

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PERFORADO
DE BRIDA EN LA EMPRESA FABRICATION TECHNOLOGY
COMPANY SAC**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

DIEGO JESUS ESTRADA CELIS

Chiclayo, 04 de junio del 2018

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA
AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL PERFORADO DE BRIDA EN LA
EMPRESA FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY
SAC**

POR:

DIEGO JESUS ESTRADA CELIS

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO DE INDUSTRIAL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

**Dr. Maximiliano Arroyo Ulloa
PRESIDENTE**

**Msc. Martha Tesen Arroyo
SECRETARIO**

**Ing. Joselito Sánchez Pérez
ASESOR**

DEDICATORIA

En primer lugar, me gustaría comenzar por agradecerles a mis padres Lucio Estrada Arrasco y Aurora Celis Anticona, por el apoyo incondicional que me han brindado durante todo este tiempo para poder lograr mis objetivos, la formación que me han brindado y el constante cariño que me demuestran a diario; a mi hermana Claudia por brindarme de su alegría cuando más lo necesitaba y a los muy buenos amigos que he conocido durante mis estudios universitarios.

Finalmente, a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que nos brindaron su apoyo para despejar nuestras dudas y poder salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos
me enseñaron a valorar los estudios
y a superarme cada día, también agradezco a mis padres
porque ellos estuvieron en los
días más difíciles de mi vida como estudiante.

Y agradezco a Dios por darme la salud
que tengo, por tener una cabeza con la que
puedo pensar muy bien y además un cuerpo
sano y una mente de bien.

Estoy seguro que mis metas planteadas
darán fruto en el
futuro y por ende me debo esforzar
cada día para ser mejor en el ámbito profesional y
en todo lugar sin olvidar el respeto
que engrandece a la persona

PRESENTACIÓN

En tiempos actuales se busca que los procesos sean cada vez más eficientes, utilizando diferentes técnicas o metodologías para la mejora de algún inconveniente que se pueda llegar a tener. En el departamento de Lambayeque las empresas industriales aún no cuentan con la tecnología adecuada para el control de los procesos, los cuales deben ser controlados por el personal a cargo, esto trae como consecuencia que no se llegue a obtener los resultados deseados.

El presente trabajo de investigación lleva como título “propuesta de diseño de un sistema automatizado para mejorar la productividad del perforado de bridas” en la empresa Fabrication Technology Company SAC, con la finalidad de mejorar sus indicadores de productividad, y la eficiencia durante el proceso de producción de perforado de bridas; este estudio o análisis está reflejado en un proceso de la línea de producción.

Para el desarrollo de este trabajo, se ha llegado a aplicar los conocimientos adquiridos en el transcurso de toda la carrera profesional, de tal forma que se alcance conocer y entender las variables más importantes a considerar para poder realizar un estudio más eficaz en el proceso de perforado de bridas.

RESUMEN

La empresa Fabrication Technology Company SAC, es una empresa dedicada a la fabricación de piezas mecánicas. En el presente trabajo de investigación se mencionan los procesos productivos de línea de producción del carrete, centrándose en el proceso de perforado para dicho producto en la empresa Fabrication Technology Company SAC, en la ciudad de Chiclayo. Este análisis consistirá en realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa, lo que permitirá identificar las principales restricciones del sistema mediante un diagrama Ishikawa; mediante la metodología de estudio de trabajo, estudio de tiempos y movimientos, se obtuvo que la producción actualmente es de 240 unidades por día, la productividad con relación a la materia prima es de un 85 % y la productividad con relación de mano de obra es de 240 unidades por operario.

Mediante el diagrama de flujo de la brida y carrete, se pudo ver que el principal limitante o cuello de botella es el proceso de perforado, esto se origina ya que el perforado que se realiza en la empresa, es de forma manual y les toma un tiempo actual de 120 segundos perforar los cuatro agujeros con el que cuenta la brida. Para esto se identificó los problemas en el proceso de perforado utilizando el diagrama Ishikawa, en donde se puede observar las distintas causas que afectan al proceso de perforado al no contar con un sistema automatizado.

Una vez realizado el diagnóstico actual de la empresa, como posible solución al problema se propuso el diseño de un taladro de banco con un sistema automatizado para el proceso de perforado de bridas, esto implica adquirir nueva tecnología para cumplir con la demanda que solicita el mercado. Para ello se cuenta con un objetivo de una propuesta de diseño de un sistema automatizado y la simulación de dicho proceso para mejorar la productividad de la brida; la simulación del proceso de perforado sirve para tener un mayor control del proceso, para que no ocurra algún percance durante el proceso de perforado, este se realiza mediante un autómatas programable (PLC), que es un equipo electrónico programable en lenguaje no informático, que sirve para controlar en tiempo real el proceso. Esto se logró mediante dispositivos de control de automatización (como son los sensores inductivos, contactores y motores), estos dispositivos emiten una señal la cual será procesada dando como resultado de acuerdo a la necesidad del proceso automatizado.

Por lo cual, la siguiente propuesta de diseño de un sistema automatizado se puede llegar a reducir el tiempo del proceso de perforado en un 25% del tiempo actual, también permite incrementar la productividad de materia prima a un 92 % y la productividad de mano obra a 960 unidades al día, es decir, que mediante la adquisición de un sistema automatizado se puede lograr obtener un incremento de productividad de la mano de obra del 75 % y de la productividad de materia prima del 8 %.

Finalmente, realizar un análisis costo – beneficio, donde se podrá observar si la inversión que se necesita para la propuesta del proyecto es conveniente o no para la empresa, obteniendo un resultado de 1,55 soles, esto quiere decir que por cada sol que se ha invertido la empresa genera una ganancia de 0,55 soles.

Palabras clave: control, sistema, automatización, proceso y brida.

ABSTRACT

The company Fabrication Technology Company SAC, is a company dedicated to the manufacture of mechanical parts. In the present research work the production processes of the production line of the cart are mentioned, focusing on the drilling process for said product in the company Fabrication Technology Company SAC, in the city of Chiclayo. This analysis will consist in making a diagnosis of the current situation of the company, which will allow to identify the main restrictions of the system through an Ishikawa diagram; through the methodology of work study, study of times and movements, it was obtained that the production is currently 240 units per day, the productivity in relation to the raw material is 85% and the productivity with labor relation is of 240 units per operator.

By means of the flow diagram of the flange and the carriage, it was possible to see that the main limitation or bottleneck is the drilling process, this originates since the drilling done in the company is done manually and it takes them a Current time of 120 seconds drill the four holes with which the flange counts. For this, problems were identified in the drilling process using the Ishikawa diagram, where one can observe the different causes that affect the drilling process due to the lack of an automated system.

Once the current diagnosis of the company, as a possible solution to the problem was proposed the design of a bench drill with an automated system for the flange drilling process, this involves acquiring new technology to meet the demand requested by the market. For this, we have an objective of a design proposal for an automated system and the simulation of this process to improve the productivity of the flange; the simulation of the drilling process serves to have a greater control of the process, so that no mishap occurs during the drilling process, this is done by a programmable automaton (PLC), which is a programmable electronic equipment in non-computer language, which it serves to control the process in real time. This was achieved through automation control devices (such as inductive sensors, contactors and motors), these devices emit a signal which will be processed resulting in the need of the automated process.

Therefore, the following design proposal of an automated system can reduce the time of the drilling process by 25% of the current time, it also allows to increase the productivity of raw material to 92% and the productivity of hand work to 960 units per day, that is, through the acquisition of an automated system can achieve an increase in labor productivity of 75% and productivity of raw material of 8%.

Finally, perform a cost - benefit analysis, where you can see if the investment needed for the project proposal is convenient or not for the company, obtaining a result of 1.55 soles, this means that for each sun that is has invested the company generates a profit of 0.55 soles.

Key words: control, system, automation, process and flange.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
PRESENTACIÓN	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	15
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	15
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	17
2.2.1 Automatización Industrial.....	17
2.2.2 Objetivos de la Automatización.....	17
2.2.3 Automatismos Industriales.....	18
2.2.4 Factores que restringen la productividad	18
2.2.5 Productividad en la industria	19
2.2.6 Elemento de un sistema de control automático.....	20
2.2.7 Tipos de controladores PID	20
2.2.8 Tipos de variables	21
2.2.9 Definición de lazo abierto y lazo cerrado	21
2.2.10 Proceso continuo y discontinuo	22
2.2.11 Estudio del Cuello de botella	22
2.2.12 Diagrama Ishikawa	23
2.2.13 Diagrama de flujo	23
2.2.14 Diagrama de proceso.....	24
2.2.15 Diagrama de circulación de recorrido (DC).....	25
2.2.16 Diagrama hombre – máquina.....	25
2.2.17 Fusión de transferencia	25
2.2.18 Sistemas de Fabricación.....	26
2.2.19 Captadores o sensores	27
2.2.20 Entradas y Salidas Digitales.....	27
2.2.21 Entradas y Salidas Analógicas	28
2.2.22 Elaboración de pronósticos	28
2.2.23 Indicadores de gestión.....	29

III. RESULTADOS	32
3.1 DIAGNÓSTICO DE SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA	32
3.1.1 Marco general de la empresa	32
3.1.2 Organigrama de la empresa	34
3.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE PRODUCCION	35
3.2.1 Producto	35
3.2.2 Materiales e Insumos	37
3.2.3 Proceso de producción	40
3.2.4 Sistema de Producción	41
3.2.5 Análisis para el Proceso de Producción	42
3.2.6 Indicadores Actuales de Producción y Productividad	48
3.3 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS	51
3.3.1 Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción 51	
3.4 DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	62
3.4.1 Diseño de perforado para las bridas con el cabezal multihusillo.....	62
3.4.2 Diseño de sujeción para las bridas con chuck hidráulico	70
3.4.3 Diseño de avance del cabezal multihusillo con inversión de giro	75
3.4.4 Diseño eléctrico del proceso de perforado automatizado	79
3.4.5 Diagrama del sistema de control del proceso de perforado	80
3.4.6 Sistema de control a través del PLC	81
3.4.7 Simulación del proceso de perforado mediante Zelio Soft.....	82
3.4.8 Tablero de control	84
3.4.9 Sistemas de transmisión del taladro de banco.....	85
3.4.10 Nuevos Indicadores de Producción y Productividad	90
3.4.11 Cuadro Comparativo de Indicadores de Gestión	94
3.5 MEJORA DE LAS CAUSAS DEL DIAGRAMA ISHIKAWA	94
3.5.1 Eliminación de productos defectuosos.....	94
3.5.2 Eliminación de productos a reprocesar	94
3.5.3 Utilización de la máquina	95
3.5.4 Saturación del operario	96
3.5.5 Tabla comparativa de los indicadores del diagnóstico de la empresa ...	97
3.6 ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO	98
3.6.1 Pronóstico de la demanda	98
3.6.2 Beneficio de la propuesta.....	104
3.6.3 Costo de la propuesta	104

3.6.4 Flujo de caja de la propuesta.....	107
3.6.5 Tiempo de recuperación.....	108
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
4.1 CONCLUSIONES.....	109
4.2 RECOMENDACIONES	110
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
VI. ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Simbología empleada.....	24
Tabla N° 2: Datos generales de la empresa	32
Tabla N° 3: Propiedades mecánicas de la plancha de acero.....	37
Tabla N° 4: Costo de materia prima para la fabricación de la brida	38
Tabla N° 5: Costo de Insumos para la fabricación de la brida	39
Tabla N° 6: Otros gastos de la empresa.....	39
Tabla N° 7: Tabla Resumen	43
Tabla N° 8: Tabla resumen Diagrama Análisis del Proceso	45
Tabla N° 9: Especificaciones del taladro de banco	52
Tabla N° 10: Producción Programada vs Producción Realizada del año 2016.....	53
Tabla N° 11: Calidad a la primera (FTT)	55
Tabla N° 12: Cantidad de unidades a reprocesar.....	56
Tabla N° 13: Cantidad de unidades defectuosas	57
Tabla N° 14: Pedidos no atendidos	60
Tabla N° 15: Total de pérdida monetaria	61
Tabla N° 16: Impacto económico en producción	61
Tabla N° 17: Indicadores de la situación actual de producción	62
Tabla N° 18: Esfuerzo unitarios de desgarramiento.....	64
Tabla N° 19: Valores aproximados de las velocidades lineales de corte y de avance de la broca para diversos materiales.....	65
Tabla N° 20: Interpolación de la velocidad de corte y el avance por vuelta con un diámetro de 10 mm	66
Tabla N° 21: Componentes eléctricos Schneider Electric.....	72
Tabla N° 22: Componentes eléctricos Schneider Electric.....	77
Tabla N° 23: Datos del PLC	81
Tabla N° 24: Diagrama de movimientos del proceso de perforado	83
Tabla N° 25: Leyenda del diagrama de movimientos del proceso de perforado.....	84
Tabla N° 26: Diagrama de Análisis del Proceso con la mejora (DAP).....	92
Tabla N° 27: Tabla resumen Diagrama Análisis del Proceso	92
Tabla N° 28: Tabla de indicadores de Gestión	94
Tabla N° 29: Tabla comparativa de los indicadores del diagnóstico de la empresa	97
Tabla N° 30: Pronóstico de la demanda del año 2018.....	99
Tabla N° 31: Pronóstico de la demanda del año 2019.....	100
Tabla N° 32: Pronóstico de la demanda del año 2020.....	101
Tabla N° 33: Pronóstico de la demanda del año 2021.....	102
Tabla N° 34: Pronóstico de la demanda del año 2022.....	103
Tabla N° 35: Beneficio económico por ventas.....	104
Tabla N° 36: Equipos de protección personal, herramientas y equipos	104
Tabla N° 37: Inversión total de la mejora	105
Tabla N° 38: Costo variable unitario.....	106
Tabla N° 39: Costo de materiales de la demanda.....	106
Tabla N° 40: Costo indirecto de fabricación	106
Tabla N° 41: Flujo de caja de la propuesta.....	107
Tabla N° 42: Tiempo de recuperación de la propuesta	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Componentes del elemento de un sistema de control automático.....	20
Figura N° 2: Elementos de un lazo abierto.....	22
Figura N° 3: Elementos de un lazo cerrado.....	22
Figura N° 4: Esquema de los métodos de elaboración de pronósticos.....	28
Figura N° 5: Componente de tendencia y cíclico de una serie de tiempo.....	29
Figura N° 6: Organigrama de la empresa.....	34
Figura N° 7: Brida con sus medidas.....	36
Figura N° 8: Diagrama de flujo del proceso de producción de la brida y carrito.....	42
Figura N° 9: Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la producción de la brida y carrito.....	43
Figura N° 10: Diagrama de Recorrido del Proceso de perforado de bridas (DC).....	46
Figura N° 11: Plano de la empresa Fabrication Technology Company S.A.C.....	47
Figura N° 12: Componentes eléctricos fórmula.....	68
Figura N° 13: Modelo del cabezal multihusillo con cuatro brocas.....	69
Figura N° 14: Circuito de Fuerza.....	71
Figura N° 15: Circuito de Mando.....	72
Figura N° 16: Grupo de accionamiento de la bomba de aceite.....	73
Figura N° 17: Chuck hidráulico.....	74
Figura N° 18: Circuito de Fuerza.....	77
Figura N° 19: Circuito de Mando.....	78
Figura N° 20: Diseño del sistema eléctrico.....	79
Figura N° 21: Elementos de un sistema de lazo abierto.....	80
Figura N° 22: Diseño del sistema taladrado automatizado.....	83
Figura N° 23: Continuación del sistema taladrado automatizado.....	84
Figura N° 24: Tablero de control.....	85
Figura N° 25: Sistema de transmisión del cabezal multihusillo.....	85
Figura N° 26: Sistema de transmisión de avance.....	86
Figura N° 27: Vista interna y vista de sección del eje del motor con el piñón - cremallera.....	87
Figura N° 28: Vista interna del cabezal multihusillo.....	87
Figura N° 29: Vista interna de una bomba de engranajes.....	88
Figura N° 30: Máquina taladro de banco ensamblada.....	89

I. INTRODUCCIÓN

La automatización industrial para ejecución de procesos, es una alternativa de las empresas que demandan soluciones que les permitan optimizar la productividad, los procesos y los costos; la competitividad genera exigencia de encontrar propuestas de diseños de sistemas con uso de tecnologías apropiadas.

Identificar las actividades que limitan la productividad de una empresa es básico, convirtiéndose estas limitaciones en elementos de evaluación en un contexto integral de análisis del sistema de producción, siendo el propósito de toda propuesta mejorar dicha productividad; permite ofertar productos que cumplan con las expectativas y necesidades de los clientes, de esta manera podrá desarrollarse como una empresa eficiente, eficaz y posicionarse en un sector manufacturero competitivo.

Fabrication Technology Company SAC, es una empresa ubicada en la ciudad de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque; dedicada a la fabricación de piezas mecánicas; siendo una de las actividades que intervienen en el proceso, la perforación de bridas, actividad que busca satisfacer la demanda requerida que solicita el cliente y por ende en el incremento de ganancias.

