diseño multifuncional para los grados de biselado | 5 |
| 7 | Facilidad de operación | 4 |
| 8 | Fácil Mantenimiento | 3 |
| 9 | Bajo consumo energético | 2 |
| 10 | Cuidado de la integridad física del personal | 4 |
| 11 | Cuidado de la calidad del producto | 3 |
| 12 | Correcta ubicación de elementos eléctricos y electrónicos | 3 |
| 13 | Repuestos accesibles dentro del mercado | 4 |
| 14 | Adaptación a IoT | 5 |

Sin embargo, hay varias características específicas por parte del propietario de la empresa las cuales son necesarias y se detallan a continuación:

- El espacio que dispone la empresa para la implementación de la máquina es de 1.5m * 1.5m.

- La tensión de red eléctrica que debe manejar la máquina es de 220V ya que utilizar motores trifásicos.
- El accionamiento para el biselado y cambio del producto se debe efectuar por medio del pie, debido a que ambas manos siempre se encuentran en actividad, y tendrá cerca un botón de pare general.
- El biselado, debe realizarse de manera automática, con el fin de que el operario se enfoque solamente en sostener el tubo.
- La velocidad de biselado debe ser posible de variar de forma independiente acorde a las necesidades del usuario.
- El mecanismo de sujeción del tubo debe poseer la capacidad de ajustar de manera automática.

Especificaciones técnicas de la máquina

Ahora, para los requisitos del cliente, las métricas se utilizan como se muestra en la tabla a continuación. Las métricas son especificaciones en lenguaje técnico para reflejar la satisfacción del cliente con un producto; Estas especificaciones deben ser precisas y medibles.

Tabla 7

Especificaciones técnicas del sistema

| Número | Especificaciones Técnicas |
|---------------|--|
| 1 | Estructura mecánica adecuada |
| 2 | Mantenimiento sencillo y eficaz |
| 3 | Material resistente a la corrosión |
| 4 | Manual de operación |
| 5 | Componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos comunes en el mercado |
| 6 | Bajo costo de manufactura |

| Número | Especificaciones Técnicas |
|--------|--|
| 7 | Implementación de una plataforma web |
| 8 | Optimización de Diseño CAD |
| 9 | Distribución y consumo eléctrico eficiente |
| 10 | Cumplimiento de la Normativa de Seguridad |
| 11 | Tiempo adecuado de biselado |
| 12 | Registro de los datos de producción |

Desarrollo de la función de calidad o QFD

En esta parte el análisis entre las necesidades del cliente y las especificaciones técnicas; se utiliza la herramienta gráfica conocida como QFD.

La matriz QFD es una herramienta que permite tomar decisiones sobre el diseño de un determinado producto, servicio o una mejora que está en desarrollo este proceso analiza e identifica las características técnicas que se debe cumplir para la satisfacción del cliente.

Según Bernal (2012) dice que la matriz QFD aporta una visión objetiva a la hora de diseñar un producto, prioriza las características necesarias que se deben cumplir e identifica los aspectos que deben mejorar para hacerle frente a la competencia. La tabla que sigue se muestra la simbología utilizada por este método y el valor asignado dependiendo del nivel de relación que tiene.

Tabla 8

Valores de relación

| Relación | Símbolo | Valor |
|---------------|---------|-------|
| Fuerte | ● | 9 |
| Media | ○ | 3 |
| Débil | ▲ | 1 |

También existe una relación que se da entre los CÓMO menciona VILLAROEL DUQUE (2015) que existen 4 niveles según el nivel de impacto que tenga una acción sobre otra en la tabla a continuación se muestra su simbología y significado.

Tabla 9

Relación entre cómo y cómo

| Símbolo | Significado |
|----------------|----------------------|
| ++ | Fuertemente positiva |
| + | Positiva |
| - | Negativa |
| -- | Fuertemente Negativa |

A continuación, se detalla el QFD para la realización de la máquina.

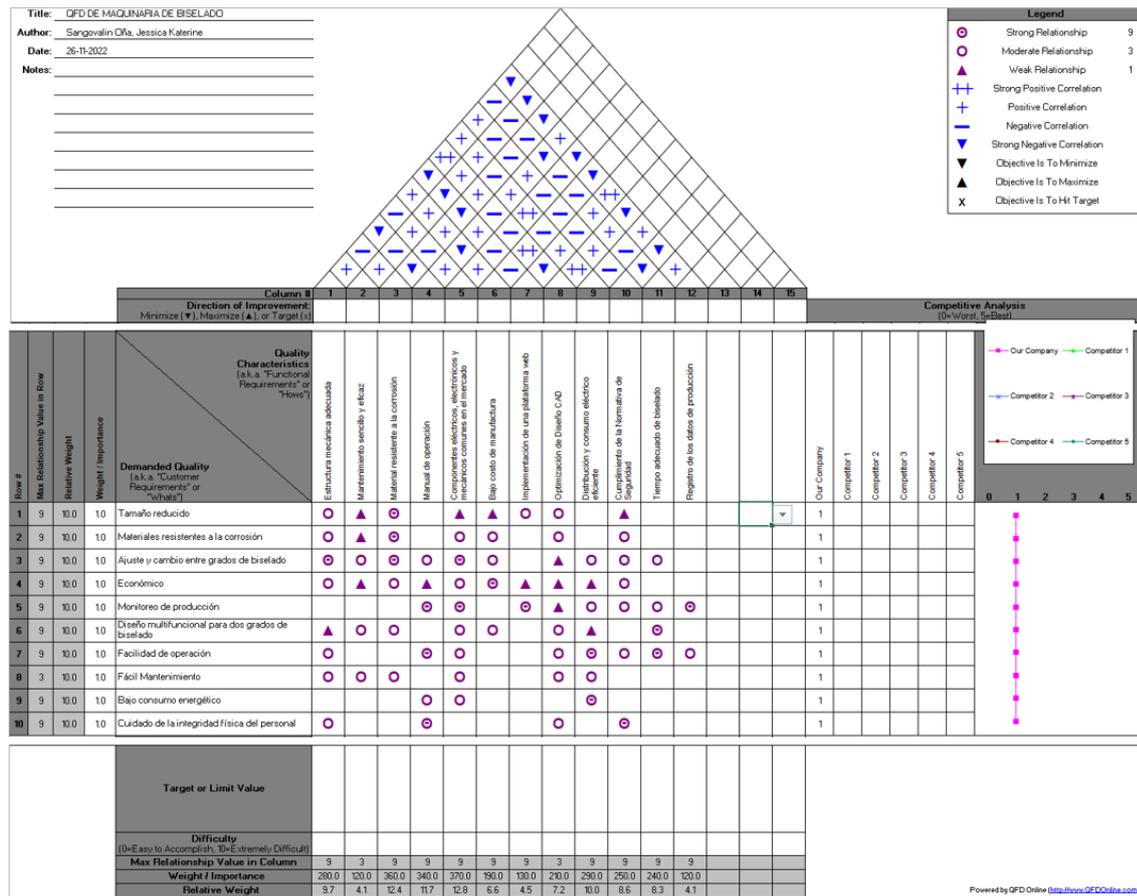
Análisis de los resultados obtenidos con la casa de la calidad

Una vez realizada la matriz QFD y analizado el grado de relación QUÉ-CÓMO se puede identificar los requerimientos técnicos que tienen mayor impacto dentro del proyecto estos requerimientos se consideraran los más importantes y los que se deben cumplir para satisfacer las necesidades del cliente.

- Estructura mecánica adecuada
- Uso de componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos comunes en el mercado
- Bajo costo de manufactura
- Optimización del diseño CAD

Figura 12

Matriz QFD o casa de la calidad



Selección de conceptos mecánicos

Para que cada módulo funcione bien el sistema es necesario filtrar y evaluar los conceptos de cada elemento que se utilizará en el sistema para establecer soluciones a problemas y a su vez tener varias alternativas. Cada elemento debe ser sometido a análisis técnico para seleccionar la mejor solución para resolver el problema y satisfacer al cliente.

Sistema de movimiento para biselado

Se centra en la carga en el movimiento de engranajes y rodillos para la generación de biselado.

Según Ulrich & Eppinger (2013) el filtrado de conceptos es un análisis rápido y ayuda a seleccionar las alternativas más viables para solucionar un problema o cumplir con una función dentro de un sistema; el propósito es tener el concepto individual que haga que un proyecto sea exitoso. Para el filtrado se utiliza códigos que ayudan a identificar conceptos potenciales que se detallan a continuación

- + “Mejor que”
- 0 “Igual a”
- “Peor que”

Según Ulrich & Eppinger (2013) la evaluación de conceptos es utilizada cuando una mayor resolución debe tener una mejor diferencia entre los conceptos que se están analizando. Esta etapa es un análisis cuantitativo en donde se pondera en una escala de 1 a 5 la importancia de los criterios de selección y se determina el concepto a utilizar según el resultado obtenido por la suma de las calificaciones.

Filtrado de conceptos engranajes y rodillos para movimiento de apretado para el biselado. En la tabla a continuación, se puede observar el proceso de filtrado de conceptos de los engranes que se pueden utilizar para el movimiento de biselado.

Tabla 10

Evaluación de conceptos engranajes y rodillos movimiento de biselado

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|
| | Engranajes y rodillos movimiento de biselado | | | | | | |
| | Acero | | Fundición de hierro | | | Bronce | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Costo | 25% | 4 | 1 | 2 | 0,5 | 3 | 0,75 |
| Disponibilidad en el mercado | 25% | 5 | 1,25 | 3 | 0,75 | 3 | 0,75 |
| Fácil de controlar | 15% | 3 | 0,45 | 5 | 0,75 | 1 | 0,15 |
| Facilidad de mantenimiento | 15% | 3 | 0,45 | 4 | 0,6 | 2 | 0,3 |

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|------------------------|--|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|
| | Engranajes y rodillos movimiento de biselado | | | | | | |
| | Acero | | Fundición de hierro | | | Bronce | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Robustez | 20% | 4 | 1 | 4 | 0,8 | 5 | 1 |
| Total, Puntos | 100% | | 4,1 | | 3,4 | | 2,95 |
| Lugar | | | 1 | | 2 | | 3 |
| Resultado | | | Si | | No | | No |

Una vez realizado el análisis que se muestra en la Tabla 10 se puede ver que la mejor opción en cuanto al engrane y el rodillo que ayudará con el movimiento tanto para carga como para el agarre y biselado dentro del sistema es el acero. En el diseño de la maquina se utilizará rodillos para biselados, los cuales están fabricados de acero AISI 4340 templado.

Acero AISI 4340 es un medio carbono, acero de baja aleación muy conocido por su dureza y resistencia en secciones grandes. AISI 4340 es también una especie de níquel cromo molibdeno. Una aleación de acero 4340 es generalmente endurecido y templado en el rango de tensión de 930 a 1080 Mega pascales. El acero 4340 ofrece gran resistencia al impacto, al desgaste y resistencia a la abrasión. El acero AISI 4340 permite una buena ductilidad en el estado de recocido. Para piezas de mucho estrés es un material ideal.

Tabla 11

Datos técnicos – acero AISI 4340

| Datos | Especificaciones |
|-----------------------|------------------|
| Uso especial | Acero para molde |
| Paquete de Transporte | Bulk Package |
| Marca Comercial | Qilu |
| Código del HS | 722840 |
| Length | 1000-12000 |

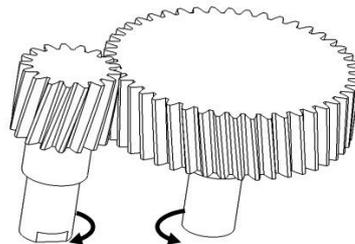
| Datos | Especificaciones |
|-------------------------|-------------------------|
| Uso especial | Acero para molde |
| Especificación | 100 – 12000 |
| Origen | China |
| Capacidad de Producción | 500000 mt/year |

Nota. Tomado de (Hunan Qilu Industrial Co., 2021)

Cabe mencionar que los tipos de engrane son helicoidales ya que su uso es ampliamente utilizado en la industria por que permiten la transmisión de una mayor carga y velocidad que los engranajes rectos, y son más silenciosos. Un ejemplo claro se muestra en la siguiente figura.

Figura 13

Engranajes Helicoidales



Nota. Tomado de (Xunta, 2019)

Cubierta de la máquina

Para la realización de la parte externa de la máquina se proyectó una comparación entre diferentes materiales como son el aluminio, el acero y el acrílico. A continuación, se muestra una tabla la cual muestra el filtrado de conceptos de cubierta de la máquina.

Tabla 12

Filtrado de conceptos cubierta de la maquinaria

| Criterios de Selección | Conceptos | | |
|---------------------------------|------------------------|---------|-----------|
| | Cubierta de la máquina | | |
| | Aluminio | Acero | Alucobond |
| Económico | - | + | + |
| Facilidad de instalación | - | + | + |
| Tamaño | - | + | + |
| Nivel de oxidación | 0 | 0 | 0 |
| Facilidad de manejo | 0 | 0 | + |
| Robustez Industrial | + | 0 | + |
| Suma + | 1 | 3 | 2 |
| Suma 0 | 2 | 3 | 1 |
| Suma - | 3 | 0 | 0 |
| Evaluación Neta | -2 | 3 | -1 |
| Lugar | 5 | 2 | 1 |
| ¿Continuar? | No | Revisar | Si |

La elección del material para la cubierta de la máquina fue el de Alucobond por el peso y por su resistencia a la corrosión que es media, así también, por su precio en el mercado ya que es relativamente bajo.

A continuación, se presenta las especificaciones de la lámina

Figura 14

Lámina de Alucobond



Nota. (Acimco, 2022)

El Alucobond es un panel con dos hojas de cierre de aluminio y un respaldo con minerales resistentes al fuego o no inflamables, que corresponden a la calidad constante de la construcción y los altos estándares de diseño.