El presente estudio de investigación se realizó en la empresa Fabrication Technology Company SAC, donde se ha propuesto el diseño de un sistema automatizado, que permita mejorar la productividad en el perforado de bridas, y atender oportunamente demandas del mercado. Propuesta que comprende la evaluación previa de cuellos de botella, desperdicios y sobre costos, ocasionados por fallas y problemas que se presentan en el proceso de producción de bridas, entre ellos se puede mencionar el perforado manual de la pieza.

Durante el año 2016 la empresa ha tenido una demanda total en el mercado de 55 585 unidades, teniendo una producción de carretos en total de 40 620 unidades que viene a ser el 73% de lo que se realiza en la actualidad con respecto a la demanda solicitada, esto indica que 14 965 unidades se dejan de producir, esto indica que existe un 27% de pedidos no atendidos. Esto ocasiona pérdidas monetarias para la empresa debido a la fabricación de productos defectuosos, de esa manera se tiene un total de 6 742 unidades defectuosas durante el año 2016, por consiguiente, se llega a obtener una producción real de carretos de 33 879 unidades, que es la diferencia de la producción total y los productos defectuosos; con ella se indica que la etapa de perforado era el cuello de botella, se realizó una toma de tiempos en diversas ocasiones.

Por lo cual, la realización de este estudio de investigación con respecto al proceso de elaboración de bridas permitió también identificar los principales problemas que se presentan, con el fin de buscar mejoras con el uso de herramientas y métodos para la toma de decisiones logrando incrementar la productividad del perforado de bridas, lo cual permita satisfacer la demanda del mercado, con una mayor eficacia y eficiencia en el proceso.

Así, el problema de la empresa se expone en la interrogante ¿el diseño de un sistema automatizado mejorará la productividad del perforado de bridas?, el objetivo principal de la investigación consiste en proponer un sistema automatizado para mejorar la productividad del perforado de brida en la empresa Fabrication Technology Company

SAC, para ello se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa, determinando las principales restricciones del sistema, indicadores de productividad de la producción de materia prima, de mano de obra, así mismo mediante la metodología de estudio de trabajo, estudio de tiempos y movimientos, luego se propuso el diseño de un taladro de banco con el sistema automatizado para el proceso de bridas y la simulación de dicho proceso mediante un programa de automatización. Finalmente se realizó un análisis costo – beneficio para conocer la rentabilidad de la aplicación del nuevo diseño automatizado en la empresa.

Mediante el presente estudio se logra evidenciar las deficiencias de un proceso y al elaborar como propuesta, un diseño un sistema automatizado, se mejora el proceso de producción, contribuyendo así con el crecimiento de la empresa, puesto que se incrementará su producción, adquirirá una mayor competitividad en el mercado, y con ello obtendrá mayores ganancias y beneficios, también para el cliente, al ofrecerse un producto de mejor calidad, y ofertado en el tiempo requerido.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Arroba Diego (2015) en su artículo científico *“Diseño e implementación de un sistema de control automático de petróleo, agua y gas, mediante un PLC y visualización en una HMI, para la empresa SERTECPET S.A.”*, nos dice que los avances tecnológicos dentro del campo académico día a día evolucionan adaptándose a las necesidades de la industria, y el conocimiento mecatrónico aporta de gran manera al desarrollo constante de la misma, proporcionando métodos innovadores y alternativas tecnológicas que faciliten éste desarrollo. El presente trabajo aplica el conocimiento de la Mecatrónica dentro del campo industrial petrolero del país, implementando la construcción de un sistema de control para un separador de petróleo, agua y gas el mismo que permita conocer desde los aspectos de diseño mecánico del recipiente como los distintos componentes e instrumentación los mismos que son controlados mediante el control de todas y cada una de las variables implicadas dentro del estudio, dando apertura para la realización de cambios y mejoras al sistema propuesto, o incluso la presentación de alternativas dentro del estudio presentado, el conjunto de normas de diseño en general garantizan el óptimo funcionamiento y la seguridad dentro de la operación del recipiente, así como dan realce a la valoración del tema de proyecto, las cuales son puntos preponderantes dentro de la construcción y el posterior control de variables que permitan llevar a cabo y de manera exitosa el desarrollo del presente proyecto.

Una investigación realizada en Ecuador en la ciudad de Guayaquil da a conocer los resultados prácticos de la automatización industrial, según Calle José et al (2014) en su trabajo *“Ingeniería básica y de detalle de un sistema automatizado de corte regulable en las palanquillas importadas de la empresa acerías nacionales del Ecuador ANDEC S.A. ubicada en Guayaquil”*, nos dice que el proyecto fue realizado para la empresa ANDEC S.A. teniendo como base mejorar el sistema de corte actual de la palanquilla importada, optimizar costos de mano obra y elevar la productividad. Siendo el objetivo principal del mismo, realizar la ingeniería conceptual, básica y de detalle de un sistema automatizado de corte. Se desarrolló el diseño mecánico e hidráulico del sistema, además se realizó la automatización y se efectuó un HMI acorde al proceso, la función del proyecto es llevar a cabo el corte de las palanquillas importadas con las medidas apropiadas según especificado del área de laminación. Para elaborar este proyecto se tomó en cuenta que el proceso de corte empieza desde que el montacargas recoge las palanquillas de 12 metros de longitud y termina cuando el montacargas retira todas las palanquillas cortadas de la estructura de vigas. En el proyecto hay tres sistemas hidráulicos el primero de ellos será de guía para posicionar las palanquillas, otro para alinear y el último sostiene una estructura para soportar la máquina de oxicorte. El corte se efectuará con una máquina de oxicorte GULLCO KAT II, que es ideal para nuestro proceso y tiene un sistema que regula la longitud del corte según la necesidad. El proceso cortará lotes de 40 palanquillas de 12 metros, aproximadamente en 104 minutos, dando un total de 169 palanquillas por turno, el periodo de recuperación del capital es de 3 años y 9 meses. Concluyendo que se elaboró un análisis financiero, en el cual el beneficio económico del proyecto es el ahorro en el costo de la mano de obra.

Según Zurita, José (2014) en su artículo científico: *“Diseño e implementación de una máquina automática clasificadora de objetos según su color detectados mediante un sensor de color y clasificado por un brazo robótico”*, nos da a conocer que el propósito de este proyecto es crear una máquina que clasifique cubos por su color mediante la utilización de un sensor de color para la detección y un brazo robótico para la clasificación. Este proyecto está estructurado por tres etapas, la etapa de transporte la cual consta de una cinta transportadora impulsada por un servomotor Hitec – 311 modificado traslada los cubos hasta el punto de detección, la etapa del sensado la cual identifica el color del cubo mediante el sensor del color TCS – 230 y la etapa de clasificación la cual consta del brazo robótico AX – 12A Smart Robotic Arm para clasificar los cubos en su lugar establecido. Se ha cumplido con el objetivo principal del proyecto el cual fue el diseño e implementación de un prototipo de una máquina que detecta cubos de color rojo, verde y azul (RGB) mediante un sensor de color y los clasifica en un lugar establecido.

Según Proaño Roberto (2012) en su artículo científico *“Diseño e implementación de un sistema de automatización y control de un caldero industrial de vapor saturado para Construcciones Mecánicas S.A.”*, nos dice que servirá para dar funcionamiento a un Bio-fermentador industrial que a su vez depende de otras líneas de servicio para la correcta operación como es una línea de agua blanda, y una línea de aire seco filtrado. El control del sistema se lo realiza de acuerdo a parámetros y condiciones que permitirá activar o no elementos actuadores que mantendrán operativo el sistema según los requerimientos que necesite un operador de planta cuya visualización y monitorización de los estados del sistema se lo realiza mediante un Touch Panel (Panel Táctil) de forma rápida y segura. Concluyendo que se logró generar vapor a alta presión bajo normas de seguridad para un proceso biológico industrial, con un sistema de monitoreo y control remoto de fácil acceso y de muy intuitivo manejo, sin que el operador tenga conocimientos previos acerca del proceso.

Según Arias Angélica et al (2011) en su trabajo *“Automatización del proceso de perforación de circuitos impresos para optimizar tiempos de producción en la empresa KREATECH LTDA”*, nos da a conocer el avance de la ciencia y la técnica en la fabricación de nuevos elementos que nos permitan facilitar y afinar procesos, esto nos ha obligado a crear modernos instrumentos que ayuden a realizar acciones de nuestro diario vivir y esto hace necesario disponer de la tecnología., bajo estas circunstancias la automatización de este proceso es de vital importancia para la industria, es así que reduce abundantemente la necesidad del esfuerzo humano, así como los costos de fabricación. Con el inminente avance de la tecnología sobre todo en el ámbito de la automatización. Nace la idea sólida en “KREATECH LTDA” de construir un taladro automático controlado por computadora capaz de optimizar tiempos, brindar mayor precisión al momento de efectuar orificios en circuitos impresos. El presente proyecto cuenta con la tecnología CNC también llamado Control Numérico Por Computadora, es capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil en nuestro caso un taladro mediante órdenes elaboradas de forma automática. El control numérico se ha perfeccionado con el transcurso del tiempo sin embargo se necesita de un software especializado que sea capaz de interactuar la plataforma gráfica y la plataforma de control. Para que el taladro pueda desplazarse a la posición deseada y pueda perforar en el punto exacto utilizaremos motores DC acoplados a un sistema que nos permita contabilizar los giros, la interfaz

de computación es RS232 y el entorno de programa será Visual Studio. Net que le permite realizar movimientos longitudinales y transversales.

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1 Automatización Industrial

Según (Canto 2011), nos dice que la Automatización es la tecnología utilizada para diseñar sistemas capaces de ejecutar procesos o procedimientos sin la necesidad de un operador. Por lo tanto, podemos decir que la Automatización Industrial es, la utilización de técnicas y equipos para gobernar un proceso industrial en forma óptima y de manera automática lo cual aumenta la calidad del producto, la flexibilidad y a su vez la productividad, además de ser una estrategia de competitividad. Un sistema Automatizado consta de dos partes:

a) Parte Operativa:

Es la parte actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son: los actuadores de las maquinas (motores), cilindros, compresores y los sensores (sensor mecánico, óptico, etc.). (Canto 2011)

b) Parte de Mando:

Suele ser autómeta programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relevadores electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema, este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado. (Canto 2011)

2.2.2 Objetivos de la Automatización

Para (Ruedas 2010) los objetivos son los siguientes:

- Reducir la mano de obra.
- Simplificar el trabajo.
- Mayor eficiencia.
- Disminución de piezas defectuosas.
- Mayor calidad.
- Incremento de productividad y competitividad.
- Reducción de tiempos de fabricación.

2.2.3 Automatismos Industriales

Los actuales sistemas de automatización industrial pueden considerarse como herederos de los autómatas mecánicos del pasado. La definición de autómatas que aparece en la Real Academia indica que un autómata es una máquina que “imita la figura y movimientos de un ser animado”.

La realización física de los automatismos ha dependido continuamente del desarrollo de la tecnología implementándose en primer lugar mediante genios puramente mecánicos y posteriormente por medio de tecnologías cableadas como la neumática, circuitos de relés electromagnéticos o tarjetas electrónicas.

En las últimas décadas se han abandonado las tecnologías cableadas siendo sustituidos paulatinamente por los autómatas programables. (Piedrafita 2004)

2.2.4 Factores que restringen la productividad

Para (García, 2005), un incremento de la productividad no ocurre por sí solo, sino que son los directivos dedicados y competentes los que lo provocan, y lo logran mediante la fijación de metas, la remoción de los obstáculos que se oponen al cumplimiento de éstas, el desarrollo de planes de acción para eliminarlos y la dirección eficaz de todos los recursos a su alcance para mejorar la productividad, pues varios son los factores que actúan en contra de ésta, en ocasiones generados por la propia empresa o por su personal. Otros surgen en el exterior, por lo cual están fuera del control de los directivos.

Los factores restrictivos más comunes son:

- Incapacidad de los dirigentes para fijar el ambiente y crear el clima apropiado para el mejoramiento de la productividad: todos los dirigentes son responsables de desarrollar y mantener un ambiente laboral favorable para cumplir las metas organizacionales.
- Problemas de los reglamentos gubernamentales: la reglamentación gubernamental cada vez mayor ha tenido efectos negativos en la productividad ya que reduce los recursos de las organizaciones.
- El tamaño y la obsolescencia de las organizaciones tienen un efecto negativo sobre el aumento de la productividad, cuanto mayor tamaño adquiere una organización, mayores serán los obstáculos a los que se enfrentarán tanto las comunicaciones internas como las externas, la unicidad de propósitos y el cumplimiento de los resultados.
- Incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo: muchas organizaciones desconocen los procedimientos para evaluar y medir la productividad del trabajo, lo que genera inconformidad entre los empleadores.
- Los recursos físicos, los métodos de trabajo y los factores tecnológicos que actúan tanto en forma individual y combinada para restringir la

productividad: el área de producción, el diseño del producto, la maquinaria y el equipo, así como la calidad de las materias primas que se empleen y la continuidad de su abastecimiento tienen un importante efecto en la productividad.

2.2.5 Productividad en la industria

Es importante tener presente que la productividad no solo se refiere a la mano de obra, de manera que el aumento de la productividad se debe considerar como un problema consistente en obtener el máximo provecho de todos los recursos disponibles, incluyendo los materiales y maquinaria en general.

De tal forma (García, 2005), nos da a conocer que la productividad industrial se relaciona con el tiempo total invertido por un hombre o por una máquina para llevar a cabo una operación o para producir una cantidad determinada de productos. El contenido básico de trabajo es el tiempo mínimo irreductible que teóricamente se necesita para obtener una unidad de producción, es decir el tiempo que se invertiría en fabricar un producto o en llevar a cabo una operación si el diseño, la especificación, el proceso y el método de fabricación fuesen perfectos; esto es si no hubiera pérdida de tiempo por ningún motivo durante la actividad.

Obviamente, ésta es una situación que nunca se logrará, pero el objetivo de la gerencia debe aproximarse lo más posible al contenido básico del trabajo. Hay elementos que se añaden al contenido básico de trabajo, estos son: contenidos suplementarios y tiempos improductivos.

A estos factores se debe la disminución de la productividad o el estancamiento de la misma. En otras palabras, eliminándolos o reduciéndolos se logra elevar la productividad.

- a) Tiempo improductivo por deficiencias de la dirección
 - Mala planificación de la secuencia de operaciones y pedidos.
 - Inadecuada organización del abastecimiento de materias primas, herramientas y demás elementos necesarios.
 - Deficiente mantenimiento de las instalaciones y maquinaria.
 - Inexistencia de condiciones de trabajo que permitan al operador trabajar en forma continua.
- b) Tiempo improductivo imputable al trabajador
 - Ausencia, retardos, no trabajar de inmediato, trabajar despacio, o no querer trabajar.
 - Trabajar con descuido, lo cual origina desechos o repeticiones.
 - Inobservancia de las normas de seguridad.

2.2.6 Elemento de un sistema de control automático

Por automatización se entendería la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

- a) Proceso: se entiende el objeto que se desea controlar, este proceso está sometido a una entrada y genera una salida, producto de las transformaciones que se producen dentro del proceso. Estas salidas son las variables que deseamos controlar, es decir, mantener en unos valores de referencia dados.
- b) Perturbaciones: trata de llevar a su salida fuera de sus valores de referencia.
- c) Controlador: es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error, para luego actuar a fin de corregir este error. Tiene por objetivo elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia (los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, hidráulico y electrónico).
- d) Actuador: es aquel equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control, es conocido como final de control.
- e) Sensor: es un elemento de medición de parámetros o variables del proceso.

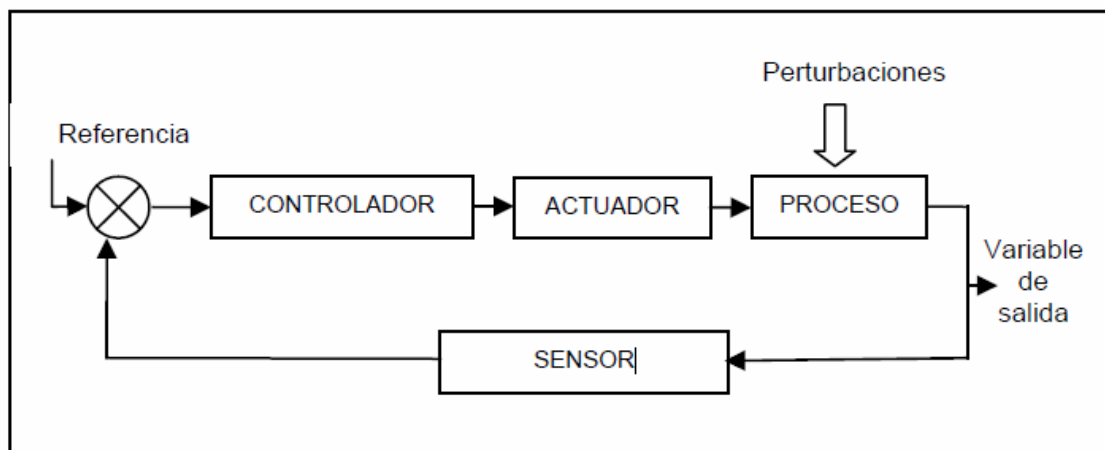


Figura N° 1: Componentes del elemento de un sistema de control automático

2.2.7 Tipos de controladores PID

- a) Acción de control proporcional: da una salida del controlador que es proporcional al error. Un controlador proporcional puede controlar cualquier planta estable, pero posee desempeño limitado y error en régimen permanente (off-set). (Mazzone 2002)
- b) Acción de control integral: da una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que implica que es un modo de controlar lento. Por lo que se concluye que dada una referencia constante, o perturbaciones, el error en régimen permanente es cero. (Mazzone 2002)

- c) Acción de control proporcional-integral: con un control proporcional, es necesario que exista error para tener una acción de control distinta de cero. Con acción integral, un error pequeño positivo siempre nos dará una acción de control creciente, y si fuera negativo la señal de control será decreciente. Este razonamiento sencillo nos muestra que el error en régimen permanente será siempre cero. (Mazzone 2002)
- d) Acción de control proporcional-derivativa: esta acción tiene carácter de previsión, lo que hace más rápida la acción de control, aunque tiene la desventaja importante que amplifica las señales de ruido y puede provocar saturación en el actuador. La acción de control derivativa nunca se utiliza por sí sola, debido a que solo es eficaz durante periodos transitorios. (Mazzone 2002)
- e) Acción de control proporcional-derivativa-integral: esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. (Mazzone 2002)

2.2.8 Tipos de variables

Se define como variables a todo aquel parámetro físico cuyo valor puede ser medido, pueden ser: (Mazzone 2002)

- a) Variable controlada: es aquella que se busca mantener constante o con cambios mínimos. Esta variable se debe mantener o controlar dentro de algún valor deseado.
- b) Variable manipulada: se dice así a la variable que se utiliza para mantener a la variable controlada en él un punto de control. A través de esta se debe de corregir el efecto de perturbaciones y sobre esta se colocará el actuador.
- c) Variable perturbadora: está dado por los cambios repentinos que sufre el sistema y que provocan inestabilidad.
- d) Variable medida: es toda variable adicional, cuyo valor es necesario registrar y monitorear, pero que no es necesario controlar.

2.2.9 Definición de lazo abierto y lazo cerrado

- a) Lazo abierto: el control en lazo abierto se caracteriza porque la información o variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección. (Mazzone 2002)

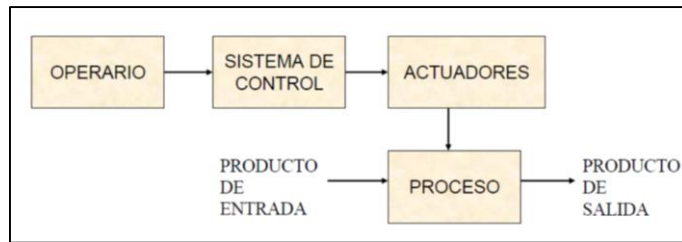


Figura N° 2: Elementos de un lazo abierto

- b) Lazo cerrado: el control de lazo cerrado se caracteriza porque existe una retroalimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso. (Mazzone 2002)

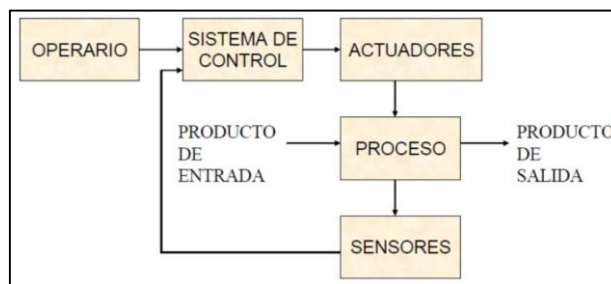


Figura N° 3: Elementos de un lazo cerrado

2.2.10 Proceso continuo y discontinuo

- a) Proceso continuo: un proceso continuo se caracteriza porque las materias primas están constantemente entrando por un extremo del sistema mientras que en el otro extremo se obtiene de forma continua un producto terminado. (Mazzone 2002)
- b) Proceso discontinuo:
- Proceso discreto: el producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí. La entrada es habitualmente un elemento discreto que se trabaja de forma individual.
 - Proceso por lote: se reciben a la entrada del proceso las cantidades de las diferentes piezas discretas que se necesitan para realizar el proceso. Sobre este conjunto se realizan las operaciones necesarias para producir un producto acabado o un producto intermedio listo para un procesamiento posterior. (Mazzone 2002)

2.2.11 Estudio del Cuello de botella

Según (García 2005), un cuello de botella es aquella instalación o elemento situado en la línea principal del proceso, cuya capacidad productiva es la más baja.

Para realizar un estudio de cuello de botella en un proceso es necesario partir de dos funciones básicas:

- a) En un determinado momento, solo puede existir un único cuello de botella dentro de un proceso: en cada momento solo puede existir un cuello de botella, aunque este pueda ir desplazándose de una instalación a otra de una misma planta en función de las circunstancias.
- b) Para minimizar stocks, la cadena de salida de productos tiene que ajustarse en todo momento a la capacidad del cuello de botella; resulta inútil producir sin freno contra un cuello de botella. El único efecto que se conseguirá será la acumulación de stocks a su entrada. Es importante tratar de acomodar la velocidad de la producción a la capacidad real de absorción del cuello de botella.

2.2.12 Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es un esquema que muestra las posibles causas clasificadas de un problema.

El objetivo de este tipo de diagramas es encontrar las posibles causas de un problema. En un proceso productivo, el diagrama de Ishikawa puede estar relacionado con uno o más de los factores (6 M) que intervienen en cualquier proceso de fabricación: (Escalante 2005)






- a) Métodos: procedimientos por usar en la realización de las actividades.
- b) Mano de obra: la gente que realiza las actividades.
- c) Materia prima: el material que se usa para producir.
- d) Medición: los instrumentos empleados para evaluar procesos y productos.
- e) Medio ambiente: las condiciones del lugar de trabajo.
- f) Maquinaria y equipo: los equipos y periféricos usados para producir.

2.2.13 Diagrama de flujo

Un diagrama de proceso de flujo es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye la información que se considera deseable para el análisis; por ejemplo, el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para representar las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etc.

El propósito principal de los diagramas de flujo es proporcionar una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso y mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales. También sirve para disminuir las esperas, estudiar las operaciones y otras actividades interrelacionadas. Igualmente ayuda a comparar métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado.

Tabla N° 1: Simbología empleada

ACTIVIDAD	SIMBOLO	RESULTADO PREDOMINANTE
Operación		Se produce o se realiza algo
Transporte		Se cambia de lugar o se mueve el objeto
Inspección		Se verifica la cantidad o la calidad del producto
Demora		Se interfiere o se retrasa el paso siguiente
Almacén		Se guarda o se protege el producto o los materiales

Fuente: R. García, Criollo, 2005

La elaboración del diagrama de flujo es sumamente fácil e interesante. Se trata de unir con una línea todos los puntos en donde se efectúa una operación, un almacenaje, una inspección o alguna demora, de acuerdo con el orden natural del proceso. Esta línea representa la trayectoria usual que siguen los materiales o el operador que los procesa, a través de la planta o taller en donde se lleva a cabo.

Una vez terminado el diagrama de flujo podemos darnos cuenta del transporte de un objeto o el itinerario que siguió algún operador durante determinado proceso. Este transporte o itinerario, aun en lugares pequeños, llega a ser algunas veces de muchos kilómetros por día, que sumados anualmente representan una pérdida considerable en tiempo, energía y dinero.

Cuando se sospecha que se realiza que un número muy grande de transportes, almacenamientos y demoras en un proceso, es necesario elaborar un diagrama de proceso del recorrido con el fin de visualizar y reducir el número para que se puedan disminuir los costos. Este diagrama se realiza generalmente donde tenemos una parte o componente de ensamble general en fabricación. (García, 2005)

2.2.14 Diagrama de proceso

Para (García, 2005), esta herramienta de análisis es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que contribuyen un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; además, incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco categorías, conocidas bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes. Las definiciones incluidas en la siguiente figura, cubren el significado de estas categorías en la mayoría de las condiciones encontradas en los trabajos de diagramado de procesos.

2.2.15 Diagrama de circulación de recorrido (DC)

Es un gráfico que nos muestra la trayectoria de uno o varios productos a través de una sección, de un departamento o de una planta.

Debe realizarse sobre un plano a escala del lugar físico en estudio. Para confeccionarlo es necesario haber realizado previamente el diagrama de flujo del proceso de uno o varios productos. (Gervasi 2010)

2.2.16 Diagrama hombre – máquina

También conocido como diagrama de actividades múltiples (DAM), consiste en un gráfico que muestra el trabajo coordinado y simultáneo entre el hombre y la máquina. Se pueden dar los siguientes casos: (Gervasi 2010)

- Trabajo de 1 hombre en una máquina.
- Trabajo de 1 hombre y varias máquinas.
- Trabajo de varios hombres y máquinas.

a) Objetivos

- Racionalizar el uso apropiado de los siguientes elementos: el hombre, la máquina, las herramientas y el lugar de trabajo.
- Determinar la eficiencia de los hombres y las máquinas con el fin del aprovechamiento máximo.
- Estudiar, analizar y mejorar la estación de trabajo.

b) Pasos para realizarlo

- Seleccionar la operación.
- Determinar dónde empieza y donde termina el ciclo que se quiere diagramar.
- Observar varias veces la operación, para dividirlos en sus elementos e identificarla claramente.
- Medir el tiempo de duración de cada uno de los elementos.

$$\% \text{ Utilización del operario} = \frac{\text{tiempo productivo del operario}}{\text{tiempo del ciclo total}}$$

$$\% \text{ Utilización de la máquina} = \frac{\text{tiempo productivo de la máquina}}{\text{tiempo del ciclo total}}$$

2.2.17 Fusión de transferencia

La función de transferencia se define como el cociente entre la transformada de Laplace de la señal de salida y la transformada de Laplace de la señal de entrada, es decir, es un modelo matemático que a través de un cociente relaciona la respuesta de un sistema (modelada) con una señal de entrada (también modelada). Ventajas de la función de transferencia: (López 2005)

- Permite predecir las formas de las señales sin necesidad de resolver la ecuación diferencial.
- Tiene una interpretación inmediata en la frecuencia: $s = j\omega$
- Es una propiedad del sistema, independiente de la magnitud y la naturaleza de la señal de entrada

2.2.18 Sistemas de Fabricación

Para (Piedrafita 2004), nos comenta que la industria actualmente la mayor parte de los procesos de fabricación son automatizados. En los sistemas automatizados la decisión, la inteligencia que realiza las acciones de fabricación, no la realiza el ser humano. La inteligencia del proceso está contenida en la unidad de control o mando del sistema de fabricación.

Para automatizar el proceso el sistema deberá disponer de una serie de captadores y accionadores. Los captadores permitirán detectar el estado y situación de las carrocerías y los accionadores permitirán el desplazamiento.

2.2.18.1 Accionadores

Están acoplados a máquinas para realizar movimientos, calentamientos; son motores de corriente, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos. (Piedrafita 2004)

- Accionadores eléctricos:

Utilizan como fuente la energía eléctrica y toman muy diferentes formas como son: válvulas eléctricas, motores eléctricos de velocidad variable, cabeza por corte de láser, etc., los motores eléctricos son adecuados para movimientos angulares y en el control de velocidad de ejes.

- Accionadores neumáticos:

Utilizan como fuente de energía el aire comprimido. El aire comprimido se obtiene por medio de un grupo compresor, y se distribuye por la fábrica a las máquinas que lo utilicen.

- Accionadores hidráulicos:

Solo se utilizan cuando los esfuerzos a desarrollar son muy importantes o cuando velocidades lentas deben ser controladas por precisión

2.2.18.2 Pre – accionadores

Para comandar y activar los accionadores. Son contactores, variadores de velocidad, electroválvulas, etc. (Piedrafita 2004)

- Pre – accionadores eléctricos: contactores, arrancadores y variadores de velocidad.
- Pre – accionadores neumáticos: son los distribuidores asociados a los cilindros. Reciben una señal neumática o una señal eléctrica como mando.

2.2.19 Captadores o sensores

Son elementos que informan al órgano de mando del estado del sistema o de los eventos que sucedan en él. Los captadores captan las señales necesarias para conocer el estado del proceso y decidir su desarrollo futuro. Detectan posición, precisión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración, etc. (Piedrafita 2004)

- Finales de carrera o sensor mecánico

Presentan como ventaja su bajo costo, una aplicación típica es la detección de final de recorrido en movimientos lineales, como en ascensores, en ejes lineales, etc.

- Detector inductivo

Este tipo de detectores se utilizan para detectar piezas o elementos metálicos en distancias que van desde los cero a los treinta milímetros.

- Detector capacitivo

Los detectores capacitivos permiten la detección sin contacto de materiales conductores y no conductores, como pueden ser madera, vidrio, cartón, plástico, cerámica, fluidos, etc.

2.2.20 Entradas y Salidas Digitales

2.2.20.1 Entradas digitales

Según (Piedrafita 2004), una entrada digital permite conectar al autómatas captador del tipo todo o nada. El cable de señal del captador se conecta a una vía de entrada del módulo. El módulo se encarga de convertir la señal que entra por la vía en una señal que es cero o uno en un bit interno de la memoria del módulo.

2.2.20.2 Salidas digitales

Un módulo de salidas digitales permite al autómatas programable actuar sobre los pre-accionadores y accionadores que admitan órdenes del tipo todo o nada. Periódicamente el autómatas escribe el valor de los objetos conocidos en su lenguaje como salidas digitales en estos módulos. (Piedrafita 2004)

2.2.21 Entradas y Salidas Analógicas

2.2.21.1 Entradas Analógicas

Para (Piedrafita 2004), nos da a conocer que los módulos de entradas analógicas convierten en magnitud analógica en un número que se deposita en una variable tipo palabra interna del autómata. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada y bits cada cierto intervalo de tiempo.

La precisión en los módulos de entrada analógicas suele ir desde los 12 hasta los 16 bits, a mayor número de bits más precisa será la conversión, pero también más lenta. Una precisión de 14 bits es mucho más que suficiente en la mayoría de las aplicaciones industriales.

2.2.21.2 Salidas Analógicas

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable interna del autómata se convierta en tensión o en intensidad. Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico, como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de tiristores de los hornos, reguladores de temperaturas, reguladores de caudal, etc., permitiendo al autómata realizar funciones de regulación y control de procesos continuos. (Piedrafita 2004)

2.2.22 Elaboración de pronósticos

Los métodos de elaboración de pronósticos se clasifican como cuantitativos o cualitativos. Los métodos cuantitativos se utilizan cuando 1) se dispone de información pasada sobre la variable que se pronosticará, 2) la información puede cuantificarse, y 3) es razonable suponer que el patrón del pasado seguirá ocurriendo en el futuro. (Anderson 2011)

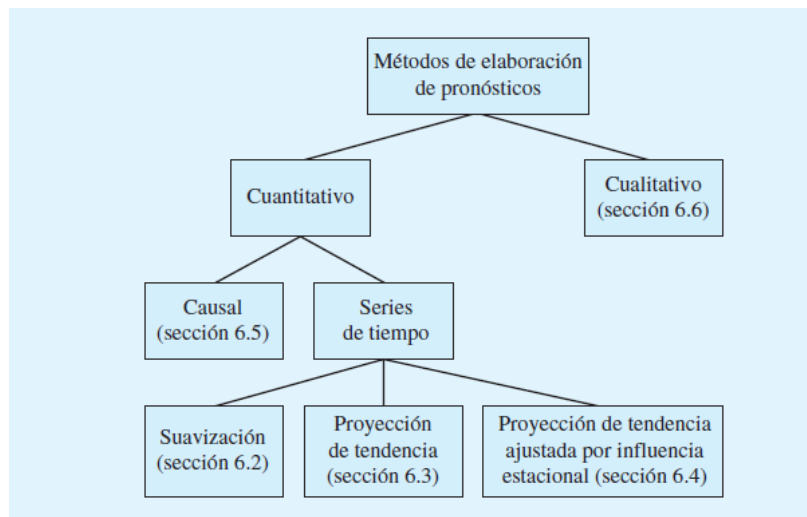


Figura N° 4: Esquema de los métodos de elaboración de pronósticos

2.2.22.1 Proceso de producción

Aunque una serie de tiempo puede mostrar una tendencia durante periodos prolongados, todos los valores futuros de la serie de tiempo no caen exactamente en la línea de tendencia. De hecho, las series de tiempo con frecuencia muestran secuencias de puntos que se alternan por encima y por debajo de la línea de tendencia. Cualquier secuencia de puntos recurrente por encima y por debajo de la línea de tendencia que dura más de un año puede atribuirse al componente cíclico de las series de tiempo. La figura N° 5 muestra la gráfica de una serie de tiempo con un componente cíclico evidente. Las observaciones se hicieron a intervalos de un año.