Tabla 13

Detalle de la lámina de acero

| Características | Unidades |
|------------------------|-------------------|
| Espesor | 3, 4 y 6 mm |
| Dimensiones | 5800 mm x 1500 mm |
| Peso | 1,34 kg |
| Calidad | Norma DIN 4102 |

Estructura de la máquina

Para la realización del esqueleto mecánico se proyectó una comparación entre diferentes materiales como son el aluminio, el acero y el acero inoxidable. Una vez obtenido los resultados del filtrado se realiza una evaluación cuantitativa de los tres conceptos finales, para ello se le asigna una ponderación de 1 al 5 a cada concepto y según cada criterio.

Tabla 14

Evaluación de conceptos de estructura de la máquina

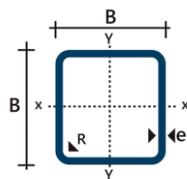
| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|
| | Tubo cuadrado | | | | | | |
| | Acero | | Aluminio | | Acero Inoxidable | | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| Económico | 15% | 4 | 0,6 | 5 | 0,75 | 2 | 0,3 |
| Facilidad de instalación | 20% | 5 | 1 | 3 | 0,6 | 2 | 0,4 |

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|----------------------------|---------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|
| | Tubo cuadrado | | | | | | |
| | Acero | | Aluminio | | Acero Inoxidable | | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Resistencia a la corrosión | 20% | 5 | 1 | 2 | 0,4 | 5 | 1 |
| Facilidad de manejo | 10% | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 |
| Robustez Industrial | 15% | 3 | 0,45 | 2 | 0,3 | 3 | 0,45 |
| Total, Puntos | 100% | | 4,45 | | 3,45 | | 3,55 |
| Lugar | | | 1 | | 3 | | 2 |
| Resultado | | | Si | | No | | No |

Por lo tanto, para el desarrollo de esta estructura se utiliza el acero, específicamente el ASTM A36, ya que es relativamente bajo en precio y más resistente a la corrosión. En la siguiente figura se resalta el detalle del tubo.

Figura 15

Detalle de tubo cuadrado de acero



Designaciones:

- Lado (B)= $1/2$ pulg
- Radio de giro = 0,45 cm
- Espesor (e)= 0,75mm
- Peso=0,26 kg/m

Selección de conceptos Eléctricos

Para que cada módulo funcione óptimamente, ya sea el caso del módulo eléctrico. Parte muy importante dentro del funcionamiento y automatización de la máquina. Teniendo en cuenta los requerimientos técnicos y mecánicos se establecerá la mejor opción para el módulo ya mencionado.

Caja reductora

Son empleados para el accionamiento de toda clase de máquina de uso industrial y cotidiano que necesiten disminuir la velocidad de un motor eléctrico de una forma segura y eficiente.

Tabla 15

Evaluación de conceptos de estructura de caja reductora

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|--------|----------------------|----------|----------------------|--------|----------------------|
| | Caja Reductora | | | | | | |
| | Bonfiglioli Serie VF/W | | | Línea GK | | DAYTON | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 4 | 0,8 | 5 | 1 | 3 | 0,6 |
| Económico | 15% | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 | 3 | 0,45 |
| Facilidad de instalación | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| Caballos de fuerza | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| Corriente de tensión | 10% | 4 | 0,4 | 5 | 0,5 | 3 | 0,3 |
| Revoluciones por minuto | 15% | 5 | 0,85 | 5 | 0,85 | 5 | 0,85 |
| Total, Puntos | 100% | | 4,35 | | 4,65 | | 4,2 |
| Lugar | | | 2 | | 1 | | 3 |
| Resultado | | | No | | Si | | No |

Por lo tanto, para la instalación del reductor se utiliza el motorreductor Línea GK, específicamente de características dimensionales compactas, compuesto por engranajes helicoidales y su par cónico helicoidal, proporcionando mayor eficiencia en su funcionamiento.

Sus características principales son:

- Carcasa de hierro fundido con patas, brida o soporte para bloqueo de torque.
- Potencia: 1/2HP hasta 150HP
- Torque: Hasta 13000Nm
- Factor de Reducción: 1x5.87 hasta 1x199.33

Motor trifásico

Un motor trifásico es un motor que convierte la energía eléctrica en energía mecánica como resultado de la interacción electromagnética. Están diseñados para operar en la red de corriente alterna trifásica utilizada en muchas aplicaciones industriales. A continuación, se presenta las mejores opciones.

Tabla 16

Evaluación de conceptos de estructura de la máquina

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|-------------------------------------|---|--------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|
| | Motor Trifásico | | | | | | |
| | Motor trifásico 1.5kw-2hp- 1500 rpm brida b5 ie3 – siemens | | | Motor Weg Trifásico - 2hp – 1.5kW | | Motor Trifásico 1.5 kW - 2 HP - Seipee | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 4 | 0,8 | 5 | 1 | 5 | 0,8 |
| Económico | 15% | 2 | 0,3 | 4 | 0,6 | 3 | 0,45 |
| Facilidad de instalación | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 0,8 |
| Caballos de fuerza | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 |

| Conceptos | | | | | | | |
|--------------------------------|---|--------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|
| Criterios de Selección | Motor Trifásico | | | | | | |
| | Motor trifásico 1.5kw-2hp- 1500 rpm brida b5 ie3 – siemens | | | Motor Weg Trifásico - 2hp – 1.5kW | | Motor Trifásico 1.5 kW - 2 HP - Seipee | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Corriente de tensión | 10% | 3 | 0,3 | 4 | 0,4 | 3 | 0,3 |
| Revoluciones por minuto | 15% | 3 | 0,45 | 5 | 0,75 | 3 | 0,45 |
| Total, Puntos | 100% | | 3,85 | | 4,75 | | 3,8 |
| Lugar | | | 2 | | 1 | | 3 |
| Resultado | | | No | | Si | | No |

Se establece como como mejor opción al motor trifásico Weg de 2hp – 1.5Kw. Motor cuya accesibilidad es mayor, a nivel económico es la mejor opción y a nivel técnico es suficiente para su implementación.

Interruptor Termomagnético

Un interruptor termomagnético es un dispositivo que, como sugiere su nombre, combina los efectos de las fuerzas magnéticas y térmicas para interrumpir el flujo de corriente en un circuito cuando se detecta un valor superior a un límite especificado. Por lo tanto, es muy importante escoger un interruptor termomagnético de alta gama ya que este elemento funciona como un fusible en la maquina al detectar sobrecargas en el sistema.

Tabla 17

Evaluación de conceptos de Interruptor Termomagnético

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| | Interruptor Termomagnético | | | | | | |
| | | Interruptor termomagnético tripolar S203-K8 - ABB | | Interruptor Siemens 2A Tripolar - Siemens | | Interruptor Termomagnético - iC60N - Tripolar - 10 ^a | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 5 | 1 | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 |
| Económico | 15% | 5 | 0,75 | 3 | 0,45 | 3 | 0,45 |
| Capacidad nominal de cortocircuito | 20% | 5 | 1 | 4 | 0,8 | 3 | 0,6 |
| Tensión nominal de operación | 20% | 4 | 0,8 | 1 | 0,6 | 4 | 0,8 |
| Tensión máxima de funcionamiento | 15% | 4 | 0,6 | 4 | 0,6 | 3 | 0,45 |
| Tipo de terminal | 10% | 5 | 0,5 | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 |
| Total, Puntos | 100% | | 4,65 | | 3,65 | | 3,5 |
| Lugar | | | 1 | | 2 | | 3 |
| Resultado | | | Si | | No | | No |

Se establece como como mejor opción a Interruptor termomagnético tripolar S203-K8 marca ABB. Dispositivo que cumple con los requerimientos técnicos requeridos para el proyecto.

Arrancadores Suaves

Un arrancador suave es un dispositivo de control de motor trifásico que arranca y detiene el motor suave y lentamente.

En lugar de operar a voltaje completo como un arrancador de voltaje completo, los arrancadores suaves controlan el voltaje y lo entregan gradualmente, protegiendo el motor y, a su vez, optimizando el tiempo y los recursos, reduciendo el desgaste. Debido a esto es muy importante escoger forma adecuado el mismo, para lo cual se presentan las siguientes opciones.

Tabla 18

Evaluación de conceptos de estructura de arrancador suave.

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-------------------------|-----|
| | Peso | Arrancador Suave | | | | | |
| | | Arrancador – Shneider - ATS-01 | | Arrancador suave PSR3-600-70, ABB | | Siemens - 3RW3014-1BB04 | |
| | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 4 | 0,8 | 5 | 1 | 4 | 0,8 |
| Económico | 15% | 3 | 0,45 | 5 | 1 | 2 | 0,3 |
| Facilidad de instalación | 20% | 5 | 1 | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 |
| Tensión nominal de operación | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 0,8 |
| Potencia operativa nominal | 10% | 4 | 0,4 | 5 | 0,5 | 3 | 0,3 |
| Grado de protección | 15% | 3 | 0,45 | 4 | 0,6 | 4 | 0,6 |
| Total, Puntos | 100% | | 4,1 | | 4,9 | | 3,6 |
| Lugar | | | 2 | | 1 | | 3 |
| Resultado | | | No | | Si | | No |

Por lo tanto, se ha establecido como arrancador suave al de la marca ABB - PSR3-600-70. Mismo que cumple con los requerimientos técnicos y con su disponibilidad en el mercado y de precio relativamente accesible.

Guardamotor

Un guardamotor es un dispositivo de control de motor electromecánico especial que consta de un relé térmico y un contactor que se puede activar manualmente o electrónicamente a través de un panel de botones de arranque y parada. Por lo que existen algunos en el mercado y en la presente tabla se muestran algunos de los mejores.

Tabla 19

Evaluación de conceptos de estructura de guardamotor

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|--------|----------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| | Guardamotor | | | | | | |
| | MS132-4.0 - ABB | | | 3RV2021- 4DA10- Siemens | | AZ MPW12-3- D004S - Weg | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 0,8 |
| Económico | 15% | 5 | 0,75 | 3 | 0,45 | 3 | 0,45 |
| Facilidad de instalación | 20% | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 | 3 | 0,6 |
| Capacidad de Interrupción | 20% | 5 | 1 | 3 | 0,6 | 4 | 0,8 |
| Potencia operativa nominal | 15% | 5 | 0,75 | 3 | 0,45 | 2 | 0,3 |
| Voltaje de aislamiento nominal | 10% | 4 | 0,4 | 2 | 0,2 | 3 | 0,3 |
| Total, Puntos | 100% | | 4,7 | | 3,5 | | 2,95 |
| Lugar | | | 1 | | 2 | | 3 |
| Resultado | | | Si | | No | | No |

Se establece como guardamotor al MS132-4.0 de la marca ABB, dispositivo que cumple y satisface las necesidades planteadas en la tabla de comparativa de conceptos.

Fuente Industrial

Las fuentes de alimentación industriales están diseñadas para suministrar energía a equipos industriales como switch, cámaras IP y puntos de acceso. Hay fuentes de alimentación con una potencia a partir de 60W y hasta 480W, y convierten el voltaje de CA a CC. A continuación, se presenta la selección del mismo dentro de varias óptimas opciones.

Tabla 20

Evaluación de conceptos de estructura de fuente industrial

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|-------------------------------------|---|--------|---|--------|--|--------|----------------------|
| | Fuente Industrial | | | | | | |
| | Fuente Industrial de 24VDC - 15A máx.- Mean Wells | | Phoenix – Power Supply Unit – Quint-PS/1AC/48DC/5 | | Schneider - Electric- DC Power Supply 380 a 500 V AC | | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 5 | 1 | 4 | 0,8 | 3 | 0,6 |
| Económico | 15% | 4 | 0,6 | 3 | 0,45 | 4 | 0,6 |
| Protecciones | 20% | 5 | 1 | 3 | 0,6 | 3 | 0,6 |
| Salida nominal | 20% | 5 | 1 | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 |
| Frecuencia máxima | 15% | 5 | 0,75 | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 |
| Eficiencia | 10% | 4 | 0,4 | 3 | 0,2 | 3 | 0,3 |
| Total, Puntos | 100% | | 4,75 | | 3,15 | | 3,2 |
| Lugar | | | 1 | | 3 | | 2 |
| Resultado | | | Si | | No | | No |

Por lo tanto, se ha establecido como fuente industrial al de la marca Mean Wells de 24VDC - 15A máx. Mismo que cumple con los requerimientos técnicos para alimentar la máquina desarrollada en el presente proyecto.

Motores a pasos

Los motores a pasos son muy útiles porque se puede mover con precisión sin retroalimentación del sensor y, por lo tanto, se puede representar como un controlador de bucle abierto. En el mercado existen varias opciones, pero a continuación se presenta la selección del mejor para el presente proyecto en base a una comparativa.

Tabla 21

Evaluación de conceptos de estructura de motores a pasos

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | | | |
|-------------------------------------|---|--------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|
| | Motores a pasos | | | | | | |
| | Nema 34 motor paso a paso 6 A 12 nm (1700 OZ-IN) 156 mm. | | | Motor a pasos Nema 17 a 1.7A | | Motor Nema 23- 3Nm, STEPPERONLINE | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 | 5 | 1 |
| Económico | 15% | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 | 4 | 0,6 |
| Facilidad de instalación | 20% | 4 | 0,8 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| Par de torsión | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| Potencia | 10% | 3 | 0,3 | 3 | 0,3 | 5 | 0,5 |
| Material | 15% | 3 | 0,45 | 3 | 0,45 | 5 | 0,75 |
| Total, Puntos | 100% | | 3,65 | | 3,85 | | 4,85 |
| Lugar | | | 3 | | 2 | | 1 |
| Resultado | | | No | | No | | Si |

Se establece como como mejor opción al Motor Nema 23-3Nm, STEPPERONLINE. Motor cuya accesibilidad es mayor, a nivel económico es la mejor opción y a nivel técnico es ideal.

Drivers para Motores

El controlador del motor, es un pequeño amplificador de corriente. La función del controlador del motor es tomar una señal de control de corriente baja y luego convertirla en una señal de corriente más alta para que el motor pueda funcionar. En la siguiente tabla se muestran las opciones que se tuvieron en cuenta para escoger al fabricante más adecuado y que cumpla los requerimientos del presente proyecto.

Tabla 22

Evaluación de conceptos de estructura de driver para motor

| Criterios de Selección | Conceptos | | | | |
|------------------------------|---|--------|----------------------|--|----------------------|
| | Drivers para motores | | | | |
| | Driver de motor a pasos DM542T V.4, STEPPERONLINE | | | STEPPERONLINE Controlador de motor paso a paso CNC 1.0-4.2A 20-50VDC | |
| | Peso | Calif. | Evaluación Ponderada | Calif. | Evaluación Ponderada |
| Disponibilidad en el mercado | 20% | 5 | 1 | 5 | 1 |
| Económico | 15% | 5 | 0,75 | 3 | 0,45 |
| Facilidad de instalación | 20% | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 |
| Resolución | 20% | 5 | 1 | 3 | 0,6 |
| Señal de pulso | 15% | 5 | 0,75 | 3 | 0,45 |
| Peso | 10% | 5 | 0,5 | 2 | 0,2 |
| Total, Puntos | 100% | | 4,8 | | 3,5 |
| Lugar | | | 1 | | 2 |
| Resultado | | | Si | | No |

Se establece como como mejor opción al Driver de motor a pasos DM542T V.4, STEPPERONLINE. Dispositivo que cumple con los requerimientos técnicos requeridos y se adapta al motor a pasos Nema 23.

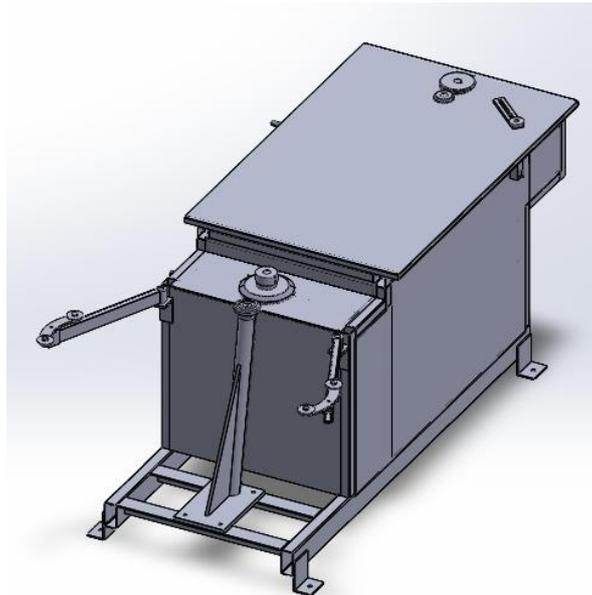
Diseño CAD de la maquinaria

Para el desarrollo a nivel físico de cualquier tipo de maquinaria o dispositivo se parte de un diseño mismo que se presenta a continuación. Al realizar el modelo CAD del mismo permite tener una previsualización del producto final del mismo. Además, optimiza la fabricación del mismo ya que se generan planos con medidas reales para su posterior fabricación.

Una vez que se ha desarrollado el modelo CAD, mismo que cumple con los requerimientos mecánicos y técnicos requeridos por la empresa se procede a realizar un análisis computacional de la sección donde se realizara mayor esfuerzo y trabajo por parte de la máquina. En este caso es la sección de biselado donde existe mayor concentración de movimiento en el proceso de producción.

Figura 16

Modelo CAD



Al plantear el modelo 3D de la máquina se procede a su fabricación con los elementos mecánicos y eléctricos establecidos en las secciones 3.5 y 3.6 donde se realiza la selección de conceptos tanto para la parte mecánica y eléctrica. Permitiendo establecer los

mejores materiales y elementos que integren la máquina, de esta manera cumplir con los requerimientos que la empresa auspiciadora del proyecto requiere.

Análisis CAE

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis CAE, acerca estudio estático del proceso de biselado.

Estudio de platos para el biselado

En este estudio, se aplicó un material acero AISI 4340 templado, y las fuerzas con el torque correspondiente al análisis. A continuación, se muestra en la figura.

Figura 17

Aplicación de fuerzas y torque en los platos de biselado

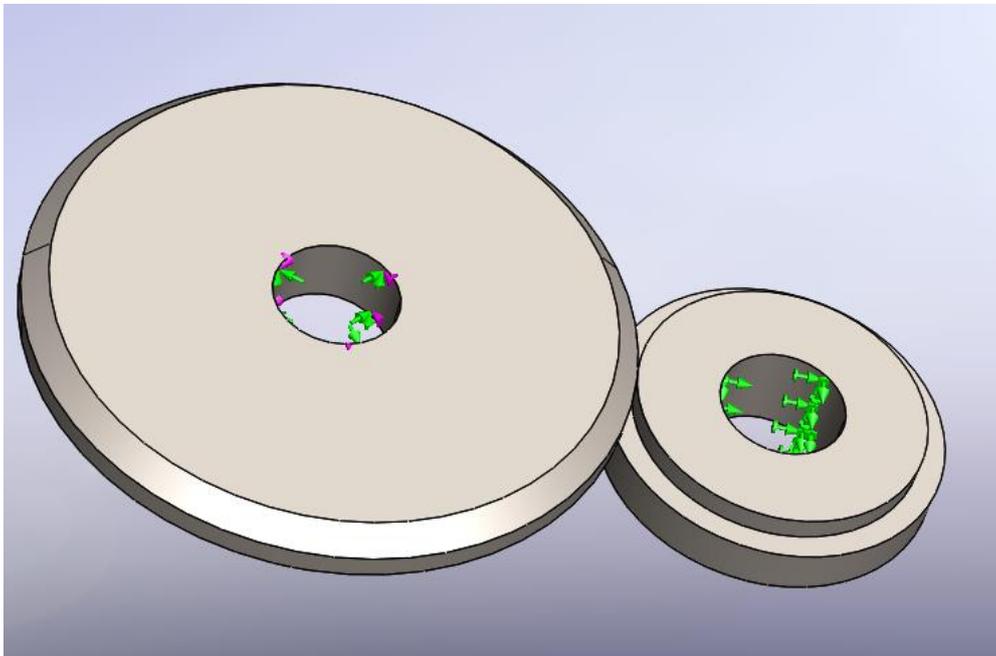
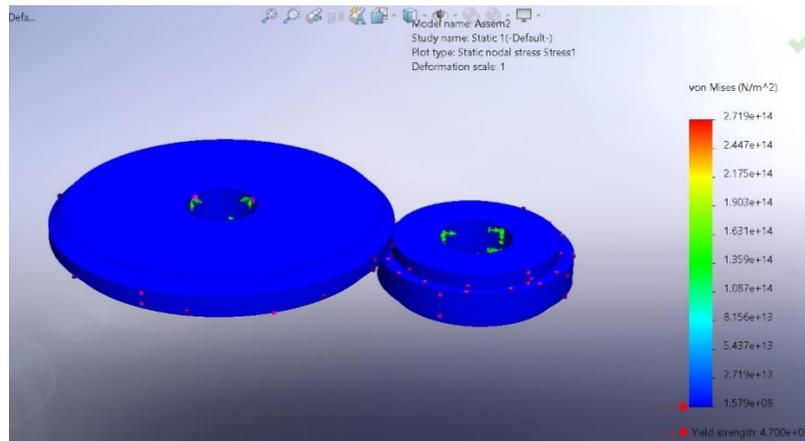
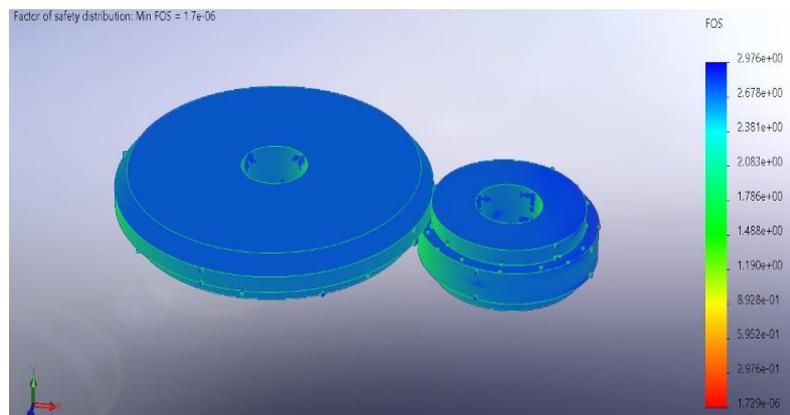


Figura 18*Deformación de Von Mises*

El esfuerzo máximo de Von Mises obtenido, en el análisis computacional es de 470 MPa (Mega Pascales). Según la tabla A-21 de (Budynas, 2012), las propiedades mecánicas para el material propuesto el esfuerzo de deformación máximo es de 975 MPa. Por lo tanto, el material se encuentra en un punto aceptable.

Figura 19*Factor de Seguridad*

El factor de seguridad obtenido en el estudio estático computacional es de $N = 2,976$. Lo cual denota que supera los resultados esperados ya que la maquina se va a someterá a trabajos con materiales fiables con condiciones de carga y en un ambiente no tan severo, para lo cual la tabla de 3-1 de (Budynas, 2012) se necesitaba un factor de

seguridad mínimo de 1,5 a 2 para materiales como el acero basado en la resistencia de fluencia, el mismo que ha sido superado de manera alentadora.

Estudio de los ejes con los platos de cierre

En el estudio a continuación, se aplicó un material acero AISI 4340 templado para los ejes que se encuentran ingresados en los platos de biselado, y las fuerzas con el torque correspondiente al análisis.

Figura 20

Aplicación de fuerzas y torque en los platos de cierre

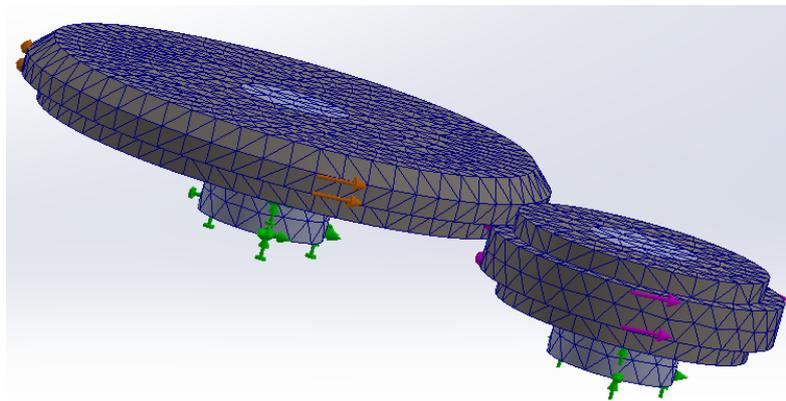
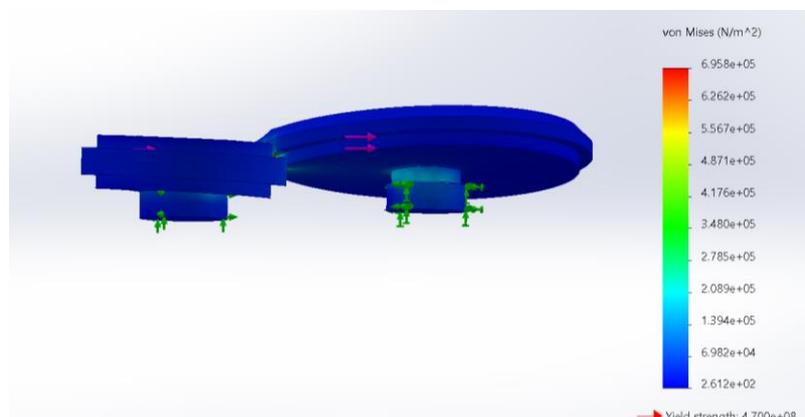


Figura 21

Deformación de Von Mises

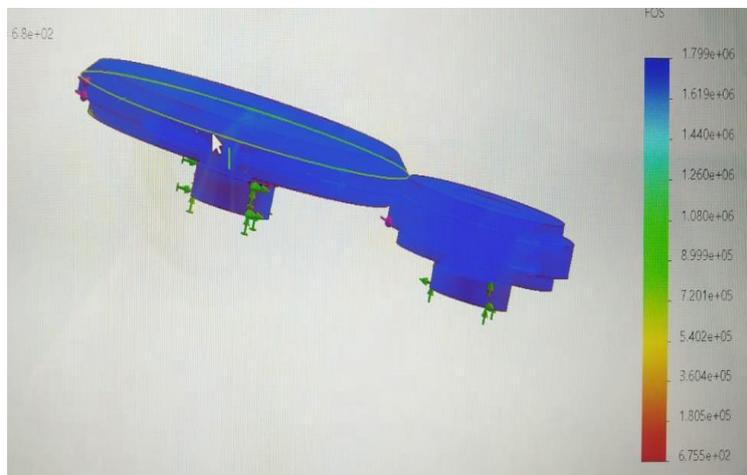


El esfuerzo máximo de Von Mises obtenido, en el análisis computacional es de 470 MPa (Mega Pascales) para los ejes. Según la tabla A-21 de (Budynas, 2012), las propiedades mecánicas para el material propuesto, el esfuerzo de deformación máximo es

de 975 MPa. Por lo tanto, el material se encuentra en un punto aceptable sin riesgo a deformarse.

Figura 22

Factor de Seguridad



El factor de seguridad obtenido en el estudio estático computacional es de $N = 6,8$. Lo cual denota que supera los resultados esperados ya que la maquina se va a someterá a trabajos con materiales fiables con condiciones de carga y en un ambiente no tan severo, para lo cual la tabla de 3-1 de (Budynas, 2012) se necesitaba un factor de seguridad mínimo de 1,5 a 2 para materiales como el acero basado en la resistencia de fluencia, el mismo que ha sido superado de manera alentadora.