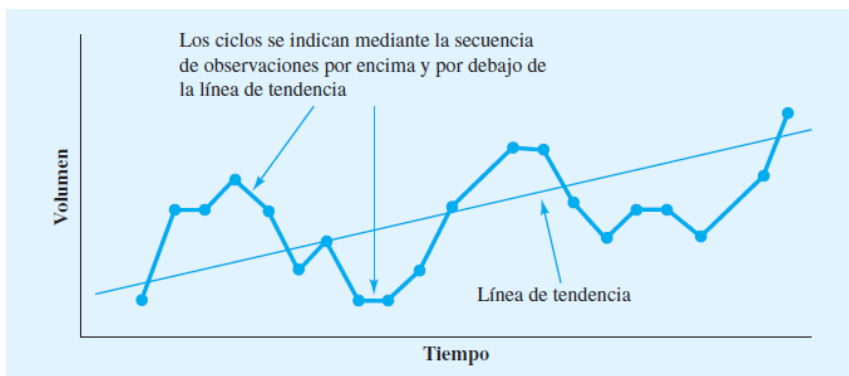


Figura N° 5: Componente de tendencia y cíclico de una serie de tiempo

2.2.23 Indicadores de gestión

2.2.23.1 Proceso de producción

Es el procedimiento seguido en una planta para convertir la materia prima o los productos semielaborados, en productos acabados.

2.2.23.2 Capacidad

La capacidad es el número de unidades que pueden producirse, almacenarse o recibirse en una instalación en un determinado periodo de tiempo. La capacidad establece el cumplimiento o no de una demanda dada, la inactividad de plantas de producción, así como una gran parte de los costos fijos. (Arroyo 2010))

- Capacidad proyectada o diseñada: es el número máximo teórico de unidades que un sistema productivo es capaz de obtener durante un periodo de tiempo determinado (en condiciones ideales).
- Capacidad efectiva o real: es el volumen de producción que se espera alcanzar teniendo en cuenta las condiciones particulares de la empresa.
- Capacidad ociosa: es la diferencia entre la capacidad diseñada y la capacidad efectiva.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad Ociosa} \\ = \text{Capacidad Diseñada} - \text{Capacidad Efectiva} \end{aligned}$$

- Capacidad utilizada: es la división entre la capacidad efectiva y la capacidad diseñada.

$$\text{Capacidad Utilizada} = \frac{\text{Capacidad Efectiva} \left(\frac{\text{und}}{\text{horas}}\right)}{\text{Capacidad Diseñada} \left(\frac{\text{und}}{\text{horas}}\right)}$$

2.2.23.3 Producción

Es la cantidad de productos fabricados en un periodo de tiempo determinado y se representa de la siguiente manera: (Gervasi 2010)

$$\text{Producción} = \frac{\text{tiempo base} \left(\frac{\text{min}}{\text{día}}\right)}{\text{ciclo} \left(\frac{\text{min}}{\text{und}}\right)}$$

2.2.23.4 Productividad

Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos pre determinados. Como futuros ingenieros industriales nuestro objetivo es fabricar artículos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres y máquinas. Existen tres formas para incrementar la productividad: (Gervasi 2010)

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultáneamente y proporcionalmente.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Produccion obtenida (PO)}}{\text{Cantidad de recurso empleado (Q)}}$$

2.2.23.5 Eficiencia física

Es la materia prima de salida empleada (producto terminado) entre la materia prima de entrada. Por lo tanto, la eficiencia física es menor o igual que uno ($Ef \leq 1$). (Gervasi 2010)

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Salidad útil de MP}}{\text{Entrada útil de MP}}$$

2.2.23.6 Eficiencia económica

Es la alteración aritmética entre el total de ingresos o ventas y el total de egresos o inversiones de dicha venta. La eficiencia económica debe ser mayor que la unidad para que se pueda obtener beneficios ($Ee > 1$). (Gervasi 2010)

$$Eficiencia\ econ\u00f3mica = \frac{Ventas\ (ingreso)}{Costos\ (inversi\u00f3n)}$$

2.2.23.7 Calidad a la primera (FTT)

El indicador calidad a la primera o como se lo conoce en ingl\u00e9s First Time Through (FTT), es un indicador b\u00e1sico para conocer la calidad de un proceso, que como su nombre indica muestra el porcentaje de piezas fabricada bien hechas a la primera en las instalaciones, para las que no ha sido necesario el reproceso, la reparaci\u00f3n o el chatarreo. Adem\u00e1s, este indicador permite conocer la efectividad de la estandarizaci\u00f3n del trabajo en la instalaci\u00f3n. (V\u00e1zquez 2013)

$$FTT = \frac{N^{\circ}\ total\ de\ piezas\ producidas - N^{\circ}\ de\ piezas\ reprocesadas}{N^{\circ}\ total\ de\ piezas\ producidas}$$

Para calcular este indicador en el denominador se pone la cantidad de piezas que han entrado en el proceso durante la toma de datos. Las piezas que han entrado en el proceso son la “materia prima” de dicho proceso.

En el numerador al n\u00famero entrantes se le debe restar aquellas piezas que debe ser desechadas y aquellas que han tenido que ser retrabajadas

- Chatarra – Deshecho – Scrap: N\u00famero de piezas que han entrado en el proceso y que han tenido que desecharse debido a defectos
- Retrabajo: N\u00famero de piezas que han entrado en el proceso y que han tenido que volver a procesarse debido a defectos. El retrabajo puede ser interno, es decir que se hace durante el mismo proceso sin sacarlo de m\u00e1quina o l\u00ednea, o externo, que se hace en otro lugar o en otro momento

III. RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1 Marco general de la empresa

La empresa Fabrication Technology Company SAC, fue creada el 01 de julio del 2012 y se encuentra ubicada en cal. Henry Frencois N° 101 en el distrito de José Leonardo Ortiz; es una pequeña empresa perteneciente al sector metalmecánico con 5 años en el mercado, dedicada a la producción y comercialización de piezas de mototaxis, al préstamo de servicios de manufactura, y a la fabricación y diseño de máquinas industriales. La empresa trabaja un turno de 8 a.m. a 5 p.m., con un descanso de 1 p.m. a 2 p.m., en caso se requiera un mayor volumen de producción se trabajan horas extras. No se terciarizan en ninguno de los casos de la elaboración de los productos.

La visión que se plantean, es ser una empresa reconocida en la producción y comercialización de piezas para mototaxis, así como otros artículos de la industria metalmecánica, reconocida por la calidad de sus productos, el servicio a sus clientes, el apoyo a su gente y la rápida solución de problemas. En cuanto a la misión es ser una empresa con procesos ordenados, que cultiva el trabajo en equipo, con respuesta rápida hacia los clientes y con motivación para realizar todo trabajo encomendado.

La empresa comercializa sus productos a clientes ubicados en los departamentos de Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, La Libertad y Tumbes. Los clientes con los que cuenta la empresa están dedicados al rubro de ventas de moto-repuestos y ensamblaje de mototaxis, y exigen productos de buena calidad en cuanto a prestaciones, acabado, durabilidad y a su vez, tiempos de entregas cortos y justo en el momento y lugar necesario.

Además de ello, los servicios que brinda la empresa son los siguientes:

- Fabricación de piezas a base de acero a partir de pedidos realizados para proyectos universitarios.
- Servicio de torneado.
- Servicio de laminado.
- Servicio de roscado.
- Servicio de troquelado.
- Servicio de soldadura eléctrica, MIG MAG y TIG.

En la tabla N° 2 que se mostrará a continuación se dará a conocer los datos generales de la empresa donde se llevará a cabo dicho proyecto de investigación.

Tabla N° 2: Datos generales de la empresa

Nombre Comercial		Fabrication Technology Company	
Fechas de inicio de actividades		01/07/2012	
Departamento	Lambayeque	Distrito	José Leonardo Ortiz
Provincia	Chiclayo	Calle	Henry Frencois #101
Actividad a realizarse		Fabricación de partes y piezas de carpintería para edificios y construcciones	
Representante Legal		Julio Cesar Acosta Mendoza	
RUC		20488026489	
Productos principales		Eje de trapecio Pin amortiguador Bocina c/p 24 Bocina c/p 23.5 Bocina c/p 23.0 Bocina c/p 22.5 Bocina c/p 21.5 Bocina c/p 41 Bocina c/p 45 Buje c/b x 5/8 Buje g/l c 5/8 Carreto Eje de carreto 35.5 Eje de carreto 35 Eje de carreto 36 Tope de carreto	
Principales competidores		La casa del Tornillo Rectificaciones Sánchez E.I.R.L. Renorsa S.R.L.	
Principales proveedores		Tradisa Paicob Sider Perú 3A	

Fuente: Fabrication Technology Company SAC

3.1.2 Organigrama de la empresa

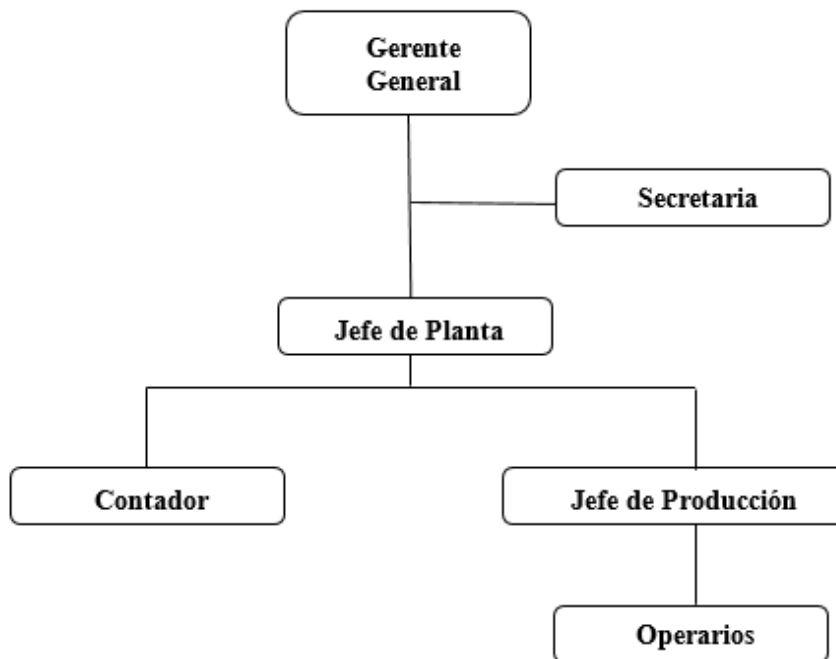


Figura N° 6: Organigrama de Fabrication Technology Company SAC

Fuente: La Empresa

Ahora se pasará a describir las funciones que ocupa el personal en cada puesto de trabajo respectivamente mostrado en la figura N° 6.

- Gerente general: es la persona encargada de realizar las labores contables dentro de la empresa, pero la función que realiza dentro de la empresa ubicada en la ciudad de Chiclayo, es casi nula, ya que esta persona vive en el departamento de Lima, donde se encuentra ubicada la otra empresa del mismo rubro.
- Jefe de planta: es las personas de más responsabilidad dentro de la empresa, ya que no solo tiene todas las responsabilidades relacionadas al proceso productivo, además se hace cargo de establecer las directrices generales que debieron ser realizadas por la gerencia.
- Jefe de producción: es la persona encargada de vigilar y hacer cumplir la prevención de riesgos, seguridad y salud, además de hacer seguimiento de la producción de volumen y calidad.

El área que tiene la empresa es de 700 metros cuadrados, la cual utiliza para realizar todos sus procesos productivos, sin embargo, no toda el área disponible es el área de producción, dentro de este espacio podemos encontrar también un área de administración, servicios higiénicos, un área destinada a ser vivienda para el jefe de planta, almacenes de materia prima y producto terminado, además del estacionamiento, el plano de la empresa se puede ver en la figura N° 11.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

3.2.1 Producto

3.2.1.1 Descripción del Producto

La brida es una pieza mecánica de acero con una rosca interior, que se une al carrito. La brida se forma cortando una plancha de acero con las siguientes medidas: 16 mm x 1200 mm x 2400 mm y una brida tiene las siguientes medidas 120 mm de diámetro exterior por 28 mm de diámetro interior con un espesor de 9 mm, además de pasar por otros procesos para obtener el producto terminado.

Las bridas son las partes extremas que tienen los carritos, estos carritos son accesorios de motos taxis que sirve como sistema de transmisión (sistema de arrastre) que hoy actualmente tiene una alta demanda. Los carritos nacen de la necesidad de ensamblar en una moto lineal, en una moto taxi.

Los carritos están constituidos por dos bridas ensamblados por un tubo, que giran mediante un eje de carrito a través de rodajes, debido a esto el presente trabajo de investigación, se realizará el proceso de taladrado de bridas, pero para la venta de carritos.

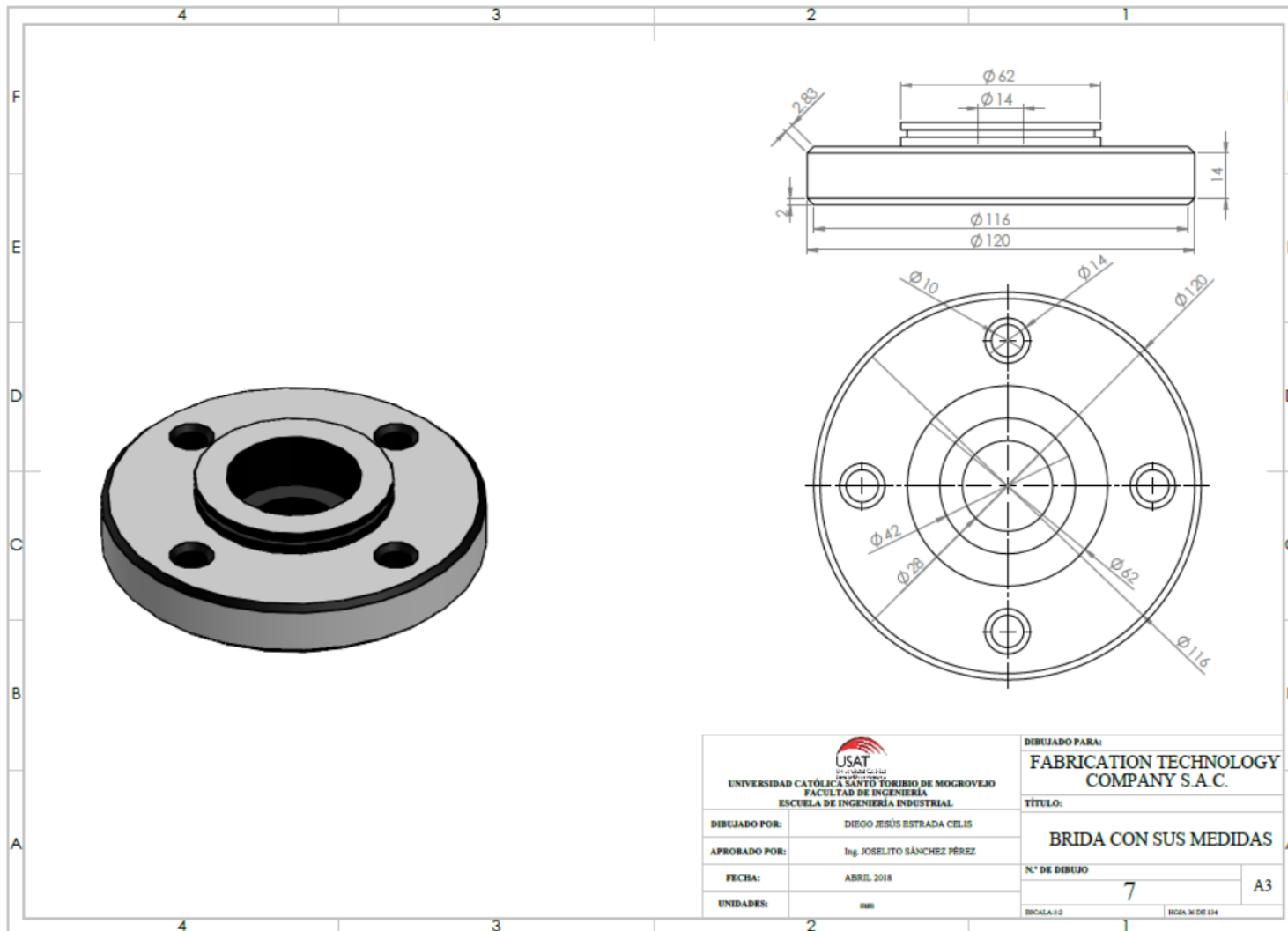


Figura N° 7: Brida con sus medidas

3.2.1.2 Desechos

Después de que ha realizado el proceso de perforado en la brida, se obtiene como desecho la viruta, la cual se vende a 0.30 céntimos el kg. La viruta se utiliza como un ingreso extra para la empresa, debido a que se vende por kilogramo a empresas que utilizan esta materia prima para la fabricación de melaminas, es decir, sirve para la fabricación de muebles.

3.2.2 Materiales e Insumos

3.2.2.1 Plancha de acero en caliente de calidad comercial

Es un producto plano que se obtiene por laminación de planchones de acero que previamente se calienta hasta una temperatura promedio de 1 250° C, el espesor de las planchas normalmente varía entre 1,2 y 150 mm.