Diagrama Estructural del sistema

Selección de calibre de los conductores

Para la selección de los calibres de los conductores debemos basaros en la corriente máxima que pueda pasar por los mismos, eso en base a la corriente nominal por el factor de seguridad de 1.25.

$$I = I_n * 1.25$$

$$I = 2.8 A * 1.25$$

$$I = 3.5 A$$

Una vez tenemos la corriente de trabajo procedemos a calcular la corriente total del uso de dos motores trifásicos y dos motores a pasos, los cuales necesitaban de 4 A para su funcionamiento según sus datasheets.

$$I_T = I_{motores} * 2 + I_{Nema23} * 2$$

$$I_T = 3.5 * 2 + 4 * 2 \text{ A}$$

$$I_T = 15 \text{ A}$$

Tabla 23

Tabla calibre de cables según el amperaje

| Amperaje que soportan los cables de cobre | | | | | |
|---|--------------------|----------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| Nivel de temperatura: | 60°C | 75°C | 90°C | 60°C | |
| Tipo de aislante: | TW | RHW, THW, THWN | THHN, XHHW-2, THWN-2 | SPT | |
| Medida / calibre del cable | Amperaje soportado | | | Medida / calibre del cable | Amperaje soportado |
| 14 AWG | 15 A | 15 A | 15 A | 20 AWG | 2 A |
| 12 AWG | 20 A | 20 A | 20 A | | |
| 10 AWG | 30 A | 30 A | 30 A | 18 AWG | 10 A |
| 8 AWG | 40 A | 50 A | 55 A | | |
| 6 AWG | 55 A | 65 A | 75 A | 16 AWG | 13 A |
| 4 AWG | 70 A | 85 A | 95 A | | |
| 3 AWG | 85 A | 100 A | 115 A | 14 AWG | 18 A |
| 2 AWG | 95 A | 115 A | 130 A | | |
| 1 AWG | 110 A | 130 A | 145 A | 12 AWG | 25 A |
| 1/0 AWG | 125 A | 150 A | 170 A | | |
| 2/0 AWG | 145 A | 175 A | 195 A | | |
| 3/0 AWG | 165 A | 200 A | 225 A | | |
| 4/0 AWG | 195 A | 230 A | 260 A | | |

Nota. El gráfico presenta los valores de los amperajes de los conductores eléctricos según el calibre del cable, Tomado de CEAC (2019).

En base al cálculo de corrientes lo que obtenemos es el calibre más calificado para el proyecto, el cable flexible de 19 hilos de calibre AWG 14, con un recubrimiento THHN para su uso en espacios de trabajo industriales es el elegido para el trabajo.

Figura 23

Diagrama estructural del sistema

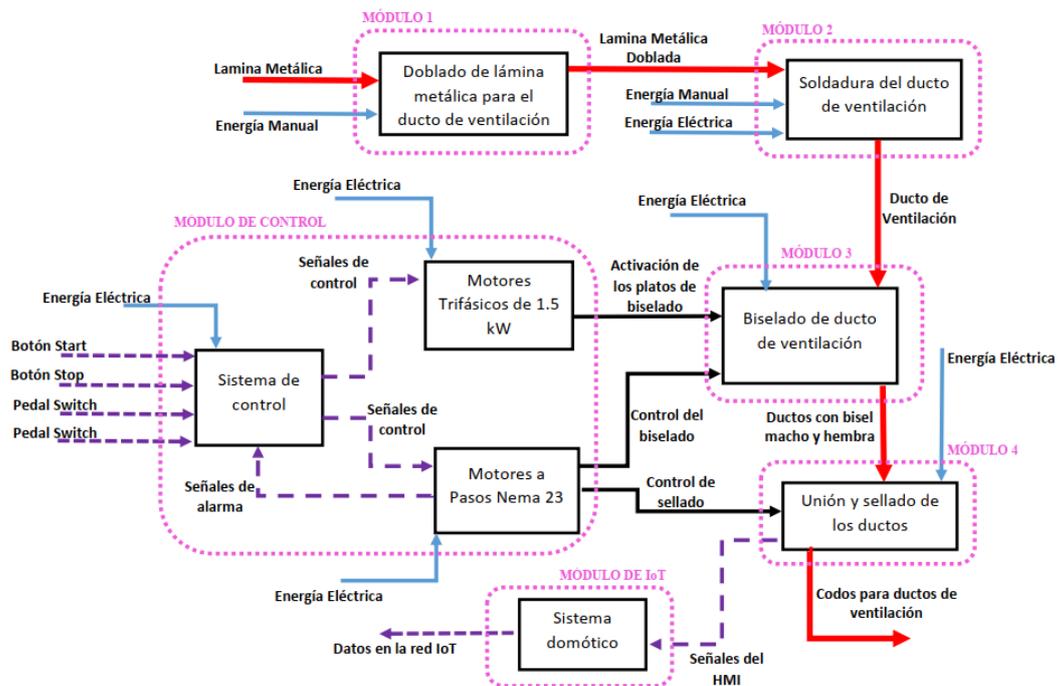
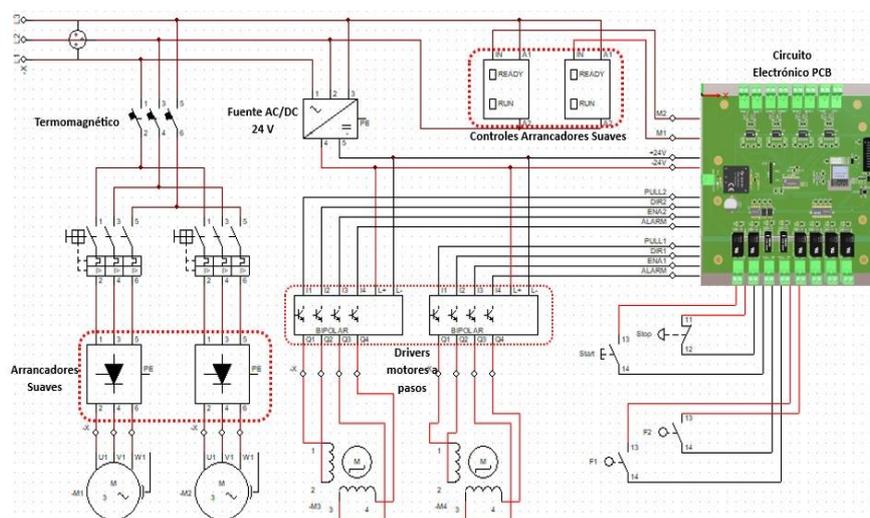


Diagrama eléctrico del sistema

A continuación, se muestra el detalle eléctrico en la cual se trabaja la máquina el cual contiene como parte principal la placa PCB, los motores y los transistores, arrancadores, fuente y controladores. En la siguiente figura se idéntica cada elemento.

Figura 24

Diagrama eléctrico del sistema



Esquematación de los sistemas eléctricos

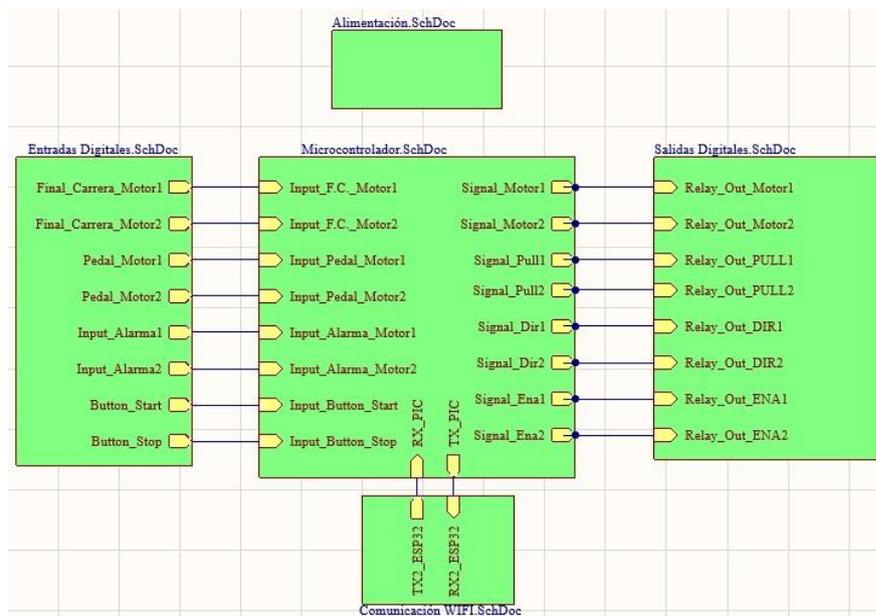
En este apartado se representa el detalle de cada sistema eléctrico de la maquinaria, cada uno fue realizado en el programa Altium Designer en cual es libre para cualquier diseño. A continuación, se presenta los diseños.

Estructura general del sistema electrónico

Se encuentra representado por el microcontrolador como parte principal, anexo a una alineación, entradas y salidas a los actuadores y a una comunicación wifi.

Figura 25

Sistema general eléctrico

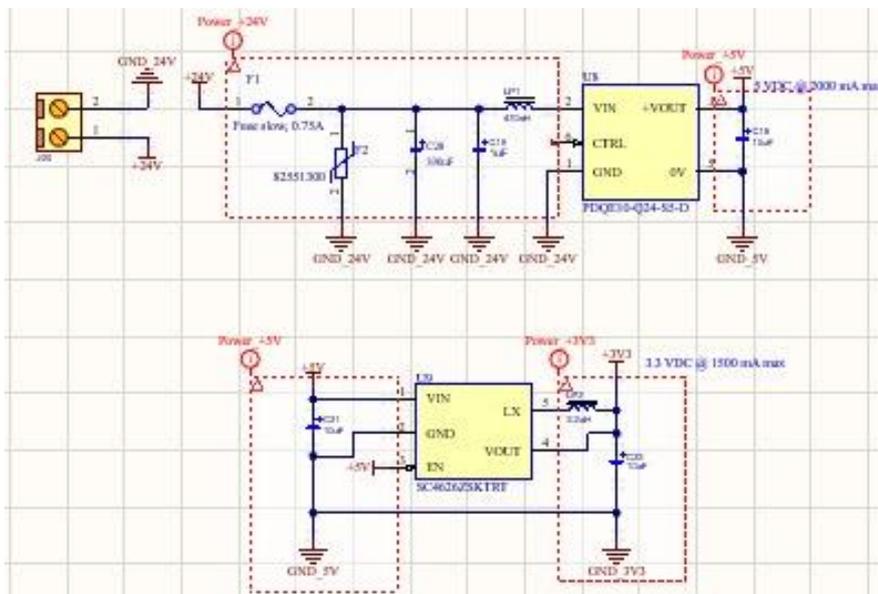


Estructura del sistema de alimentación PCB

En este caso se presenta como se realiza la conexión de entrada de electricidad a la placa PCB, por medio de los instrumentos específicos para un voltaje de 24v.

Figura 26

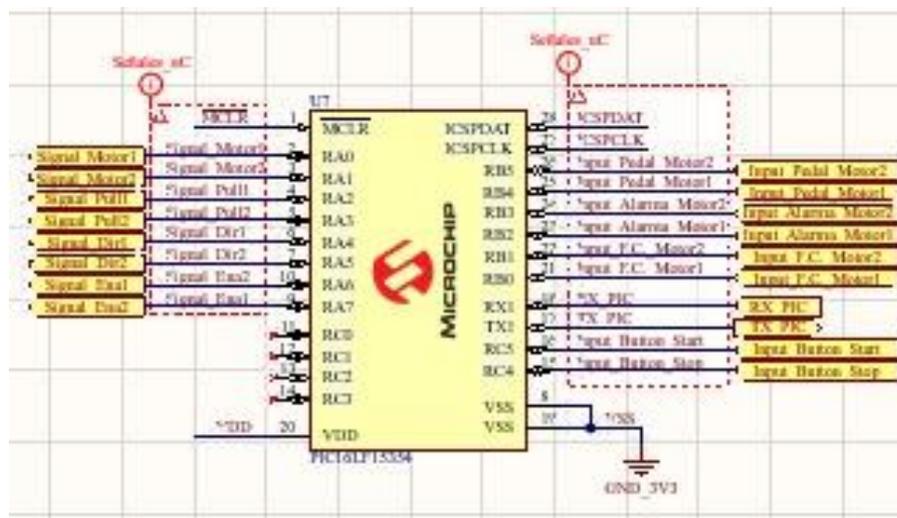
Sistema general de alimentación de la PCB



Estructura del Sistema de control mediante microcontrolador

Figura 27

Sistema control por microcontrolador

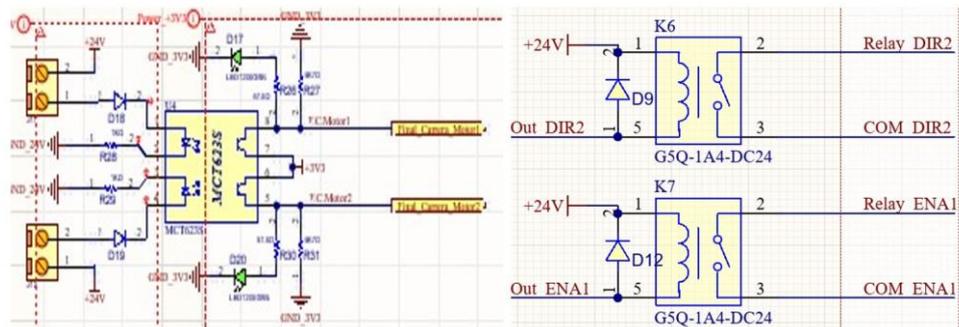


Estructura del sistema de entradas y salidas digitales

En la parte izquierda de la imagen se puede ver las entradas de señal digital del sistema y en la parte derecha se detalla las salidas digitales del sistema.

Figura 28

Sistema de entradas y salidas digitales

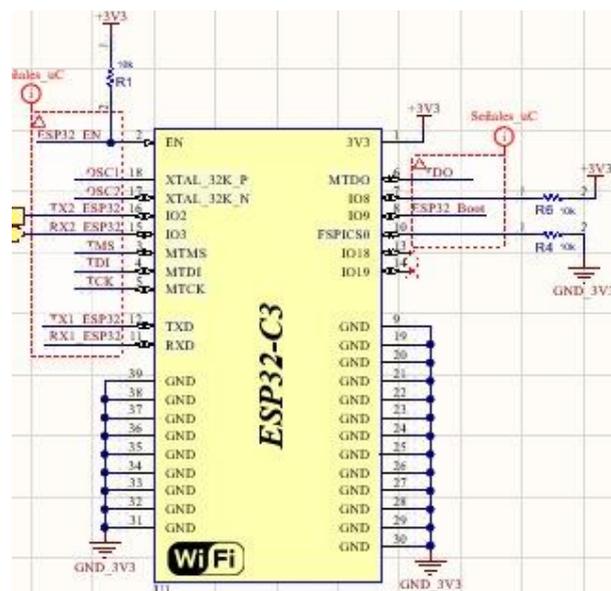


Estructura del sistema IoT

En este caso se utilizó el instrumento electrónico llamado ESP32-C3 para la comunicación virtual con la máquina. A continuación, se presenta su respectiva imagen.

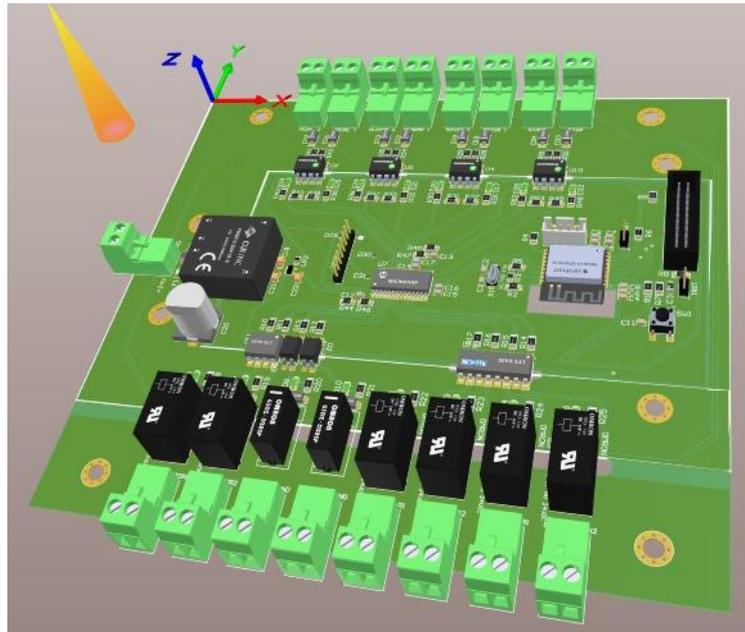
Figura 29

Sistema de IoT con ESP32-C3



Estructura de la placa PCB

A continuación, se presenta el diseño de la placa PCB con los elementos eléctricos correspondientes y detallados anteriormente.

Figura 30*Placa PCB***Construcción del sistema*****Estructura mecánica del sistema***

La construcción de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, inicia con la fabricación y puesta a punto de la estructura metálica de la maquinaria. El modelo CAD se desarrolló en paralelo con el software SolidWorks.

Dentro de las opciones más accesibles y óptimas para el desarrollo de la maquinaria se contempla la siguiente materia prima:

- Acero (Mesa, estructura)
- Fundición de hierro (platinos)
- Bronce (Sujetador de ejes de la mesa)

En base a las características y propiedades de estos materiales, así como su disponibilidad en el mercado, la variedad de espesores, precios y ofertas de los distintos fabricantes, se optó por el acero AISI 4340. Su dureza y resistencia en grandes secciones.

Figura 31*Corte de la estructura*

Después del proceso de corte, cada pieza pasa por una etapa de esmerilado para eliminar las escorias y rebabas dejadas por la acción del plasma, manteniendo por supuesto todas las protecciones industriales de la estructura.

Figura 32*Torneados de ejes del sistema*

Los ejes fueron torneados a partir del diseño establecido para el ensamblaje del sistema de biselado de codos para tubos de ventilación.

Figura 33

Ruedas de acero



Mecanizado de las ruedas de acero que permitan la transmisión de movimiento en el sistema de biselado.

Figura 34

Mecanismo de accionamiento del sistema de biselado



Ensamblado del sistema que permite el movimiento de los platos, mediante la combinación de ejes y ruedas de acero con un mecanismo de adaptación para el motor.

Figura 35*Mesa de trabajo*

La mesa de trabajo, la cual está fabricada de una plancha de acero, cuenta con un sistema de nivelación vertical para generar biseles en los codos de los tubos de ventilación de acuerdo a las necesidades del cliente.

Figura 36*Mecanizado de platos*

Platos de acero que van ensamblados junto al mecanismo de accionamiento, mismo que son mecanizados mediante la técnica de torneado. Los platos angulares permiten el pulido del biselado en los codos.

Figura 37

Estructura mecánica ensamblada



Instalación del tablero de control

Un tablero es una herramienta visual que permite a los usuarios rastrear y analizar información clave relacionada con el desempeño de una empresa o proyecto. Esto puede ayudarlo a identificar tendencias, identificar problemas y tomar decisiones informadas. Además, permite a los usuarios tener una visión general de las métricas clave en un solo lugar, lo que facilita la toma de decisiones y la comunicación de información a las partes interesadas. En resumen, un tablero es una herramienta valiosa para administrar y rastrear el desempeño de una empresa o proyecto.

Para iniciar el proceso de instalación es determinar cuántos elementos habrá dentro de la mesa y su tamaño. La siguiente tabla expone estos elementos en el diagrama del sistema eléctrico. Después de recibir los valores dimensionales, los gabinetes con las siguientes características se consideran ideales para equipos.

Tabla 24

Especificaciones técnicas del gabinete eléctrico

| Especificaciones | Descripción |
|------------------------|---|
| Material | Chapa de acero |
| Espesor [mm] | 18 |
| Dimensión [mm] | 600x400x200 |
| Grado de protección IP | 54 |
| Placa de montaje | Lamina de acero galvanizado |
| Recubrimiento | Pintura texturizada electroestática texturizada |

Figura 38

Distribución de los componentes eléctricos



De acuerdo a las normas para tableros y gabinetes de control, se cumplieron varios puntos importantes, definiendo el uso de bandejas ranuradas, manteniendo un 25% de espacio libre en cada fila de rieles DIN, y el uso de conectores de uso o conectores en los extremos.

Figura 39

Conexiones del tablero de control



Después de hacer las conexiones que efectivamente completaron la secuencia de control, se asegura el resto del cableado que venía en la caja con unas bridas de plástico y el circuito funcionó.

Capítulo IV

Implementación, pruebas y resultados

En el presente capítulo se presenta la implementación del sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga, integrando la funcionalidad mecánica con el control semiautomático de los circuitos eléctricos y logrando así la convergencia con los mundos virtuales a través de Internet of Things (IoT), lo que resulta en registro diario de la elaboración de codos, durante la cual se realizarán algunas pruebas de funcionamiento establecidas para probar el rendimiento del sistema.

Ubicación de los componentes

Al tener establecidos los componentes mecánicos y de control que conformaran la maquinaria se procede a implementarla en el área de trabajo. Dado que el puesto de trabajo para la fabricación de maquinaria dispone de una toma de 220 voltios, facilita el montaje y a alimentación de la máquina, a continuación, se puede apreciar el sistema completamente funcional implementado en la empresa “Industrias Metálicas JB”.

El sistema semiautomatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, como muestra la siguiente figura.

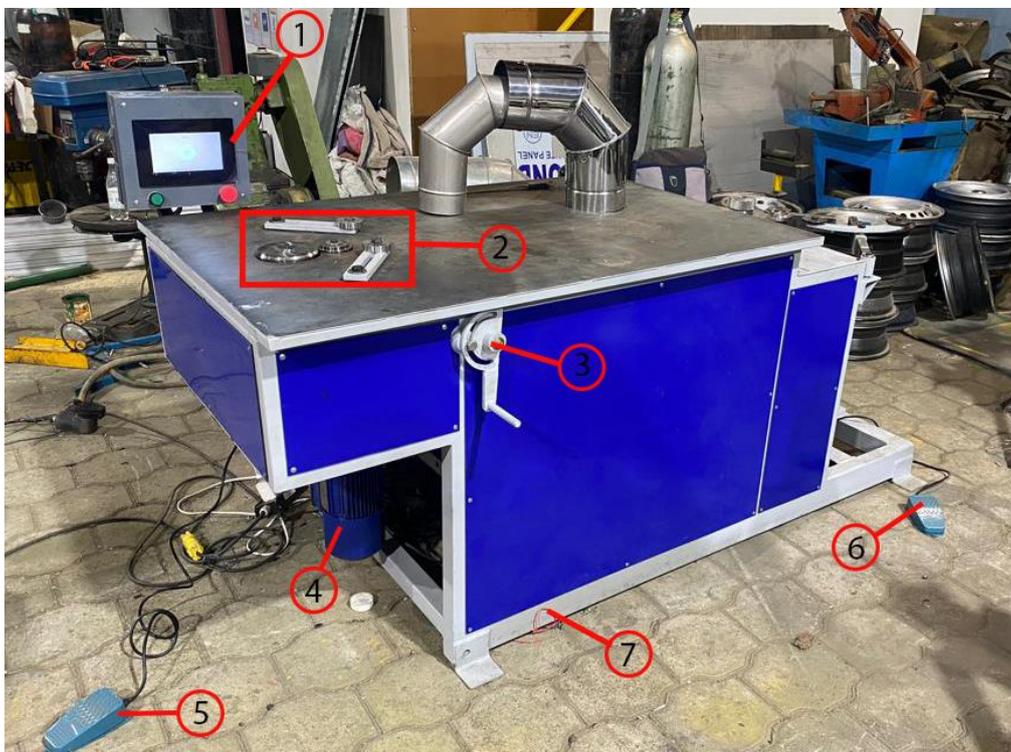
Donde:

- 1) Panel de Control
- 2) Sistema de biselado Macho/Hembra
- 3) Nivelador de la mesa
- 4) Motor de la sección de biselado
- 5) Pedal eléctrico del área de biselado

- 6) Pedal eléctrico del área de sellado
- 7) Estructura metálica

Figura 40

Sección frontal del sistema semiautomatizado



La parte posterior del sistema, se muestra en la siguiente figura donde se puede apreciar de forma más clara el tablero de control y el sistema de refinamiento para el biselado de tubos de ventilación.

Donde:

- 8) Mesa de trabajo
- 9) Sección de sellado
- 10) Motor principal del área de sellado

Figura 41

Sección posterior del sistema semiautomatizado



Donde:

- 1) Tablero de Control
- 2) Recubrimientos de la estructura

Figura 42

Sección posterior del sistema semiautomatizado



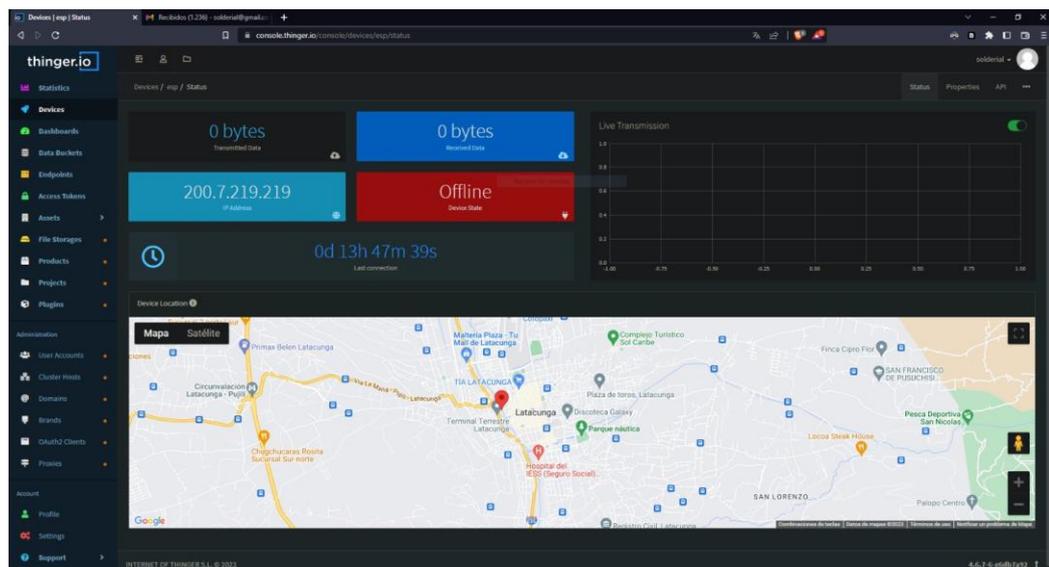
Proceso de Obtención IoT

Este apartado abarca dos procesos, el primero es el biselado y el segundo es la unión del bisel. Trabajando conjuntamente con la plataforma web es decir la comunicación IoT.

En primera instancia se trabajó con el sistema thinger.io y crear una cuenta gratuita introduciendo los datos de creación. Después tendremos nuestra cuenta activa y podremos acceder a la plataforma y trabajar en el proceso de creación de la página web.