El uso que normalmente se les suele dar es para la fabricación de piezas metálicas como tolvas, carrocerías, autopartes, etc. Las propiedades mecánicas que tienen las planchas de acero se mostraran a continuación:

Tabla N° 3: Propiedades mecánicas de la plancha de acero

Norma Técnica	F (kg/mm ²)	R (kg/mm ²)	A (%)	Norma Equivalente
ASTM A 1011 CS TIPO B	21/34	-	25 min	JIS G-3131 SPHC

Fuente: Fierro Tradi S.A.

Para este se utiliza una plancha de 16 mm x 1 200 mm x 2 400 mm, con una tolerancia en el espesor de +/- 0,65 mm y con un peso teórico de 361,73 kg/pl. El costo de esta plancha es de S/ 835.

A continuación, en la tabla N° 4 se presenta la materia prima que se necesita para la fabricación de un carrito, indicando los precios totales correspondientes de cada material, así mismo también se indica la productividad de cada material correspondiente y finalmente se el precio unitario de cada material a utilizar.

Tabla N° 4: Costo de materia prima para la fabricación de la brida

Materia Prima	Precio	Productividad (carretos por m.p)	Precio Unitario
Plancha de acero de 16 mm x 1 200 mm x 2 400 mm	S/. 835,00	130 carretos por plancha	S/. 6,423
Tubo negro de 1 ¼ x 2 mm	S/. 35,00	17 carretos por tubo	S/. 2,059
Tanque de oxígeno para oxicorte	S/. 70,00	130 carretos por tanque de oxígeno	S/. 0,538
Tanque de gas para oxicorte	S/. 11,60	130 carretos por tanque de gas	S/. 0,089
Alambre para soldadura	S/. 90,00	400 carretos por alambre	S/. 0,225
Escargol para soldadura	S/. 200,00	1 000 carretos por escargol	S/. 0,200
Sacos para embalaje	S/. 70,00	2 000 carretos por saco	S/. 0,035
Refrigerante para mecanizado	S/. 150,00	2 000 carretos por balde	S/. 0,075
Cinta	S/. 20,00	2 600 carretos por cinta	S/. 0,008
Pintura	S/. 70,00	400 carretos por pintura	S/. 0,175
TOTAL MATERIA PRIMA			S/. 9,827

Fuente: Fabrication Technology Company SAC

Ahora en la tabla N° 5, se presenta la mano de obra que se necesita en el proceso de fabricación de un carrito, indicando los precios totales correspondientes de cada proceso con respecto a la mano de obra, así mismo también se indica la productividad de cada proceso correspondiente y finalmente se el precio unitario de cada proceso a utilizar.

Tabla N° 5: Costo de Insumos para la fabricación de la brida

Mano de obra	Precio	Productividad (carretos por turno de 8 horas)	Precio Unitario	2 bridas por carreto
Proceso de Corte	S/. 67,50	260 bridas por turno	S/. 0,26	S/. 0,519
Proceso de Taladrado	S/. 67,50	522 bridas por turno	S/. 0,13	S/. 0,259
Proceso de Cilindrado	S/. 67,50	400 bridas por turno	S/. 0,17	S/. 0,338
Proceso de Refrentado	S/. 67,50	300 bridas por turno	S/. 0,23	S/. 0,450
Proceso de Torneado (medida de catalina)	S/. 67,50	300 bridas por turno	S/. 0,23	S/. 0,450
Proceso de Torneado (medida de rodaje)	S/. 67,50	517 bridas por turno	S/. 0,13	S/. 0,261
Proceso de Perforado	S/. 67,50	260 bridas por turno	S/. 0,26	S/. 0,519
Proceso de Tronzado	S/. 67,50	200 bridas por turno	S/. 0,338	-
Proceso de Soldado	S/. 67,50	250 bridas por turno	S/. 0,270	-
TOTAL MANO DE OBRA			S/. 3,403	

Fuente: Fabrication Technology Company SAC

Finalmente, en la tabla N° 6 se presenta otros gastos que tiene la empresa para el proceso de fabricación de un carrito, indicando los precios totales correspondientes de cada gasto necesario, así mismo también se indica la productividad de cada ítem correspondiente y finalmente se el precio unitario de cada ítem a utilizar.

Tabla N° 6: Otros gastos de la empresa

Otros	Precio	Productividad (carretos por mes)	Precio Unitario
Luz	S/. 300,00	2 600 carretos por mes	S/. 0,115
Teléfono, internet	S/. 150,00	2 600 carretos por mes	S/. 0,058
Agua	S/. 30,00	2 600 carretos por mes	S/. 0,012
Otros Gastos	S/. 100,00	2 600 carretos por mes	S/. 0,038
TOTAL OTROS GASTOS			S/. 0,223

Fuente: Fabrication Technology Company SAC

Por consiguiente, los totales que se han obtenido en la tabla N° 4, tabla N° 5 y tabla N° 6, sirve para obtener el costo de fabricación del carrito obteniendo un total de S/. 13,454, a este resultado se le adiciona el IGV (18%) y se obtiene un monto total de S/. 15,88.

3.2.3 Proceso de producción

3.2.3.1 Corte

En este proceso se realiza el corte de la plancha de acero de calidad comercial, la plancha se calienta a temperatura alta y la llama se produce con el oxígeno y el gas, luego se procede a cortar la plancha de acero en forma circular para la obtención de la brida. Se utiliza la máquina de oxicorte con gas.

3.2.3.2 Prensado

Es un proceso de conformado de metales en el que no se produce arranque de viruta, con lo que se produce gran ahorro de material respecto a otros procesos. La deformación se puede realizar de dos formas diferentes: de forma continua utilizando prensas o de modo intermitente utilizando martillos, para este proceso se utiliza una prensa. (Ver anexo 3)

3.2.3.3 Cilindrado

Este proceso se da cuando la herramienta se desplaza paralelamente al eje de giro de la pieza, puede realizarse un cilindrado interior o un cilindrado exterior, este proceso se realiza mediante un torno paralelo. (Ver anexo 2)

3.2.3.4 Refrentado

Se realiza cuando la pieza se desplaza perpendicularmente respecto al eje de giro que tiene el torno, puede ser en ambos extremos. Este proceso presenta la pieza final con un pulido en su exterior, también se realiza en el torno paralelo. (Ver anexo 2)

3.2.3.5 Torneado

Es un proceso de mecanizado por arranque de viruta, es decir, parte del material inicial de la pieza es eliminado hasta darle la forma deseada al producto; en este proceso se realiza la medida de catalina y la medida de rodaje, utilizando un torno revolver. (Ver anexo 1)

3.2.3.6 Perforado

En esta parte del proceso de producción de bridas es en donde se centra el presente trabajo de investigación, tiene por objetivo perforar agujeros de forma cilíndrica en una pieza cualquiera mediante una broca de 10 mm, este proceso se realiza en un taladro de banco.

3.2.3.7 Tronzado

Para tronzar la pieza de trabajo en cualquier punto de su longitud, la sierra circular avanza radialmente dentro de la pieza de trabajo que gira, a esta operación también se le puede llamar partido.

3.2.3.8 Soldado

Es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos o más piezas por medio de calor o presión, consiste en caldear el material a unir y el de aporte hasta que se funde y una vez unidas las piezas se dejan enfriar.

3.2.4 Sistema de Producción

El sistema de producción de bridas tiene una distribución no muy apropiada para el proceso que realiza, son capaces de producir 240 bridas en una jornada de 8 horas diarias (no siempre se llega a producir esa cantidad descrita) más una hora de descanso al día, las actividades de producción se encuentran establecidas; sin embargo, hay poca organización en cuanto al sistema productivo como conjunto.

3.2.5 Análisis para el Proceso de Producción

3.2.5.1 Sistema de Producción de la brida y carrito

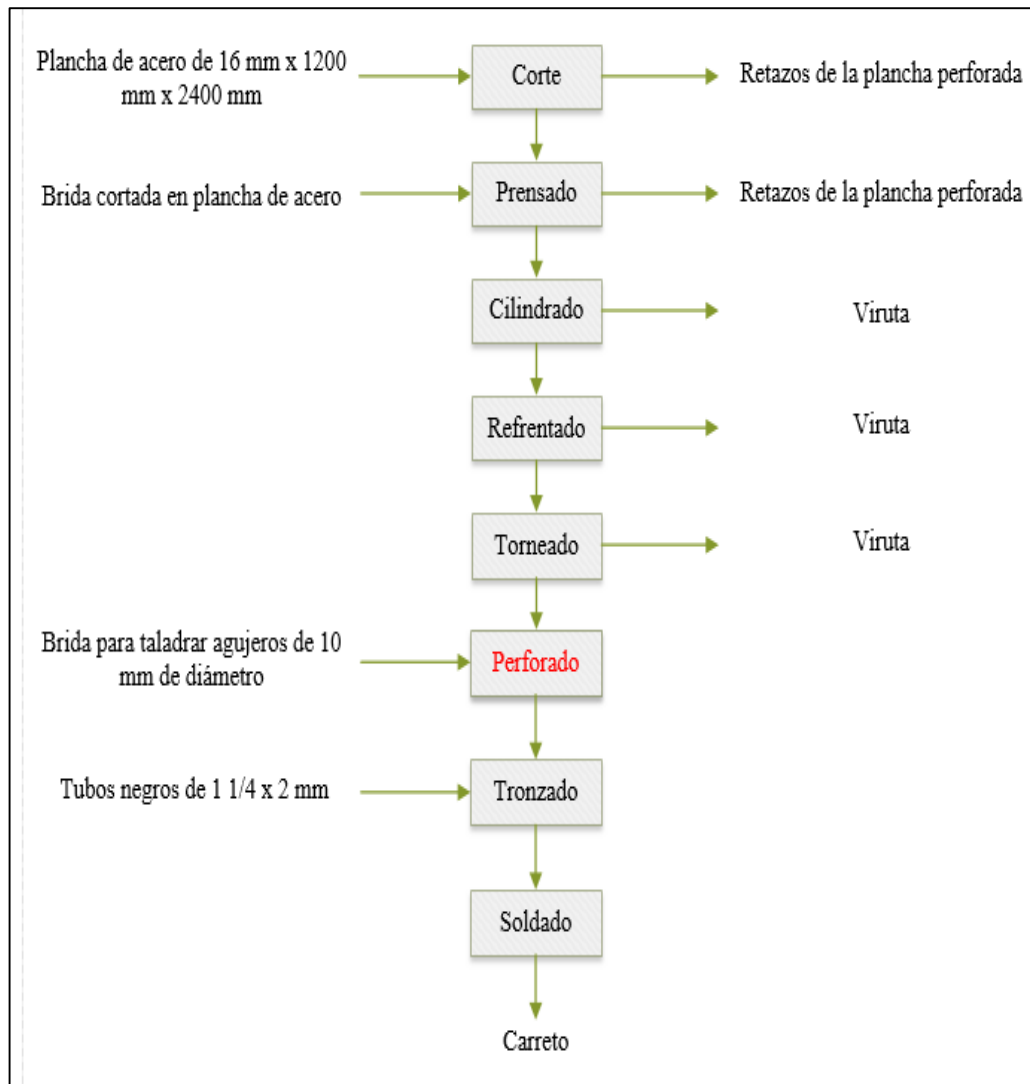


Figura N° 8: Diagrama de flujo del proceso de producción de la brida y carrito

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.2 Operaciones para el proceso de producción de la brida y carreto

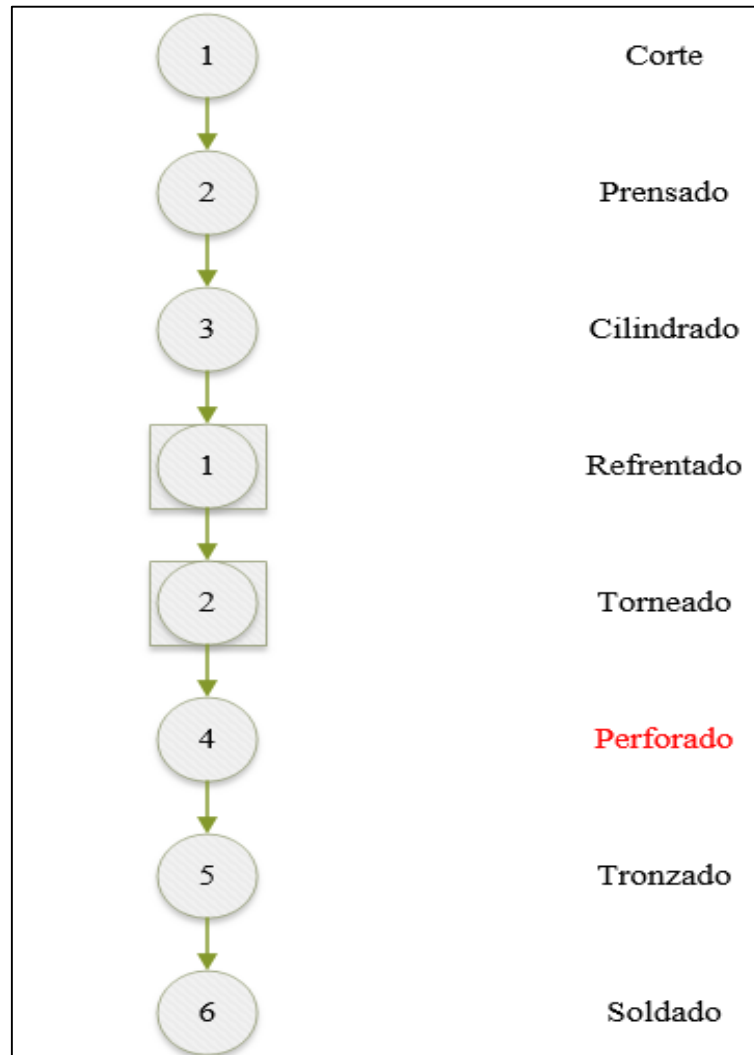


Figura N° 9: Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la producción de la brida y carreto

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

Tabla N° 7: Tabla Resumen

RESUMEN	
ACTIVIDAD	OPERACIÓN
○	6
□	2
TOTAL	8

Tabla N° 8: Tabla resumen Diagrama Análisis del Proceso

RESUMEN		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (min)
○	6	9,31
◻	2	1,79
→	8	8
▽	2	
TOTAL	18	19,1

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

En la Tabla N° 07, se muestran los tiempos generales estandarizados, a través de toma de tiempos. En la Tabla N° 08, se tiene un total de 18 actividades, conformadas por 6 operaciones propiamente dichas, 2 operaciones combinadas, 8 transportes y 2 actividades de almacenamiento. Todas estas actividades se realizan en un tiempo de 19,1 minutos. Para lo cual se mostrará a continuación el porcentaje de actividades productivas e improductivas:

$$\% \text{ Actividades Productivas} = \frac{9,31 + 1,79}{19,1} \times 100 = 58,12 \%$$

Como se observa a través de la aplicación de la fórmula de obtención de actividades productivas, este procesamiento tiene 58,12% de productividad en sus operaciones.

$$\% \text{ Actividades Improductivas} = \frac{8}{19,1} \times 100 = 41,88 \%$$

Las actividades improductivas son conformadas por los transportes (hacia las distintas áreas que se encuentran en el proceso), el almacén de materia prima y el almacén de producto terminado. Así mismo se obtiene 41,88 % de actividades improductivas, estos dos resultados en su combinación completan el 100% de actividades que se muestran en el diagrama de análisis de proceso.

3.2.5.4 Diagrama de recorrido del proceso (DC)

El proceso que se describe a continuación es para la obtención de una brida de un material SAE 1020 con un diámetro externo de 120 mm y cuatro agujeros internos con un diámetro de 10 mm, empleado para el sistema de arrastre que utilizan las mototaxis. En primer lugar, la lámina de acero es trasladada hacia la mesa de oxicorte, donde se dibujará el contorno de la brida sobre la lámina de acero con un contorno de 120 mm para luego pasar a ser cortada; en segundo lugar, la pieza ya cortada es trasladada hacia la prensa de fricción, en donde se realizará el agujero central de la pieza con una medida de 62 mm; en tercer lugar, es trasladado hacia el torno paralelo en donde se realiza el cilindrado y refrentado de la pieza; en cuarto lugar, es trasladado hacia el torno revolver en donde se realiza el torneado de la pieza; en quinto lugar, es trasladado hacia el taladro de banco en donde se realiza el perforado de la brida con una dimensión de 12 mm para los cuatro agujeros que tiene la pieza; finalmente se traslada hacia la cortadora de disco y la máquina de soldar respectivamente para culminar el proceso. (Ver figura N°10)

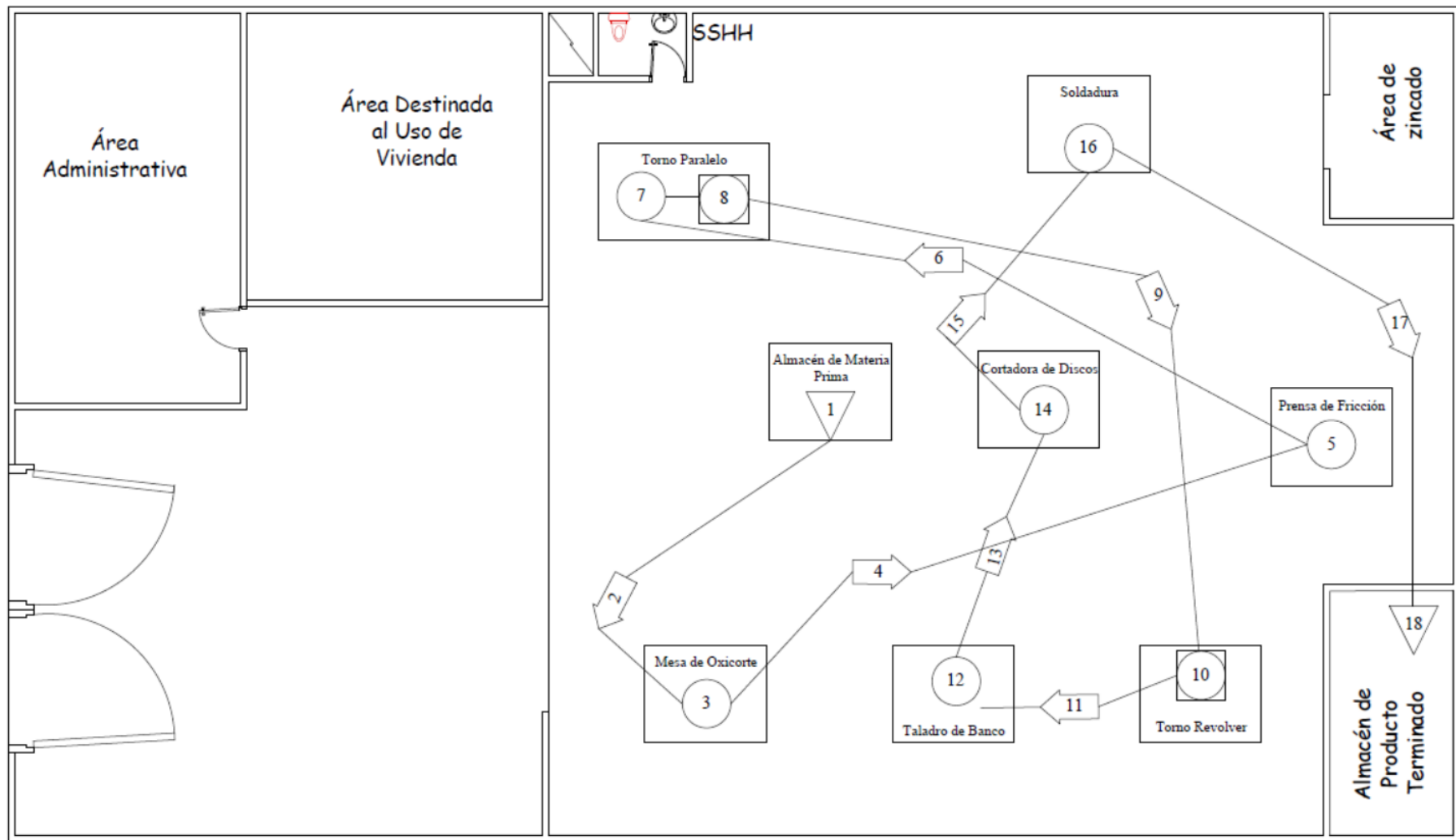
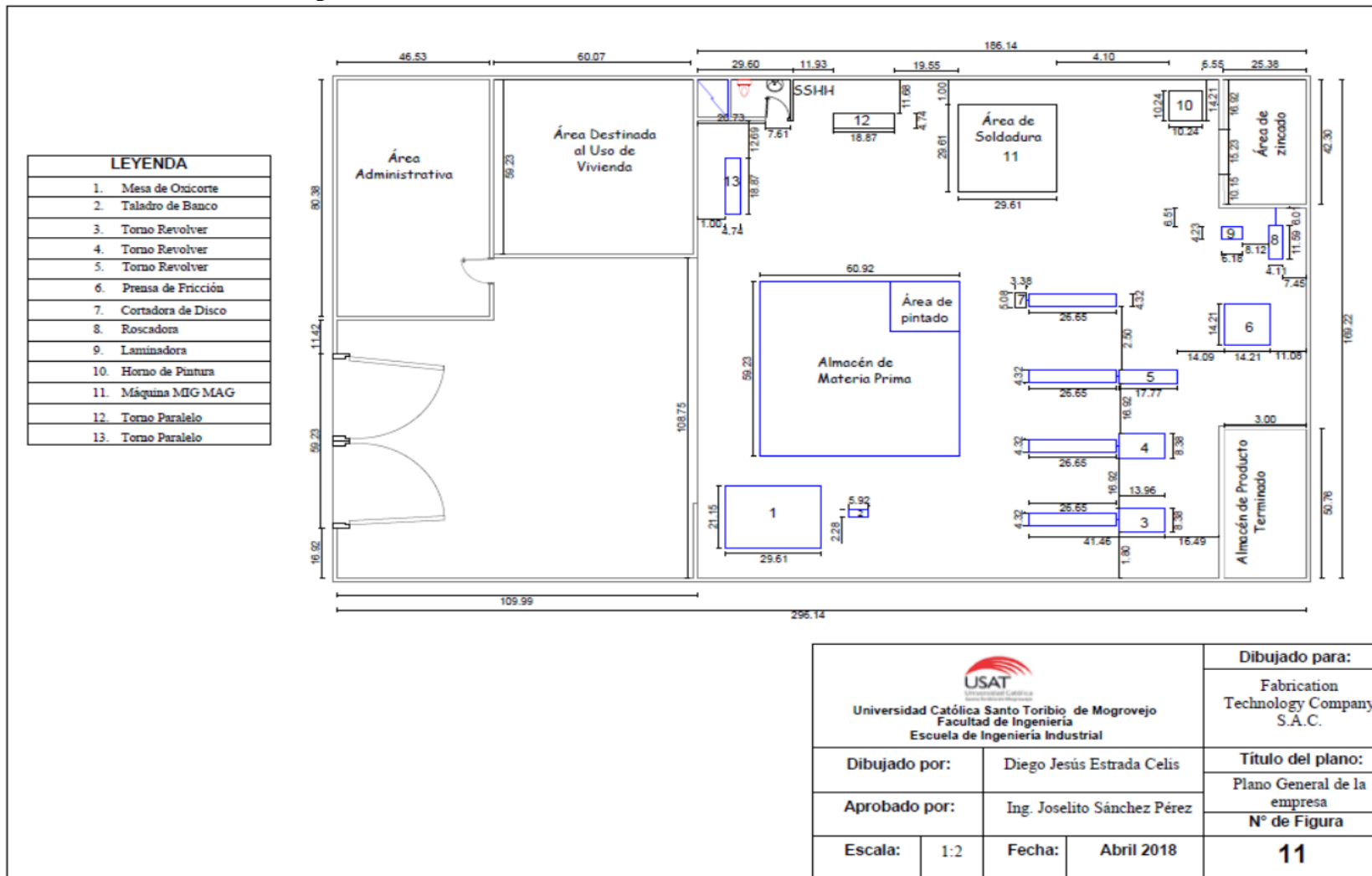


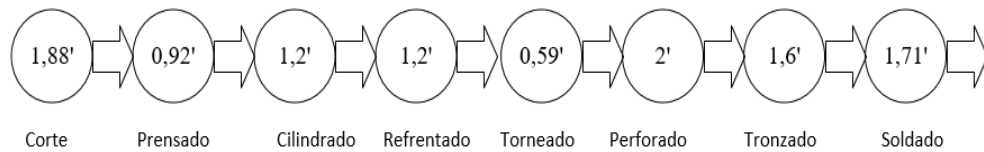
Figura N° 10: Diagrama de Recorrido del Proceso de perforado de bridas (DC)

3.2.5.5 Plano actual de la empresa



3.2.6 Indicadores Actuales de Producción y Productividad

3.2.6.1 Producción



Actualmente la empresa labora en un turno por día, además este turno está dado por 8 horas y se trabaja 5 días a la semana. Como se puede observar en la línea de producción, el proceso con mayor tiempo en la línea de producción es el proceso de perforado con un tiempo de 2 minutos. (Ver anexo 11)

$$Producción = \frac{480 \text{ min/día}}{2 \text{ min/und}}$$

$$Producción = 240 \text{ und/día}$$

3.2.6.2 Eficiencia física

$$Eficiencia \text{ física} = \frac{(1,88 + 0,92 + 1,2 + 1,2 + 0,59 + 2 + 1,6 + 1,71) \text{ min}}{18,1 \text{ min}}$$

$$Eficiencia \text{ física} = 61,32 \%$$

La eficiencia física en la producción de bridas está determinada por los tiempos en las operaciones de la línea de producción, es decir, son los tiempos de las actividades que generan valor agregado entre los tiempos de las actividades que generan valor agregado más el tiempo que no generan valor agregado, el indicador anterior nos muestra que solo se está utilizando el 61,32% y el 38,68% restante representa la pérdida de los insumos a utilizar.

3.2.6.3 Eficiencia económica

El costo de producción de la brida es S/. 15,88 por unidad, el cual incluye los costos de materia prima, mano de obra y otros gastos que se utilizan (luz, agua, etc.). La brida es vendida al mercado a un precio de S/. 28 por unidad y la producción es 240 und.

$$Eficiencia \text{ económica} = \frac{1 \text{ und} \times 28 \text{ S./und}}{S/.15,87}$$

$$Eficiencia \text{ económica} = 1,76 \text{ soles}$$

La eficiencia económica muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada del producto por unidad por el valor de venta en el mercado se divide entre el costo de fabricación del producto por la cantidad

fabricada del producto por unidad, de manera que por cada S/1,00 invertido se obtiene una ganancia de S/. 0,76.

3.2.6.4 Cuello de botella

El cuello de botella está asignado por la producción más lenta para este producto el cuello de botella se encuentra en el proceso de taladrado con 2 minutos, el cual se logró determinar mediante observaciones del recorrido de la línea de proceso. (Ver anexo 10)



3.2.6.5 Capacidad de diseño o proyectada

$$\text{Capacidad diseñada} = 1000 \frac{\text{bridas}}{\text{turno}} \times \frac{1 \text{ turno}}{8 \text{ horas}} = 125 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}}$$

La capacidad diseñada de la máquina es la capacidad máxima teórica que se puede obtener bajo condiciones ideales, tomando en cuenta la capacidad de la máquina, siendo esta de 125 bridas/hora; ver la ficha técnica en la tabla N°9.

3.2.6.6 Capacidad efectiva o real

$$\text{Capacidad efectiva} = 240 \frac{\text{bridas}}{\text{turno}} \times \frac{1 \text{ turno}}{8 \text{ horas}} = 30 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}}$$

La capacidad efectiva de la máquina es la producción que la empresa espera alcanzar a través de la combinación de su producto, programación y estándares de calidad, siendo esta de 30 bridas/hora.

3.2.6.7 Capacidad ociosa

$$\text{Capacidad ociosa} = 125 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}} - 30 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}} = 95 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}}$$

La capacidad ociosa de la máquina es la diferencia entre la capacidad diseñada y la capacidad efectiva, siendo esta de 95 bridas/hora.

3.2.6.8 Capacidad utilizada

$$\text{Capacidad utilizada} = 30 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}} \div 95 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}} = 0,32 \times 100\% = 32\%$$

La capacidad utilizada de la máquina como se puede apreciar en la fórmula aplicada es la división de la capacidad diseñada entre la capacidad efectiva, siendo esta el 32%.

3.2.6.9 Productividad de materia prima

Al obtener la producción de 240 bridas/día se tiene un peso correspondiente de 1 240,8 kg, habría que indicar que cada brida pesa 5,17 kg. Ahora para poder producir dicha cantidad diaria vamos a utilizar 4 planchas y el peso de la plancha es de 361,73 kg, así mismo de cada plancha se puede conseguir 70 unidades, obteniendo como resultado la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad de materia prima} = \frac{240 \text{ brida} \times 5,17 \frac{\text{kg}}{\text{brida}}}{4 \text{ plancha} \times 361,73 \frac{\text{kg}}{\text{plancha}}} \times 100$$

$$\text{Productividad de materia prima} = 85,75\%$$

3.2.6.10 Productividad de mano de obra

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{240 \text{ unidades/día}}{8 \text{ horas/día}}$$

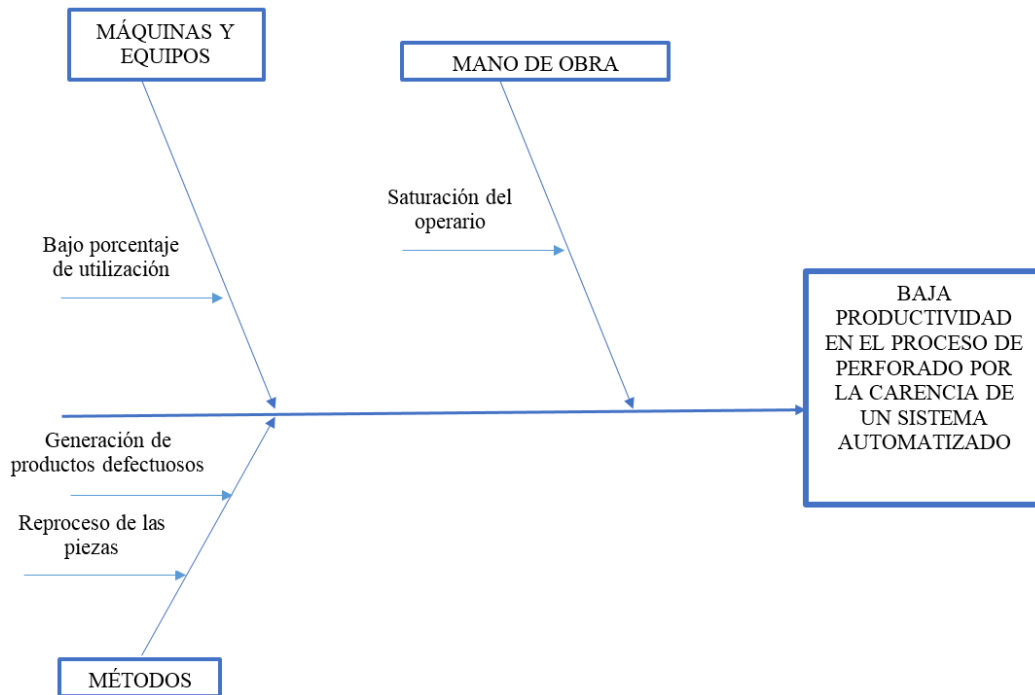
$$\text{Productividad de mano de obra} = 30 \frac{\text{unidades}}{\text{hora}}$$

La productividad respecto a la mano de obra, muestra la relación entre la producción diaria 240 unidades/día y el número de operarios en el proceso, dando como resultado 30 unidades/hora.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS

3.3.1 Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción

Diagrama N°01: Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

En el diagrama se muestra las diferentes causas del problema del perforado actualmente en las bridas que existe, muchas de ellas sobre caen en la mano de obra, en el método y los materiales que utilizan actualmente, esto ha llevado regularmente a las pérdidas económicas en la empresa.

El operario debe ser capaz de realizar esta tarea en un turno de 8 horas que se trabaja en la empresa. La empresa trabaja 1 turno, de 8 a.m. a 5 p.m., con un descanso de 1 hora (1 p.m. a 2 p.m.). En caso se pidiera un mayor volumen de producción, se trabajan horas extras, no se terceriza ninguno de los productos a otras empresas.

A. Máquinas y Equipos

a) Causa: Bajo porcentaje de utilización

Evidencias

La eficiencia de la máquina de banco es el porcentaje de la división de la cantidad del tiempo que la máquina añade valor al producto entre el tiempo total del ciclo. Para ello se utilizarán los datos que se ha encontrado en el diagrama del hombre - máquina, que se encuentra en la página 59 del presente trabajo de investigación.

Para ello se consideró el tiempo que se encontró en el diagrama hombre – máquina, es el tiempo que añade valor al producto con un resultado de 120 segundos entre el tiempo total del ciclo que es de 185 segundos.

$$\% \text{ de Utilización de la máquina} = \frac{120}{185} * 100\% = 64,86\%$$

Esto da a entender, que el taladro de banco no realiza un uso eficiente generándole a la empresa una pérdida de dinero debido a los tiempos muertos que pueden ocurrir durante el proceso de perforado de la pieza.