Figura 43

Pantalla principal de la página web

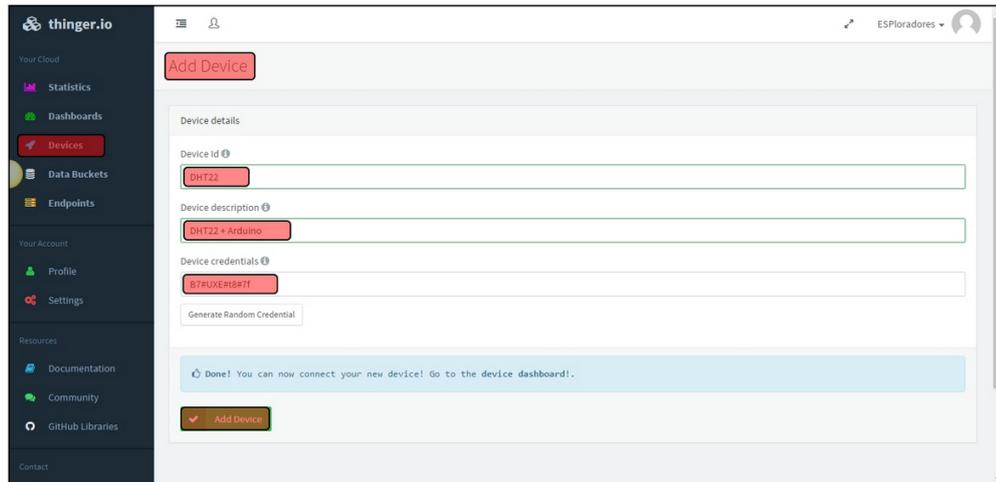


Ahora seleccionamos Devices y luego Add Device e introducimos los datos del nuevo dispositivo a conectarse:

- Device Id: Nombre que elegimos para identificar la conexión.
- Device description: Descripción de la conexión.
- Device credentials: La clave de seguridad de thinger.io y el dispositivo.

Figura 44

Adición de dispositivos en la plataforma



A continuación, se presenta la tarjeta con el módulo wifi, instalar las librerías de thinger.io y los finales de carrera en la tarjeta ESP32 y de último paso cargarlo al sketch al procesador. La imagen de la tarjeta se presenta en el siguiente gráfico.

Figura 45

Módulo wifi



En primer lugar, el operador debe ubicarse en la pantalla de control para conectar máquina al internet por medio de una red. Siguiendo los pasos que explica la pantalla ya programada.

Figura 46

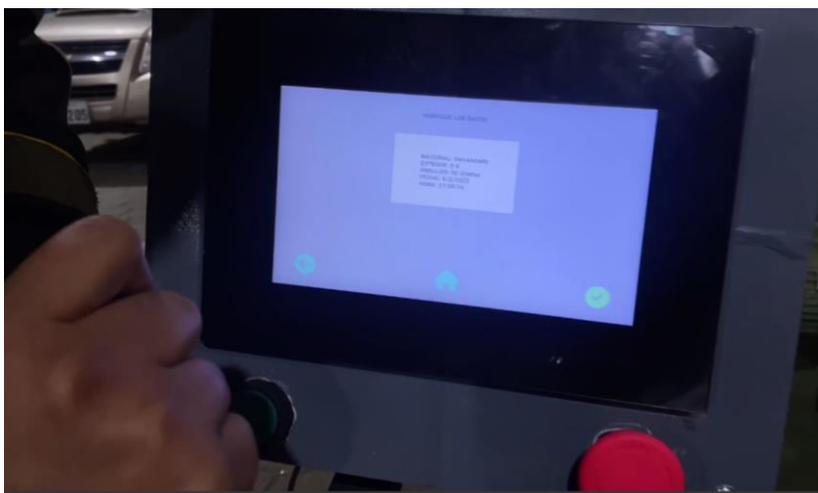
Configuración de la red



Para empezar con el proceso de elaboración se procede a realizar el biselado, el tubo debe ubicarse en la mesa de trabajo y para empezar el panel de control mostrará los pasos para escoger el proceso, en este caso será el tipo de tubo, el espesor y el ángulo. Luego se mostrará la opción iniciar al pulsar el botón de inicio.

Figura 47

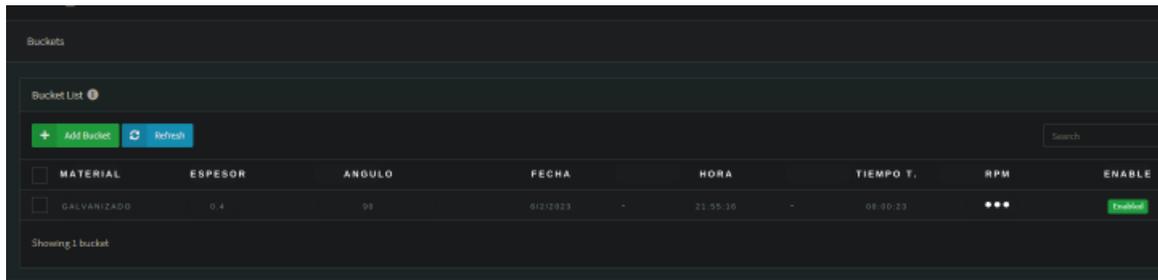
Ingreso de datos del proceso de biselado



Al terminar el proceso de biselado es decir ya realizado el bisel hembra y el bisel macho. Al presionar el final de carrera este manda una señal a la placa la cual indicará a la programación que el proceso finalizó.

Figura 48

Envió de datos de la maquina a la plataforma.



The screenshot shows the 'Buckets' page in the Thinger.io console. At the top, there are buttons for '+ Add Bucket' and 'Refresh', along with a search bar. Below is a table with the following columns: MATERIAL, ESPESOR, ANGULO, FECHA, HORA, TIEMPO T., RPM, and ENABLE. One row of data is visible, representing a bucket for galvanized material.

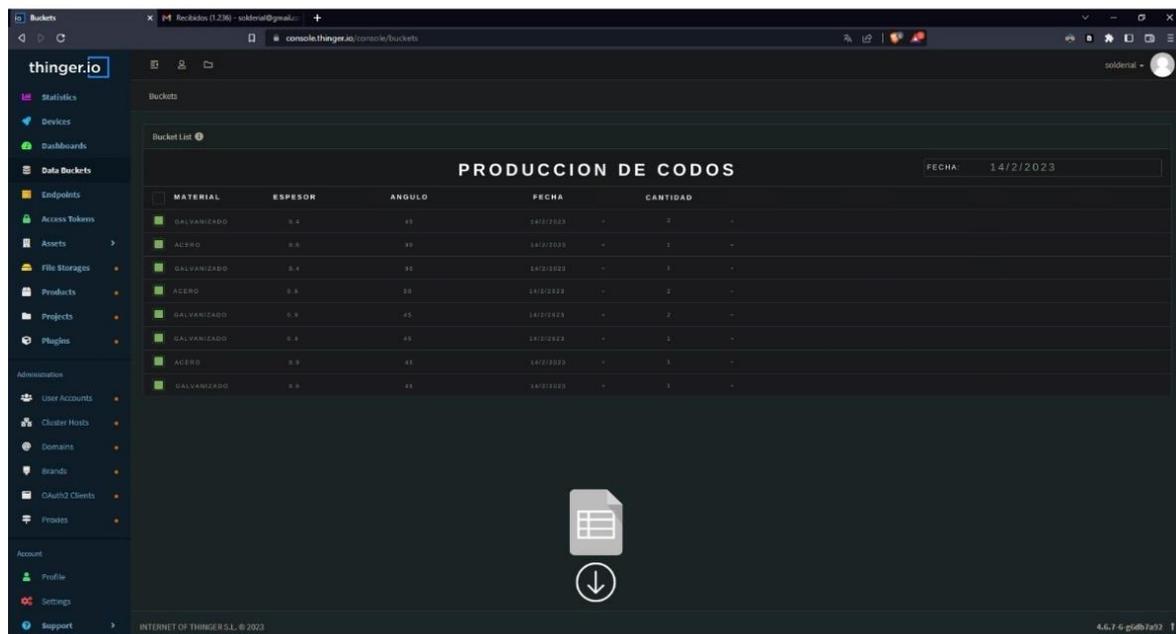
| MATERIAL | ESPESOR | ANGULO | FECHA | HORA | TIEMPO T. | RPM | ENABLE |
|-------------|---------|--------|------------|----------|-----------|-----|---------|
| GALVANIZADO | 0.4 | 90 | 01/12/2023 | 21:55:16 | 00:00:23 | ... | Enabled |

Showing 1 bucket

Ahora en la segunda estación se llevará a cabo el proceso de sellado (unión de bisel), por medio de un pedal se activa el motor, soltando el final de carrera y librando una señal que va al panel produciendo un mensaje que manda a la plataforma web indicando que la unión de codos se ha terminado.

Figura 49

Validación de transferencia de información



The screenshot shows the 'Buckets' page in the Thinger.io console, displaying a table titled 'PRODUCCION DE CODOS'. The table has columns for MATERIAL, ESPESOR, ANGULO, FECHA, and CANTIDAD. The data is filtered for the date 14/2/2023. A download icon is visible at the bottom of the table.

| MATERIAL | ESPESOR | ANGULO | FECHA | CANTIDAD |
|-------------|---------|--------|-----------|----------|
| GALVANIZADO | 0.4 | 45 | 14/2/2023 | 2 |
| ACERO | 0.8 | 90 | 14/2/2023 | 1 |
| GALVANIZADO | 0.4 | 90 | 14/2/2023 | 1 |
| ACERO | 0.8 | 90 | 14/2/2023 | 2 |
| GALVANIZADO | 0.8 | 45 | 14/2/2023 | 2 |
| GALVANIZADO | 0.4 | 45 | 14/2/2023 | 1 |
| ACERO | 0.8 | 45 | 14/2/2023 | 1 |
| GALVANIZADO | 0.8 | 45 | 14/2/2023 | 1 |

PRODUCCION DE CODOS FECHA: 14/2/2023

INTERNET OF THINGS S.L. © 2023 4.4.7.6 p5@b7x92

Ejecución de biselado

Bisel macho y hembra

El proceso de biselado de codos de ventilación implica cortar un ángulo en el extremo de un tubo de manera precisa para permitir unir dos secciones de tubo en una dirección determinada. Esto se realiza mediante una máquina de biselado, el cual debe realizar un bisel de 5mm macho y hembra, en este caso ya que son especificaciones de la empresa, misma que tiene una tolerancia de variación en la ejecución.

Es importante tener en cuenta que el proceso de biselado debe ser preciso para garantizar una conexión segura y sin fugas en la instalación de la tubería de ventilación.

Figura 50

Ejecución de biselado en codos de tubos de ventilación



Sellado

Una vez generado el bisel en el codo, y que sea del tamaño requerido se procede a unir los dos biseles generados es decir macho y hembra de acuerdo a las especificaciones requeridas, mismo proceso que se conoce en la industria como sellado, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 51

Sellado de bisel macho y hembra

**Pruebas y resultados**

En este apartado se indicará diez pruebas que se realizaron de manera manual y de manera automática. Se realizó en 4 tubos de acero inoxidable y 6 tubos de galvanizado de ángulos de 45° y 90° con espesores de 0.4 mm y 0.6 mm

Se debe tomar en cuenta que para cada proceso de biselado el material es muy importante ya que va a existir una variabilidad en los tiempos de realizado de la ejecución del bisel.

Proceso manual

La elaboración de codos de sistemas de ventilación tiene como proceso inicial el biselado del bisel hembra y macho como se muestra en la siguiente figura 52.

Figura 52

Proceso manual de biselado



El segundo proceso consta del sellado de los biseles mediante una serie de golpes con el martillo.

Figura 53

Proceso manual de sellado



Mediante este procedimiento se realizó la toma de datos de cada proceso realizado, como se indican en la tabla 25. Cabe mencionar que en la ejecución de sellado existe cuatro secciones para la formación del codo.

Tabla 25

Datos de tiempo del proceso manual

| Número de prueba | Material | Diámetro | Ángulo | Espesor | Tiempo de ejecución "Biselado" | Tiempo de ejecución "Sellado" |
|------------------|------------------|----------|--------|---------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Acero Inoxidable | 120mm | 45° | 0.6 | 18 min | 15 min c/u |
| 2 | Acero Inoxidable | 120mm | 90° | 0.6 | 17 min | 15 min c/u |
| 3 | Acero Inoxidable | 160mm | 45° | 0.4 | 16 min | 15 min c/u |
| 4 | Acero Inoxidable | 160mm | 90° | 0.4 | 15 min | 15 min c/u |
| 5 | Galvanizado | 150mm | 45° | 0.4 | 15 min | 15 min c/u |
| 6 | Galvanizado | 150mm | 90° | 0.4 | 14 min | 15 min c/u |
| 7 | Galvanizado | 180mm | 45° | 0.4 | 15 min | 15 min c/u |
| 8 | Galvanizado | 180mm | 90° | 0.4 | 15 min | 15 min c/u |
| 9 | Galvanizado | 200mm | 45° | 0.4 | 15 min | 15 min c/u |
| 10 | Galvanizado | 200mm | 90° | 0.4 | 16 min | 15 min c/u |

En la siguiente imagen se muestra el tipo de pestaña que tiene cada bisel en esta caso macho y hembra. Para su medición se utilizó un calibrador digital para mayor exactitud.

Figura 54

Formas de bisel según su orientación



A continuación, se muestra las mediciones realizadas en cada prueba en una tabla. Cabe mencionar que se realizaron 5 mediciones de cada una respectivamente.