Impacto económico

Como se mencionó anteriormente debido al taladro de banco no se está aprovechando eficientemente para el proceso de perforado de las bridas. A continuación, se mostrará las especificaciones que tiene el taladro de banco mediante la siguiente tabla:

Tabla N° 9: Especificaciones del taladro de banco

Marca	Kaili
Modelo	TL5120HB
Material	Acero
Uso	Industrial
Potencia	1,5 HP
Velocidad	780 – 3320 rpm
Mandril	16 mm
Alto	155 cm
Medida de la mesa	28 x 28 cm
Medida de la base	45 x 27 cm
Capacidad del taladro de columna	1000 und
Voltaje	220 V – 60 Hz
Peso	39,5 kg

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

Una vez que se tengan los datos técnicos del taladro de banco podemos comenzar a analizar la pérdida monetaria que le genera a la empresa, se

puede observar que el taladro de banco tiene una potencia de 1,5 HP y funciona con un voltaje de 220 V -60 Hz y en un año se tiene lo siguiente:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0,746 \text{ kW}$$

$$1,5 \text{ HP} * 0,746 \text{ kW} = 1,12 \text{ kW}$$

$$\text{Total de horas al año} = 8 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} * 26 \frac{\text{dia}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 2496 \frac{\text{hora}}{\text{año}}$$

$$\text{Potencia consumida al año} = 1,12 \text{ kW} * 2496 \frac{\text{hora}}{\text{año}}$$

$$= 2795,52 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Tabla N° 10: Producción Programada vs Producción Realizada del año 2016

Meses	Producción Programada (und)	Producción Realizada (und)
Enero	11 200	9 000
Febrero	11 600	9 520
Marzo	11 800	9 520
Abril	11 500	10 119
Mayo	11 500	9 404
Junio	13 000	10 815
Julio	11 100	9 017
Agosto	10 950	8 081
Septiembre	10 200	8 067
Octubre	10 863	8 759
Noviembre	12 500	10 372
Diciembre	11 000	8 496

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

Como se puede observar el porcentaje de utilización de la máquina que se obtuvo fue del 55,17% del ciclo para poder taladrar la pieza, que tiene un tiempo equivalente de 120 segundos. En la tabla N° 10 se obtiene una producción anual de 137 213 unidades de producción programada y 111 170 unidades de producción realizada en el año 2016, ahora se presentará la siguiente relación:

$$120 \text{ segundos de tiempo útil} - 1 \text{ pieza}$$

$$x \text{ segundos de tiempo útil} - 111170 \text{ unidades}$$

$$\text{donde } x = 926 \text{ segundos}$$

Con los resultados presentados anteriormente podemos decir que en un año se tienen 926 segundos de tiempo útil que tiene la máquina, es decir, 0,257 horas de trabajo.

$$1,12 \text{ kW} * 0,257 \text{ horas} = 0,29 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Una vez obtenido todos los resultados que se han ido presentando como se llegaron a obtener, podemos calcular la potencia perdida durante un año:

$$\begin{aligned} \text{Potencia perdida durante un año} &= 2\,795,52 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} - 0,29 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \\ &= 2\,795,23 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \end{aligned}$$

La empresa cuenta con una tarifa BT5B no residencial pagando mensualmente un aproximado de 300 soles mensualmente. El costo de energía activa para la tarifa BT5B no residencial S/. 0,5520 por kWh.

$$0,5520 \frac{\text{S/}}{\text{kWh}} \times 2\,795,23 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = 1\,542,97 \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

Con todos los cálculos que se han mostrado previamente podemos llegar a decir que, en el proceso de perforado de bridas, se está perdiendo anualmente una cantidad de 1 542,97 soles por año.

B. Métodos

a) Causa: Reproceso de las piezas

Evidencias

Previamente se explicará cómo es el proceso del perforado de bridas en la máquina de taladro de banco. Primero el operario encargado de este proceso de perforado debe estar capacitado en el uso del taladro y debe de tener conocimiento del trabajo que va a realizar, además de experiencia para la manipulación de esta máquina; ya que, si no se cuenta con la experiencia apropiada para realizar el trabajo, el operario puede generar que aumenten los costos del proceso debido a que en un inicio sus capacidades no son las indicadas para cumplir con esta tarea, lo cual genera que las piezas sean reprocesadas. El indicador que se ha utilizado para analizar esta causa se llama calidad a la primera (FTT), en la siguiente tabla N° 11 se puede observar el resultado de este análisis mensualmente durante el año 2016.

Tabla N° 11: Calidad a la primera (FTT)

Año	Mes	Producción del carrito (und)	Bridas a reprocesar (und)	Valor del indicador (%)
2016	Enero	6 830	1 096	84 %
	Febrero	6 680	1 172	82 %
	Marzo	6 800	1 156	83 %
	Abril	6 890	1 153	83 %
	Mayo	6 550	1 177	82 %
	Junio	6 870	1 148	83 %
	Julio	6 640	1 177	82 %
	Agosto	6 840	1 193	83 %
	Septiembre	6 640	1 025	85 %
	Octubre	6 870	1 016	85 %
	Noviembre	6 770	1 053	84 %
	Diciembre	6 860	1 117	84 %
Promedio				83 %

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

Impacto económico

La empresa tiene que reprocesar una pieza debido al mal perforado que ha habido en ella, esto genera una pérdida monetaria hacia la empresa, ya que tiene que corregir ese error. En la tabla N° 12 se observa cuanto es el monto que le genera a la empresa reprocesar todas esas unidades durante el año 2016.

Debido que en la empresa se trabaja un turno de 8 horas por día, lo que es equivalente a 64 soles por operario, obteniendo 0,0022 soles por segundo y esto se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{64}{8 * 3600} = 0,0022 \frac{S/}{segundo}$$

Tabla N° 12: Cantidad de unidades a reprocesar

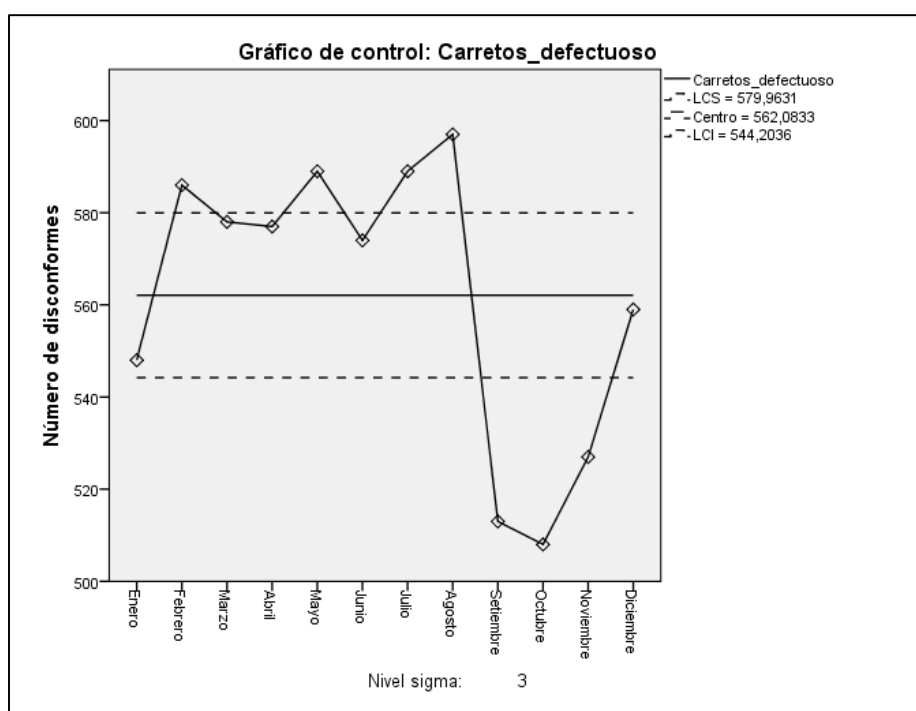
Meses	Bridas a reprocesar (und)	Tiempo del reproceso (s)	Costo por reproceso (S/.)
Enero	1 096	131 520	297,27
Febrero	1 172	140 640	312,53
Marzo	1 156	138 720	308,27
Abril	1 153	138 360	307,47
Mayo	1 177	141 240	313,87
Junio	1 148	137 760	306,13
Julio	1 177	141 240	313,87
Agosto	1 193	143 160	318,13
Septiembre	1 025	123 000	273,73
Octubre	1 016	121 920	270,93
Noviembre	1 053	126 360	280,80
Diciembre	1 117	134 040	297,87

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

Basándose en los datos que se pueden apreciar en la tabla N° 12, son 13 483 unidades que se tienen que reprocesar en el año 2016 y eso le genera un costo a la empresa de S/. 3 595,47.

b) Causa: Generación de productos defectuosos

Evidencias



Según lo observado en el gráfico de control np de carretos defectuosos, tienen un promedio de 563 unidades defectuosas por mes durante el año 2016. Esto se debe a que el proceso funciona en presencias de causas o

situaciones inesperadas por lo que generalmente no se cuentan al momento de iniciar el proceso de perforado en las bridas. También quiere decir, que en los meses de Febrero, Mayo, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre no se han estado realizando las piezas de manera correcta. (Ver anexo 9)

$$\% \text{ de calidad} = \frac{\text{producto suministrado} - \text{producto defectuoso}}{\text{producto suministrado}}$$

$$\% \text{ de calidad} = \frac{(40620) - (6742)}{40620} = 83,40\%$$

Impacto económico

Mediante las observaciones realizadas en la tabla N° 13, se hizo la sumatoria de los productos defectuosos que se obtuvo en el transcurso del año 2016 dando con un total de 6 742 unidades defectuosas, para posteriormente sacar el margen de la pérdida que tiene la empresa al generar unidades defectuosas.

Tabla N° 13: Cantidad de unidades defectuosas

Meses	Producción de Brida (und)	Productos Defectuosos (und)	Producción Real (und)
Enero	6 830	1 096	5 734
Febrero	6 680	1 172	5 508
Marzo	6 800	1 156	5 644
Abril	6 890	1 153	5 737
Mayo	6 550	1 177	5 373
Junio	6 870	1 148	5 722
Julio	6 640	1 177	5 463
Agosto	6 840	1 193	5 647
Septiembre	6 640	1 025	5 615
Octubre	6 870	1 016	5 854
Noviembre	6 770	1 05	5 717
Diciembre	6 860	1 117	5 743

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

En la siguiente tabla N° 13 se podrá observar cuanto es la producción real que tiene la empresa en el año 2016. Además, se tiene un total de 13 483 unidades defectuosas, esto multiplicado por el precio de venta se obtiene la pérdida monetaria.

$$pérdidas = 13\ 483 \times 28 = 377\ 524 \text{ soles}$$

C. Mano de obra

a) Causa: Saturación del operario

Evidencias

Como ya se sabe el operario cumple una jornada de 8 horas para el perforado de bridas, en el taladro de banco de forma manual. El proceso inicia una vez que el operario sujeta la pieza del proceso anterior que es el torneado, luego el operario se dirige hacia el taladro de banco para colocar la pieza sobre la máquina, una vez que la pieza se encuentre sobre la mesa del taladro de banco, se procede a ajustar la pieza, a continuación, el operario baja la palanca del taladro de banco para que proceda a perforar la pieza colocada.

Para poder confirmar lo que se ha dicho anteriormente se procederá a realizar un diagrama de hombre – máquina que sirve para el análisis de esta causa, ya que favorece y permite observar la relación entre los tiempos del operario y los tiempos que tiene la máquina, ya que todo esto nos permite a determinar la saturación que tiene el operario en el proceso de producción.

Diagrama N°02: Diagrama Hombre – Máquina proceso de taladrado

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA				
EMPRESA:	FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY S.A.C			
DIAGRAMADOR:	Diego Estrada Celis			
OPERACIÓN:	Perforado			
MÁQUINA:	Taladro de banco			
CICLO:	185 segundos	FECHA:		
TIEMPO EN SEGUNDOS	HOMBRE		MÁQUINA (TALADRO DE BANCO)	
15	Coge el material y se dirige a la máquina	x	ociosa	
20	Coloca la pieza debajo de la broca	x	ociosa	
5	Ajusta la pieza en la máquina	x	ociosa	
120	Baja la palanca del taladro de banco e inicia el proceso	x	opera	x
5	Sube la palanca del taladro de banco	x	ociosa	
20	Retira la pieza perforada	x	ociosa	
185				

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

La saturación del operario se puede calcular como el porcentaje del tiempo del trabajo del hombre (65 segundos) entre el tiempo total del ciclo (185 segundos).

$$\text{Saturación del operario} = \frac{65}{185} * 100\% = 35,14\%$$

$$\text{Saturación de la máquina} = \frac{120}{185} * 100\% = 64,86\%$$

A través de este indicador se puede apreciar que el operario se encuentra saturado con un 35,14% y el taladro de banco con un 64,56% en el proceso de perforado de la brida. Mediante la automatización del taladro de banco podemos encontrar una solución que beneficiará al operario, debido que se podrá disminuir el porcentaje de saturación del operario y ayudará a mejorar las condiciones del trabajo en la empresa.

Impacto económico

Para poder observar cuanto es lo que la empresa está perdiendo, se tiene que hallar los pedidos no atendidos que tienen en la empresa y la pérdida monetaria que esto origina a la empresa mediante la siguiente tabla. (Ver tablas N° 14 y N° 15)

Tabla N° 14: Pedidos no atendidos

MES	DEMANDA DEL CARRETO (und/mes)	PRODUCCIÓN DEL CARRETO (und/mes)	PEDIDOS NO ATENDIDOS (und/mes)
AÑO 2016			
Enero	4 500	3 415	1 085
Febrero	4 760	3 340	1 420
Marzo	4 760	3 400	1 360
Abril	5 060	3 445	1 615
Mayo	4 702	3 275	1 427
Junio	5 408	3 435	1 973
Julio	4 509	3 320	1 189
Agosto	4 041	3 420	621
Septiembre	4 034	3 320	714
Octubre	4 380	3 435	945
Noviembre	5 186	3 385	1 801
Diciembre	4 248	3 430	818

Fuente: Fabrication Technology Company SAC

Al observar la tabla N° 14, da a conocer la cantidad de unidades mes a mes que no se pudieron producir por no contar con un sistema automatizado, estos pedidos no atendidos se dieron durante el año 2016, esto quiere decir que la empresa ha dejado de producir 14 965 unidades en el transcurso de tiempo ya mencionado.

Tabla N° 15: Total de pérdida monetaria

MES	PEDIDOS NO ATENDIDOS (und/mes)	PRECIO DE VENTA (S/.)	TOTAL DE PÉRDIDA (S/.)
AÑO 2016			
Enero	1 085	28,00	30 380
Febrero	1 420	28,00	39 760
Marzo	1 360	28,00	38 080
Abril	1 615	28,00	45 206
Mayo	1 427	28,00	39 956
Junio	1 973	28,00	55 230
Julio	1 189	28,00	33 278
Agosto	621	28,00	17 374
Septiembre	714	28,00	19 978
Octubre	945	28,00	26 446
Noviembre	1 801	28,00	50 248
Diciembre	818	28,00	22 904
TOTAL			S/. 419 020

Fuente: Fabrication Technology Company SAC

Al observar en la tabla N°15, da a conocer el impacto económico en el transcurso del año 2016, esto quiere decir que la empresa ha dejado de obtener un ingreso anual de S/. 419 020 en el transcurso de tiempo ya mencionado.

Tabla N° 16: Impacto económico en producción

Causas	Impacto Económico (S/.)
Bajo porcentaje de utilización	1 542,97
Reproceso de las piezas	3 595,47
Generación de productos defectuosos	377 554
Saturación del operario	419 020

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, en el siguiente cuadro, se muestran los indicadores a utilizar para posteriormente medir los resultados logrados.

Tabla N° 17: Indicadores de la situación actual de producción

Causas	Indicador Actual
Bajo porcentaje de utilización	64,86 %
Reproceso de las piezas	83,00 %
Generación de productos defectuosos	83,40%
Saturación del operario	35,14%

Fuente: Elaboración propia

3.4 DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

En este punto hablaremos de las partes que conformarán la propuesta del nuevo diseño del taladro de banco.

- Diseño de perforado para las bridas con el cabezal multihusillo; se llegó a la elección de utilizar esta herramienta, debido que el cabezal multihusillo cuenta con 4 brocas y esto hace que el proceso de perforado sea más conveniente, ya que los cuatro agujeros que tienen las bridas serán perforados con mayor rapidez. También se va a colocar las dimensiones que tiene el cabezal multihusillo acorde con las dimensiones de la pieza.
- Diseño de sujeción para las bridas con chuck hidráulico; él cual servirá para sujetar a la pieza durante el proceso de perforado, esto nos va a ayudar a tener mayor seguridad al momento de perforar la pieza y tener menos piezas defectuosas.
- Diseño del avance del cabezal multihusillo con inversión de giro; en esta parte del diseño se cuenta con un piñón y cremallera que se encuentra internamente en la máquina, esto nos permite que el avance del cabezal multihusillo pueda bajar hacia donde se encuentra la pieza para poder perforarla, se le colocará un sensor inductivo el cual desactivará el avance del cabezal multihusillo para que regrese a su posición inicial.
- Sistema de control mediante un PLC, en esta parte se detallará las entradas y salidas que se tienen en el proceso; el cual nos servirá para proceder a realizar la simulación del proceso de perforado de bridas.

3.4.1 Diseño de perforado para las bridas con el cabezal multihusillo

En el diseño de perforado para las bridas con el cabezal multihusillo, es en donde se centra la mejora para el proceso de perforado, el cual consistirá en agregar un cabezal multihusillo que contenga cuatro brocas de 10 mm para que de esta manera se proceda a taladrar los cuatro agujeros que se encuentran en los extremos de la brida (con un diámetro de 10 milímetros cada agujero) en un solo movimiento, este material será de SAE 1020, en la figura N° 13 se podrá ver un modelo del cabezal multihusillo. La equidistancia que se tiene de broca a broca en el cabezal multihusillo, se debe a la

equidistancia de los agujeros (63,6mm) que tiene la pieza, es decir, las brocas deben de estas posicionadas al mismo nivel de los agujeros de la brida para que sean perforadas de manera correcta.