Tabla 26

Datos de proceso manual

| Número de pruebas | Número de mediciones | Bisel macho | | Bisel hembra |
|-------------------|----------------------|-------------|---------|--------------|
| | | Am (mm) | Bm (mm) | Bh (mm) |
| 1 | 1 | 3.65 | 3.46 | 3.46 |
| | 2 | 4.09 | 4.24 | 4.24 |
| | 3 | 3.55 | 4.37 | 4.37 |
| | 4 | 3.50 | 4.55 | 4.55 |
| | 5 | 5.03 | 5.01 | 5.01 |
| 2 | 1 | 3.58 | 4.25 | 4.25 |
| | 2 | 3.58 | 4.10 | 4.10 |
| | 3 | 4.00 | 3.42 | 3.42 |
| | 4 | 4.31 | 4.06 | 4.06 |
| | 5 | 4.99 | 5.02 | 5.02 |

| Número de pruebas | Número de mediciones | Bisel macho | | Bisel hembra |
|-------------------|----------------------|-------------|---------|--------------|
| | | Am (mm) | Bm (mm) | Bh (mm) |
| 3 | 1 | 3.12 | 4.00 | 4.00 |
| | 2 | 4.00 | 3.59 | 3.59 |
| | 3 | 4.62 | 3.95 | 3.95 |
| | 4 | 4.81 | 3.40 | 3.40 |
| | 5 | 4.89 | 4.99 | 4.99 |
| 4 | 1 | 3.46 | 3.29 | 3.29 |
| | 2 | 4.73 | 4.44 | 4.44 |
| | 3 | 3.33 | 3.89 | 3.89 |
| | 4 | 4.59 | 3.46 | 3.46 |
| | 5 | 5.02 | 5.06 | 5.06 |
| 5 | 1 | 3.78 | 4.25 | 4.25 |
| | 2 | 3.79 | 4.88 | 4.88 |
| | 3 | 4.52 | 3.28 | 3.28 |
| | 4 | 3.48 | 4.55 | 4.55 |
| | 5 | 5.03 | 5.01 | 5.01 |
| 6 | 1 | 4.61 | 4.13 | 4.13 |
| | 2 | 3.19 | 4.56 | 4.56 |
| | 3 | 3.34 | 4.53 | 4.53 |
| | 4 | 4.58 | 4.48 | 4.48 |
| | 5 | 5.10 | 5.01 | 5.01 |
| 7 | 1 | 4.10 | 4.43 | 4.43 |

| Número de pruebas | Número de mediciones | Bisel macho | | Bisel hembra |
|-------------------|----------------------|-------------|---------|--------------|
| | | Am (mm) | Bm (mm) | Bh (mm) |
| | 2 | 4.48 | 3.09 | 3.09 |
| | 3 | 4.47 | 3.89 | 3.89 |
| | 4 | 4.57 | 3.57 | 3.57 |
| | 5 | 5.03 | 5.02 | 5.02 |
| 8 | 1 | 4.92 | 3.10 | 3.10 |
| | 2 | 4.25 | 4.63 | 4.63 |
| | 3 | 3.02 | 3.62 | 3.62 |
| | 4 | 4.11 | 4.93 | 4.93 |
| | 5 | 4.99 | 5.02 | 5.02 |
| 9 | 1 | 4.75 | 4.97 | 4.97 |
| | 2 | 3.92 | 4.79 | 4.79 |
| | 3 | 3.39 | 3.77 | 3.77 |
| | 4 | 3.01 | 4.29 | 4.29 |
| | 5 | 5.00 | 5.01 | 5.01 |
| 10 | 1 | 3.91 | 3.19 | 3.19 |
| | 2 | 4.66 | 3.30 | 3.30 |
| | 3 | 3.09 | 3.78 | 3.78 |
| | 4 | 3.18 | 4.57 | 4.57 |
| | 5 | 5.02 | 5.00 | 5.00 |

Figura 55

Codo elaboración manual



En este caso las pruebas realizadas de forma manual tomaron más tiempo en la realización de un codo. Cabe mencionar que con 8 biselados entre macho y hembra y 4 sellados se tarda un tiempo de 1h 45min.

A esto se atribuye que puede tomar más tiempo en la corrección de los tamaños del biselado ya que no existe uniformidad en todo el trayecto, es decir que debe realizar correcciones hasta que tenga un correcto biselado. Sin embargo, el efecto será de mayor desgaste y maltrato de la materia prima, como se fue observar en la figura 55 donde se evidencia este tipo de arrugas en la lámina y esto genera una percepción de un mal acabo del producto final.

Proceso semiautomatizado

Los datos tomados de cada proceso semiautomático realizado, se indican en la siguiente tabla. Cabe mencionar que en la ejecución de sellado existe cuatro secciones para la formación del codo.

Tabla 27

Datos proceso semiautomatizado

| Número de pruebas | Número de mediciones | Am(mm) | Bisel macho | | | Bisel Hembra | |
|-------------------|----------------------|--------|-------------|--------|-------|--------------|-------|
| | | | E | Bm(mm) | e | Bh(mm) | e |
| 1 | 1 | 4,95 | -0,05 | 4.71 | -0,09 | 3.46 | -0,04 |
| | 2 | 4,98 | -0,02 | 4.93 | -0,07 | 4.94 | -0,06 |
| | 3 | 4,91 | -0,09 | 3.58 | -0,02 | 4.97 | -0,03 |
| | 4 | 4,96 | -0,04 | 4.13 | -0,07 | 4.85 | -0,05 |
| | 5 | 5 | 0 | 4.91 | -0,09 | 5.00 | 0 |
| 2 | 1 | 4,98 | -0,02 | 4.06 | -0,04 | 4.95 | -0,05 |
| | 2 | 5,01 | 0,01 | 4.90 | -0,03 | 4.91 | -0,09 |
| | 3 | 4,99 | -0,01 | 3.95 | -0,05 | 3.42 | -0,18 |
| | 4 | 4,98 | -0,02 | 4.79 | -0,21 | 4.96 | -0,04 |
| | 5 | 5,03 | 0,03 | 5.43 | 0,03 | 5.00 | 0 |
| 3 | 1 | 4,94 | -0,06 | 4.57 | -0,03 | 4.95 | -0,05 |
| | 2 | 4,94 | -0,06 | 4.64 | -0,06 | 4.99 | -0,01 |
| | 3 | 4,81 | -0,19 | 4.26 | -0,04 | 4.95 | -0,05 |
| | 4 | 4,96 | -0,04 | 4.46 | -0,04 | 4.40 | -0,06 |
| | 5 | 5,15 | 0,15 | 5.06 | 0,01 | 4.99 | -0,01 |
| 4 | 1 | 4,97 | -0,03 | 4.08 | -0,02 | 4.89 | -0,11 |
| | 2 | 4,96 | -0,04 | 4.85 | -0,15 | 4.94 | -0,06 |
| | 3 | 4,99 | -0,01 | 4.35 | -0,05 | 4.89 | -0,11 |
| | 4 | 4,94 | -0,06 | 4.67 | -0,13 | 4.66 | -0,04 |
| | 5 | 5,04 | 0,04 | 4.92 | -0,08 | 5.01 | 0,01 |
| 5 | 1 | 4,91 | -0,09 | 3.96 | -0,04 | 4.85 | -0,15 |
| | 2 | 4,94 | -0,06 | 4.89 | -0,11 | 4.88 | -0,12 |

| Número de pruebas | Número de mediciones | Am(mm) | Bisel macho | | | Bisel Hembra | |
|-------------------------|-------------------------|--------|-------------|--------|-------|--------------|-------|
| | | | E | Bm(mm) | e | Bh(mm) | e |
| 6 | 3 | 4,97 | -0,03 | 4.94 | -0,06 | 4.98 | -0,02 |
| | 4 | 4,86 | -0,14 | 4.72 | -0,08 | 4.95 | -0,05 |
| | 5 | 5,03 | 0,03 | 5.01 | 0,01 | 5.01 | 0,01 |
| | 1 | 4,9 | -0,1 | 4.94 | -0,06 | 4.93 | -0,07 |
| | 2 | 4,92 | -0,08 | 4.88 | -0,12 | 4.96 | -0,04 |
| | 3 | 4,85 | -0,15 | 4.94 | -0,06 | 4.73 | -0,17 |
| | 4 | 5 | 0 | 4.92 | -0,08 | 4.98 | -0,02 |
| | 5 | 5 | 0 | 5.01 | 0,01 | 5.01 | 0,01 |
| | 1 | 4,95 | -0,05 | 4.18 | -0,02 | 4.93 | -0,07 |
| | 2 | 4,99 | -0,01 | 4.55 | -0,05 | 4.89 | -0,11 |
| 7 | 3 | 4,83 | -0,17 | 4.25 | -0,05 | 4.99 | -0,01 |
| | 4 | 4,92 | -0,08 | 4.98 | -0,02 | 4.57 | -0,03 |
| | 5 | 5,01 | 0,01 | 5.02 | 0,02 | 5.01 | 0,01 |
| | 1 | 5,02 | 0,02 | 4.91 | -0,09 | 4.90 | -0,02 |
| | 2 | 4,84 | -0,16 | 4.53 | -0,17 | 4.93 | -0,07 |
| 8 | 3 | 4,89 | -0,11 | 4.66 | -0,34 | 4.62 | -0,08 |
| | 4 | 4,85 | -0,15 | 4.65 | -0,15 | 4.93 | -0,07 |
| | 5 | 4,99 | -0,01 | 5.00 | 0 | 5.02 | 0,02 |
| | 1 | 4,92 | -0,08 | 4.87 | -0,13 | 4.97 | -0,03 |
| | 2 | 4,81 | -0,19 | 4.49 | -0,01 | 4.79 | -0,03 |
| 9 | 3 | 4,89 | -0,11 | 4.89 | -0,11 | 4.77 | -0,01 |
| | 4 | 4,99 | -0,01 | 4.90 | -0,03 | 4.89 | -0,11 |
| | 5 | 5,03 | 0,03 | 5.01 | 0,01 | 5.01 | 0,01 |
| 10 | 1 | 4,88 | -0,12 | 4.98 | -0,02 | 4.79 | -0,11 |

| Número de pruebas | Número de mediciones | Bisel macho | | | Bisel Hembra | | |
|-------------------|----------------------|-------------|-------|--------|--------------|--------|-------|
| | | Am(mm) | E | Bm(mm) | e | Bh(mm) | e |
| | 2 | 4,98 | -0,02 | 4.73 | -0,17 | 4.80 | -0,02 |
| | 3 | 4,86 | -0,14 | 4.93 | -0,07 | 4.78 | -0,03 |
| | 4 | 4,91 | -0,09 | 4.99 | -0,01 | 4.57 | -0,13 |
| | 5 | 5,02 | 0,02 | 5.00 | 0 | 5.00 | 0 |
| | | 4.98 | | 4.94 | | 4.95 | |

Los datos tomados de tiempo de cada proceso semiautomático realizado, se indican en la siguiente tabla. Cabe mencionar que en la ejecución de sellado existe cuatro secciones para la formación del codo.

Exactitud: Definido por la variable e es la diferencia que tienen los datos con respecto al valor aceptado y se calcula de la siguiente manera:

$$e = \bar{x} - \mu$$

Donde tenemos que \bar{x} es la media aritmética y μ es el valor aceptado.

Para el cálculo de la media aritmética se toma lo siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n Xi}{n}$$

Donde: n es el número de datos y Xi es el valor de muestra de dicho dato.

Al reemplazar los valores se tiene que:

Para bisele macho

Am:

$$e = 4.98 - 5$$

$$e = -0.02 \text{ mm}$$

Bm

$$e = 4.94 - 5$$

$$e = -0.06 \text{ mm}$$

Para bisel hembra:

Bh

$$e = 4.95 - 5$$

$$e = -0.05 \text{ mm}$$

Por lo tanto: el error para bisel macho el Am es del 2%, bm es del 5% y el error para bisel hembra bh es del 5%.

Precisión: por definición relaciona que tan alejados están los datos del valor de referencia y se determina con el cálculo de la desviación estándar S mediante:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Para bisel macho:

Bm

$$S = \sqrt{\frac{0.0856}{49}}$$

$$S = 0.085 \text{ mm}$$

Am

$$S = \sqrt{\frac{0.04305}{49}}$$

$$S = 0.093 \text{ mm}$$

Para bisel hembra:

Bh

$$S = \sqrt{\frac{0.247}{49}}$$

$$S = 0.0709 \text{ mm}$$

Por consiguiente: la desviación estándar para bisel macho Am es de 8%, Bm es de 9% y la desviación estándar para bisel hembra Bh es 7%.

Tabla 28

Datos de tiempo del proceso automatizado

| Número de prueba | Material | Diámetro | Ángulo | Espesor | Tiempo de ejecución "Biselado" | Tiempo de ejecución "Sellado" |
|------------------|-------------|----------|--------|---------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Ac. Inox | 120mm | 45° | 0.6 | 8 min c/u | 4 min c/u |
| 2 | Ac. Inox | 120mm | 90° | 0.6 | 8 min c/u | 4 min c/u |
| 3 | Ac. Inox | 160mm | 45° | 0.4 | 8 min c/u | 4 min c/u |
| 4 | Ac. Inox | 160mm | 90° | 0.4 | 8 min c/u | 4 min c/u |
| 5 | Galvanizado | 150mm | 45° | 0.4 | 8 min c/u | 4 min c/u |
| 6 | Galvanizado | 150mm | 90° | 0.4 | 8 min c/u | 4 min c/u |
| 7 | Galvanizado | 180mm | 45° | 0.4 | 8 min c/u | 4 min c/u |
| 8 | Galvanizado | 180mm | 90° | 0.4 | 8 min c/u | 4 min c/u |

| | | | | | | |
|-----------|-------------|-------|-----|-----|-----------|-----------|
| 9 | Galvanizado | 200mm | 45° | 0.4 | 8 min c/u | 4 min c/u |
| 10 | Galvanizado | 200mm | 90° | 0.4 | 8 min c/u | 4 min c/u |

En este caso las pruebas realizadas en el proceso semiautomático tomaron menos tiempo, en la formación de un codo. Cabe mencionar que con 8 biselados macho y hembra y 4 sellados se arma un codo y se tardó un tiempo de 48 min en su proceso completo.

Como se puede observar en la figura 56 se evidencia que existe un maltrato casi nulo a la materia prima, ya que en el proceso de biselado la distancia del bisel tiene menor error en su elaboración y existe mayor precisión para continuar con el proceso de sellado donde al ser correctas las medidas de los biseles existe un correcto agarre del cordón de sellado y facilita así el proceso, al finalizar este procedimiento se puede notar que existe un acabado de calidad del producto final

Figura 56

Codo elaboración semiautomático



Validación de la hipótesis

La hipótesis planteada para el presente proyecto se detalla a continuación:

¿El diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de

conductor redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionada, utilizando los principios de Smart Manufacturing permitirá mejorar el tiempo de producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga?

De acuerdo a los resultados alcanzados y pruebas realizadas con el sistema automatizado de biselado para la elaboración de tubos de ventilación, se pudo apreciar que la producción se ha optimizado en gran medida en comparación al trabajo manual realizado en la empresa. Respondiendo de forma clara y concisa de forma positiva a la hipótesis expuesta con anterioridad.

Para medir la mejora en los registros, se registró y midió el tiempo (minutos) que las personas a través de la forma manual y forma automática se demoran en generar los registros y seguimientos en las actividades de los trabajadores dentro de la empresa.

Forma Manual: Una persona es encargada de una parte del proceso de biselado codos.

Forma Semiautomatizada: El sistema automatizado es encargado de todo el proceso de biselado de codos con la intervención de un operario.

La relación de tiempos en la elaboración de codos de tubos de ventilación en comparación con la elaboración manual que se venía desarrollando en la empresa es de 48/105, es decir de forma manual llevaba su elaboración alrededor de 105 minutos mientras que con el sistema implementado es de 48 minutos es decir hay una optimización de tiempo del 145,71 %, lo cual valida en gran medida la hipótesis planteada.

Manual de operación

El manual de operación para el sistema automatizado para la elaboración de codos se encuentra en el Anexo F: manual de operación para el sistema automatizado para la elaboración de codos.

Análisis de costos

El análisis de costos implicó la compra, manufactura y diseño de varios componentes al momento del ensamble de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionada, utilizando los principios de Smart Manufacturing permitirá mejorar el tiempo de producción en la empresa “Industria Metálica JB”.

Tabla 29

Detalle de los costos del proyecto

| Presupuesto del Proyecto | | | | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------|-----------------|--------------------------|--------------|------------|
| Proyecto | Diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionada, utilizando los principios de Smart Manufacturing permitirá mejorar el tiempo de producción en la empresa "Industrias Metálicas JB" de la ciudad de Latacunga | | | | | |
| Líder | Jessica Sangovalin | | | Duración del proyecto | | N/A |
| Costos directos | \$ | 4000 | | Presupuesto | | \$ 5000 |
| Costos indirectos | \$600 | | | Riesgo | | \$ 120 |
| Reserva para riesgos | | | 20% | Total | | \$ 5120 |
| Costos | | | | | | |
| Elemento | Tipo de recurso | Tipo de Unidad | Unidades | Precio por unidad | Costo | |
| Estructura | Diseñado | Manufactura | 1 | \$ | 1000.00 | \$ 1000.00 |
| Moto Reductores | Adquirido | Manufactura | 2 | \$ | 350.00 | \$ 700.00 |
| Sistema de biselado | Diseñado | Manufactura | 1 | \$ | 180.00 | \$ 180.00 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|---|----|--------|-------------------|
| Servos motores | Adquirido | Manufactura | 1 | \$ | 150.00 | \$ 300.00 |
| Tablero de control | Adquirido | Manufactura | 1 | \$ | 80.00 | \$ 80.00 |
| Tarjeta electrónica | Diseñado | Manufactura | 1 | \$ | 150.00 | \$ 150.00 |
| Sp32 Industrial | Adquirido | Manufactura | 1 | \$ | 200.00 | \$ 200.00 |
| Mano de Obra | N/A | Manufactura | 1 | \$ | 400.00 | \$ 400.00 |
| Fuente | N/A | Manufactura | 1 | \$ | 200.00 | \$ 200.00 |
| Panel de control | Adquirido | Manufactura | 1 | \$ | 300.00 | \$ 300.00 |
| Costos Operacionales | N/A | Manufactura | 1 | \$ | 250.00 | \$ 250.00 |
| Total | | | | | | \$3,760.00 |

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Una vez culminado el presente trabajo de investigación se pueden efectuar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

- Se diseñó e implementó un sistema semiautomatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, con el registro de la producción en la empresa "Industrias Metálicas JB", medio del diseño mecánico y electrónico implementado en el mismo.
- En base a la información obtenido del proceso manual de la elaboración de codos para sistemas de ventilación de la empresa y con las especificaciones técnicas de máquinas comerciales existen fuera del país se logró diseñar un modelo de maquina biseladora y selladora de ductos de ventilación con las características específicas para los cumplir con las necesidades de la empresa patrocinadora.
- La relación de tiempos en la elaboración de codos de ventilación en comparación con el proceso manual en la empresa es de 48/105, es decir de forma manual llevaba su elaboración alrededor de 105 minutos mientras que con el sistema implementado es de 48 minutos lo cual no demuestra que hay una optimización de tiempo del 145.71%, lo cual valida en gran medida la hipótesis planteada.
- Con la implementación del sistema semiautomático de elaboración de codos se redujo el error de fabricación de los biseles para la formación de codo, teniendo un error del 2% en la elaboración de la distancia de A_m (altura bisel macho), un error del 6% en la elaboración de la distancia de B_m (Base bisel macho) del biselado macho y un error de la elaboración de la distancia B_h (Base bisel hembra) 5% en el biselado hembra, con esto se está generando mayor exactitud en el proceso de elaboración, ya que con el proceso manual se tenía muchos errores en la precisión de los operarios.

- Para el diseño de las partes móviles se recurre al uso de sistemas de engranajes y tornillos sin fin para la transmisión de movimiento desde los motores a los platos biseladores- Tomando en cuenta la necesidad de un alto torque, se opta por el uso de cajas reductoras en todos los motores, siendo estos trifásicos de 220VAC y los motores a pasos con driver de 24VDC, con esto podemos conseguir un aumento de torque y que la maquina trabaje a velocidades más bajas para mejorar el control de los ductos por el operario.
- Para el control de los motores y para el accionado de los mismos se optó por recurrir a arrancadores suaves por lo que el uso de los motores es repetitivo y estos serán operados por periodos cortos de tiempo, pero en intervalos seguidos. Así con los arrancadores suaves se prolonga la vida de los motores trifásicos, así como de los motores a pasos mediante el uso de un driver, todo esto controlado y registrado mediante el sistema HMI de la pantalla Touch y el circuito electrónico.
- Una forma de recopilación de datos, de los tipos de codos, el material, el espesor y el ángulo de los codos para conductos de ventilación que se realizan se lo hace mediante el sistema de registro IoT, que ayuda a la empresa a llevar un mejor registro de cuáles son los tipos de codos de ventilación que se realizan más y cuantos de los mismos se pueden fabricar en un día de trabajo.
- Al realizar una comparación visual de los productos terminados entre el proceso manual y el proceso semiautomático se puede notar que el acabado del codo para sistemas de ventilación tiene menor maltrato a la materia prima por lo que mejora gradualmente los estándares de calidad para la empresa.

Recomendaciones

- Se recomienda medir el torque necesario para el trabajo y maquinación de los materiales más duros, en los espesores máximos del proceso para evitar que al momento de realizar las pruebas se deba adaptar motores a torques que no estaban previstos desde el inicio.
- Se debe probar el funcionamiento de todos los motores en vacío antes de proceder con las pruebas con los materiales, ya que eso minimiza el riesgo que existe por factores externos y evita el desperdicio de material.
- Si se desea cambiar algún elemento de la máquina por uno distinto al que tiene originalmente es necesario volver a calibrar los valores de los parámetros, ya que los elementos varían entre ellos, realizar pruebas y grabar los nuevos valores en la tarjeta para el correcto funcionamiento de la máquina.
- Al momento de realizar el mantenimiento mecánico de la máquina es necesario enfocarse en el desgaste de los rodillos ya que están trabajando en contacto directo con el material a pesar que el material tiene material templado puede haber un deterioro.
- Se recomienda realizar un cambio en el sellado del tubo principal para la conformación del codo de ventilación, ya que de la manera que ahora se realiza el sellado del tubo se forma una lámina 4 veces el espesor escogido y si se sigue con este proceso se puede forzar al mecanismo diseñado.
- Se puede observar que al cambiar el proceso de elaboración del codo de ventilación se mejora la calidad del producto por lo que se recomienda para trabajos o adquisiciones posteriores de la empresa que se cambie el proceso de elaboración de los tubos principales.

Bibliografía

- Acimco. (2022). *Acimco*. Obtenido de <https://www.acimco.com/que-es-el-alucobond/>
- Arias Arias, H. D. (2019). REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PROFIBUS EN LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL, DURANTE EL PERIODO 2001 AL 2018. *Trabajo de investigación*. Universidad Privada del Norte, Lima. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24421/Arias%20Arias%2c%20Heller%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aula21. (2020). *Aula21*. Obtenido de Aula21 centro de formación técnica para la industria : <https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>
- Aula21. (2020). *Curso Aula 21*. Obtenido de Centro de formación técnica para la industria: <https://www.cursosaula21.com/que-es-profibus/>
- Ávila V., A. A., & Armendáriz J., J. A. (2014). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA UTILIZANDO LOS PROTOCOLOS INDUSTRIALES AS-INTERFACE Y MODBUS CON LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES S7-1200 PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LAS ESTACIONES DE TEMPERATURA, NIVEL, PRESIÓN Y FLUJO. *Departamento de Eléctrica y Electrónica*. UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA, Latacunga.
- Bernal, J. J. (18 de Octubre de 2012). *Despliegue de la función calidad (QFD): Guía de uso. Para qué sirve el QFD y cómo realizarlo*. Recuperado el 07 de Marzo de 2022, de PDCA Home: <https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/>
- Budynas, R. G. (2012). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- CARRION NARANJO, M. F., & ROMERO TIGMASA, C. R. (2012). DESARROLLO DE SOFTWARE HMI SCADA E IMPLEMENTACIÓN SOBRE UN MÓDULO DIDÁCTICO AUTÓNOMO PARA VENTAS DE LA EMPRESA ECUAINSETEC CÍA. LTDA. *ESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS*. UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE QUITO-CAMPUS SUR, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3546/6/UPS%20-%20ST000805.pdf>

- Catherine M., R. (2004). *Bases de datos*. Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES,. Obtenido de <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1354/Bases%20de%20datos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CEAC. (03 de Mayo de 2019). *¿Qué tipos de cables eléctricos existen?* Recuperado el 05 de Julio de 2022, de CEAC Formación Profesional Oficial: <https://www.ceac.es/blog/que-tipos-de-cables-electricos-existen>
- CHAVARRIA NEIRA, B., & GUDIÑO DE LA A, E. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR WEB Y UN DISEÑO DE UNA PÁGINA UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE PARA EL DISPENSARIO “SAGRADA FAMILIA” DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. *PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL, Guayaquil. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14162/1/GT001840.pdf>
- Estrada Roque, J. A. (2020). *Protocolos de comunicaciones industriales*. Logicbus SA, Mexico. Obtenido de <https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/Protocolos-de-Comunicaci%C3%B3n-Industrial.pdf>
- Gómez Villoldo, A. (10 de Marzo de 2017). *QFD LA CASA DE LA CALIDAD: herramienta de planificación del diseño*. Recuperado el 21 de Abril de 2022, de Asesor de Calidad: <http://asesordecalidad.blogspot.com/2017/03/qfd-la-casa-de-la-calidad-herramienta.html#.YmsStdrMJEa>
- HUILCA GALAN, E. S., & SILVA ESPINOZA , F. A. (2018). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE SENSORES INTELIGENTES CON EL ESTÁNDAR IO-LINK EN AMBIENTES AGRESIVOS. *TRABAJO DE TITULACIÓN*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, CHIMBORAZO. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10811/1/108T0271.pdf>
- Humiri Ajacopa, G. A. (2019). Diseño y construcción de una maquina biseladora de platinas y tubos para el taller de soldadura eléctrica de Mecánica Industrial. *Proyecto de Grado*. Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/22589>
- Hunan Qilu Industrial Co., L. (2021). Acero AISI 4340. *Acero AISI 4340*. Made in China, China.

- Marc, R. L. (2016). Diseño de tornos de amarre exterior para corte y biselado de tuberías y para mecanizado de bridas. *Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials*. Universitat Jaume I, Castelló, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10234/165091>
- Marqués, M. (2011). *Base de datos*. Publicacions de la Universitat Jaume I. Obtenido de <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/24183/s18.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Mascarós, V., Casanova, V., & Salt, J. (2004). *ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CONTROL BASADO EN RED SOBRE EL PROTOCOLO PROFIBUS-DP*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Julian-Salt/publication/228406170_Analisis_experimental_del_funcionamiento_de_un_sistema_de_control_basado_en_red_sobre_el_protocolo_Profibus-DP_/links/542c35e90cf277d58e8c01dd/Analisis-experimental-del-funcionamiento
- Montalvo, W., Encalada, P., Miranda, A., Garcia, C. A., & Garcia, M. V. (2019). *Implementación de OPC UA en una Plataforma Web para la integración de comunicación en el área de producción*. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/43af3c19c59d9fb0ea8129928ee1d776/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Rodríguez, M. (22 de FEBRERO de 2016). *INESEM*. Obtenido de INESEM BUSINESS SCHOOL: <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/protocolo-opc-ua-caracteristicas-y-aplicaciones/>
- Secoin. (05 de Abril de 2019). *Secoin*. Obtenido de Secoin: <https://www.secoin.com.uy/blog/io-link-el-protocolo-de-comunicaci%C3%B3n-del-futuro>
- Trujillo, I. S., Guevara Morales, G., Rojo Valeri, A., Figueroa López, U., & Guevara Morales, A. (2015). *Desarrollo de guía para el diseño de biseles plásticos automotrices moldeados por inyección*. Instituto Tecnológico de Celaya, Mexico. Obtenido de <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/335/324>
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México, D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

VILLAROEL DUQUE, J. X. (2015). Aplicación de la metodología QFD para el diseño de un nuevo producto de fibra de madera resistente a la humedad en AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. (*Tesis de maestría*). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui.

Xunta. (2019). Engranajes. *Engranajes*. Edu - Xunta, México.

Yacuzzi, E., & Martín, F. (2003). *QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS*. Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA), Buenos Aires.

ZURAWSKI, R. (2015). *Industrial Communication Technology Handbook*. San Francisco: CRC Press.

Anexos