La broca que se utiliza para el perforado de bridas es una broca HSS con revestimiento de nitruro de titanio, debido a que proporcionan resistencia al desgaste y protección térmica, además eliminan las virutas rápidamente para que la broca tenga un mayor tiempo de duración. Para poder ajustar la broca en el cabezal multihusillo, se introduce la broca en el mandril que contiene el cabezal multihusillo, hasta una profundidad suficiente como para obtener un agarre máximo de las mordazas del mandril. Las mordazas tienen una longitud de aproximadamente una pulgada. Se debe asegurar de que la broca este centrada en el mandril antes de apretar el mandril con la llave allen de 1/2" pulgada, se aprieta la broca lo suficiente como para que no patine al momento de perforar la pieza. Se gira la llave allen en el sentido de las agujas del reloj para apretar la llave, y en sentido contrario al de las agujas del reloj para aflojarlo. (Ver anexo N°13)

3.4.1.1 Cálculo de la potencia consumida por el taladro de banco con cabezal multihusillo

Para la determinación de la potencia del motor se establecerá, como especificación para el presente trabajo de investigación, el trabajo utilizando la máxima capacidad de la broca, el diámetro de la broca y el taladrado de un material semi-duro y duro (como, por ejemplo: SAE 1020). El esfuerzo de desgarramiento σ_x para aceros semi-duros y duros es: $\sigma_x = (2.5 \div 2.8) Ru$. Para acero 1020 SAE, $R_u = 45 \text{ kg/mm}^2$. Para mayor entendimiento se puede observar las propiedades del acero al carbono en el anexo N° 26. (Hernández 2010, 27)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia a la tracción } (Ru) &= 441 \text{ MPa} * \frac{1 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}{9,806 \text{ MPa}} \\ &= 44,97 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} = 45 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

La siguiente tabla N° 18, muestra una serie de valores del esfuerzo de desgarramiento para algunos materiales. (Mario Rossi, 1971)

Tabla N° 18: Esfuerzo unitarios de desgarramiento

Material	Carga de ruptura a la tracción (kg/mm ²)	Dureza Brinell esfera Ø 10 carga 3000	$\sigma_s = \text{kg/mm}^2$		
			q = 1 mm ²	q = 10 mm ²	q = 50 mm ²
Acero dulce	30 ÷ 40	90 ÷ 120	170	125	102
Acero mediano contenido de C	40 ÷ 50	120 ÷ 140	210	155	127
Acero mediano contenido de C	50 ÷ 60	140 ÷ 170	250	188	151
Acero duro	60 ÷ 70	170 ÷ 195	300	232	181
Acero duro	70 ÷ 80	195 ÷ 235	359	265	217
Acero al Cr-Ni	65 ÷ 80	190 ÷ 225	241	193	164
Acero fundido	45 ÷ 55	135 ÷ 160	179	124	98
Fundición	14 ÷ 20	160 ÷ 200	85	64	50
Latón en barras	30 ÷ 35	80 ÷ 110	70	49	38
Bronce	20 ÷ 25	70 ÷ 90	79	46	32
Aluminio fundido	09 ÷ 12	65 ÷ 70	54	47	43
Electrón	-	50 ÷ 60	24	20	16

Fuente: Mario Rossi

Para poder hallar la velocidad de corte ($V_c = \text{m/min}$) y el avance por revolución ($a = \text{mm/vuelta}$), se utilizó la tabla N° 19 y mediante los rangos que brinda, se procedió a realizar una interpolación ya que el diámetro de las brocas es de 10 mm. (Hernández 2010, 29)

Tabla N° 19: Valores aproximados de las velocidades lineales de corte y de avance de la broca para diversos materiales

Acero con R_u hasta 50 kg/mm^2			Aceros con: $R_u = (50 \div 70)$ kg/mm^2 $u = (18 \div 26) \%$ alargamiento		Dureza: $150 \div 200$ HBN $R_u = (12 \div 18)$ kg/mm^2	
\varnothing de la broca	Vc (m/min)	a (mm/vuelta a)	Vc (m/min)	a (mm/vuelta)	Vc (m/min)	a (mm/vuelta)
1 ÷ 2	20 ÷ 30	0,03	20 ÷ 25	0,03	25 ÷ 40	0,03
2 ÷ 3		0,03 ÷ 0,07		0,03 ÷ 0,07		0,03 ÷ 0,07
5 ÷ 7		0,07 ÷ 0,10		0,07 ÷ 0,10		0,07 ÷ 0,10
7 ÷ 9		0,10 ÷ 0,10		0,10 ÷ 0,10		0,10 ÷ 0,10
9 ÷ 12		0,15 ÷ 0,20		0,15 ÷ 0,20		0,15 ÷ 0,20
12 ÷ 15		0,20 ÷ 0,25		0,20 ÷ 0,25		0,20 ÷ 0,25
15 ÷ 18		0,25		0,25		0,25
18 ÷ 22		0,25 ÷ 0,30		0,25 ÷ 0,30		0,25 ÷ 0,30
22 ÷ 28		0,30 ÷ 0,35		0,30 ÷ 0,35		0,30 ÷ 0,35
26 ÷ 30		0,35		0,35		0,35
30 ÷ 50		0,35 ÷ 0,45		0,35 ÷ 0,45		0,35 ÷ 0,45

Fuente: Mario Rossi

$$\sigma_s = (2,6) \times (45) = 117 \text{ kg/mm}^2$$

Primero se halla la velocidad de corte y el avance por revolución que se necesita con un diámetro de 10 mm, debido que esta medida es de la broca que se emplea, para ello se utiliza la tabla N° 20, en donde se calcula una interpolación para obtener la velocidad de corte y el avance por revolución respectivo para una broca de 10 mm.

Tabla N° 20: Interpolación de la velocidad de corte y el avance por vuelta con un diámetro de 10 mm

ϕ	Vc (m/min)	ϕ	a (mm/vuelta)
9	20	9	0,15
10	x	10	x
12	30	12	0,20
$\frac{9 - 10}{9 - 12} = \frac{20 - x}{20 - 30}$ $Vc = 23,33 \text{ m/min}$		$\frac{9 - 10}{9 - 12} = \frac{0,15 - x}{0,15 - 0,20}$ $a = 0,17 \text{ mm/vuelta}$	

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se encuentra la velocidad de corte y el avance por vuelta se procede hacer el cálculo respectivo encontrar las revoluciones por minuto que necesitará el nuevo motor.

$$n = \frac{1000 \times Vc}{\phi \times \pi}$$

$$n = \frac{1000 \times 23,33}{10 \times \pi}$$

$$n = 742,61 \text{ RPM}$$

Luego se procede a encontrar el momento torsionante (Mt) aplicando la siguiente fórmula:

$$Mt = \frac{\sigma_s \times a \times d^2}{8}$$

$$Mt = \frac{117 \text{ kgf/mm}^2 \times 0,17 \text{ mm} \times (10 \text{ mm})^2}{8}$$

$$Mt = 248,63 \text{ kgf mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$Mt = 0,24863 \text{ kgf m}$$

Finalmente se puede hallar la potencia consumida cuando ya se han hecho los cálculos respectivos demostrados anteriormente. (Hernández 2010, 29)

$$N_{consumida} = \frac{Mt \times n}{716,2}$$

$$N_{consumida} = \frac{0,24863 \times 742,61}{716,2}$$

$$N_{consumida} = 0,2577 \text{ CV} \times \frac{735,39875 \text{ W}}{1 \text{ CV}} \times \frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}}$$

$$\times \frac{1,3410221 \text{ HP}}{1 \text{ Kw}}$$

$$N_{consumida} = 0,541 \text{ HP} \times 4$$

$$N_{consumida} = 1,02 \text{ HP}$$

3.4.1.2 Cálculo de la potencia suministrada para el motor eléctrico

$$N_{suministrada} = \frac{N_{consumida}}{n_{total}}$$

$$N_{suministrada} = \frac{1,02 \text{ HP}}{0,70}$$

$$N_{suministrada} = 1,45 \text{ HP}$$

$$N_{suministrada} = 1,5 \text{ HP}$$

3.4.1.3 Cálculo de los componentes eléctricos mediante fórmula y el catálogo Schneider Electric

Para poder encontrar los componentes eléctricos que se necesita, se realiza de dos maneras: la primera manera es buscando de acuerdo a la potencia de nuestro motor, para ello utilizaremos el catalogo Schneider Electric 2015 lista de precios; y la segunda manera de encontrar los componentes eléctricos necesario es mediante las fórmulas de cada componente. Anteriormente se ha indicado el código de cada componente para ello se utilizó como ya se mencionó el catalogo Schneider Electric 2015 lista de precios, ahora lo haremos mediante las fórmulas.

Para poder hallar los componentes eléctricos mediante las fórmulas, primero se debe de encontrar la intensidad (A) que se necesita y esto se obtiene con la potencia suministrada por el motor que hallamos anteriormente. Para el factor de potencia que es $\cos\phi$ se encuentra en un rango de 0,80 a 0,93 pero para realizar los cálculos matemáticos es recomendable utilizar 0,85; de igual manera para la eficiencia del motor para este caso utilizaremos una eficiencia del 70%.

$$I = \frac{1000 * \text{Potencia en Kw}}{\cos\phi \times V \times n \times \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{1000 * 0,9389}{0,85 \times 380 \times 0,70 \times \sqrt{3}}$$

$$I = 2,40 \text{ A}$$

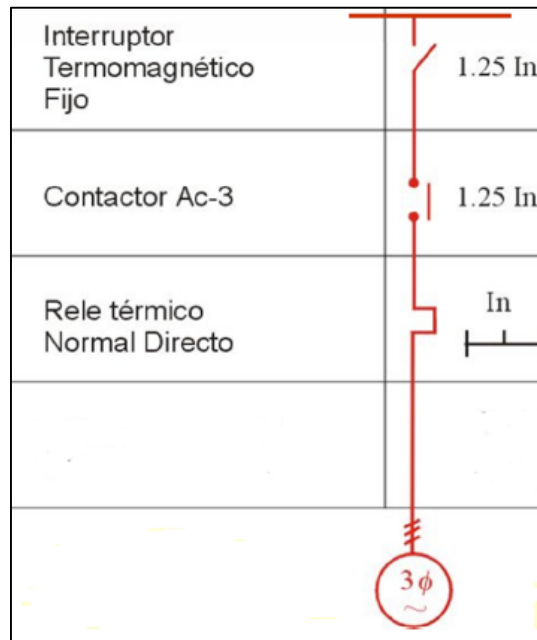


Figura N° 12: Componentes eléctricos fórmula

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que hallado la intensidad en amperios, que en este caso el resultado es de 2,40A; se procede a utilizar las fórmulas de la figura N° 12 para saber cuanto debe ser la intensidad de cada componente que debe de proteger al motor de alguna sobrecarga.

$$\text{Interrupor termomagnético} = 2,40 \text{ A} \times 1,25 = 3 \text{ A}$$

$$\text{Contacor AC - 3} = 2,40 \text{ A} \times 1,25 = 3 \text{ A}$$

$$\text{Relé Térmico} = 1,25 \text{ A}$$

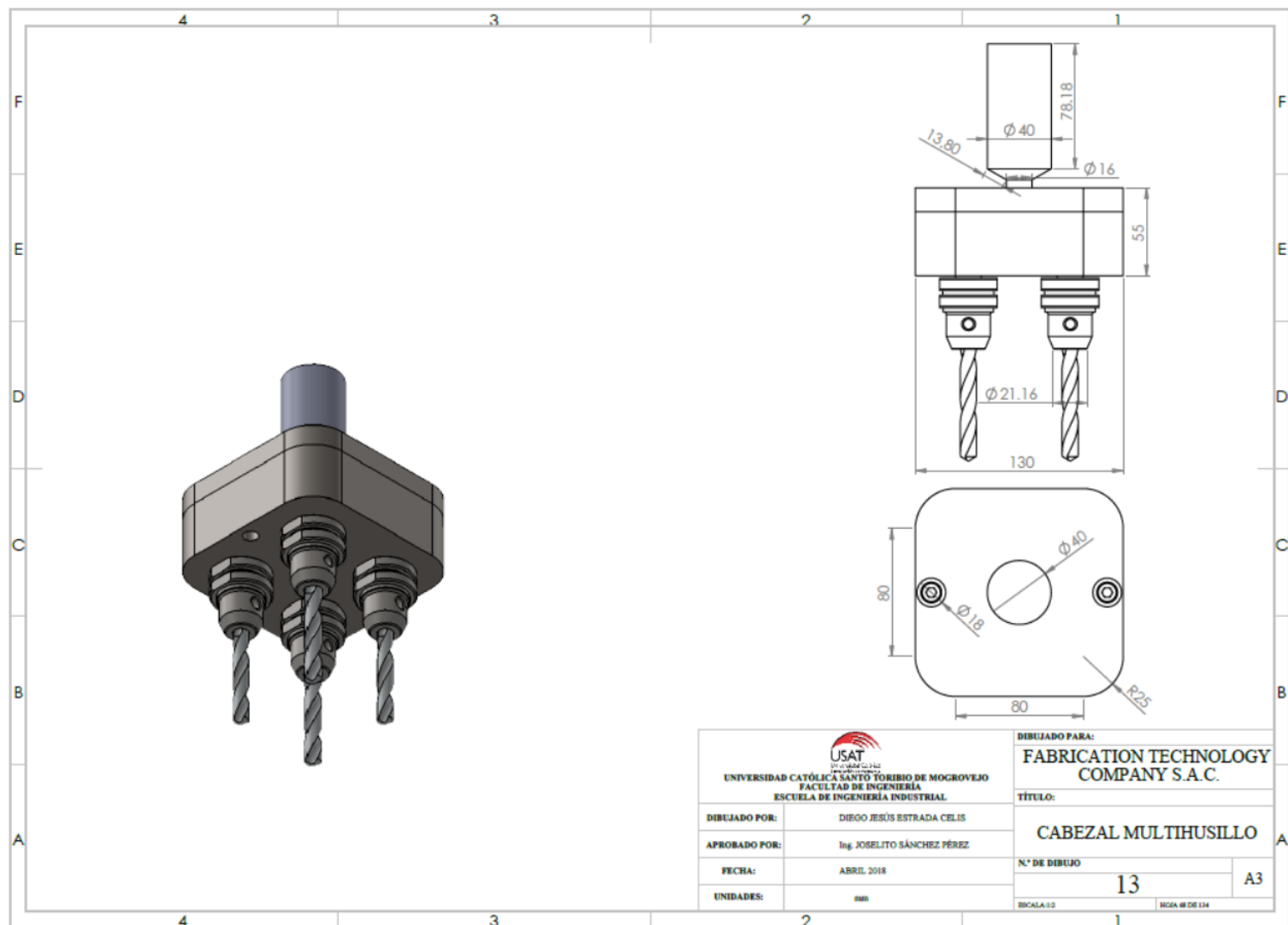


Figura N° 13: Modelo del cabezal multihusillo con cuatro brocas

3.4.2 Diseño de sujeción para las bridas con chuck hidráulico

El diseño de sujeción consiste en un chuck hidráulico, sistema propuesto en el presente estudio como se muestra en la figura N° 17. Se procedió a colocar el sistema de sujeción en el centro de la mesa de trabajo; una vez sujeta la pieza de trabajo (brida) en el chuck hidráulico comienza el proceso de perforado. Para diseñar este sistema se utilizó el programa AutoCAD y para una mejor visualización también se realizó en SolidWorks.

El sistema de sujeción (Chuck hidráulico) está implementado con tres mordazas que sujetan a la pieza de trabajo, al momento de ser perforado con las cuatro brocas que cuenta el cabezal multihusillo, asegurando así que no suceda ningún inconveniente durante el proceso de perforado ya sea en la pieza o hacia el operario.

Este sistema se activará mediante una bomba de aceite con una potencia de 1,73 HP; la bomba de aceite hará que las tres mordazas que contiene el chuck hidráulico cierren al momento que la pieza es colocada en la mesa de trabajo de la máquina, para esto se cuenta con un temporizador con un tiempo de diez segundos que permite al operario dejar la pieza sobre el chuck hidráulico para que de esta manera no ocurra ningún inconveniente al momento de perforar a la pieza, luego pasado ese tiempo se activa el motor de la bomba de aceite para sujetar a la brida mediante las mordazas que tiene el chuck hidráulico. La ficha técnica de la bomba de aceite la podemos apreciar en el anexo N° 13.

El motor para su funcionamiento trabaja con un contactor LC1-D09 Telemecanique, con una llave termo magnética trifásica MELIN GERIN de 3x10A GV2-L07 y un relé térmico de LRD-07.

La función que tiene el contactor es permitir el paso de la corriente para que el motor proceda a funcionar y en caso ocurra una sobrecarga, el relé térmico se encarga de proteger al motor para que no sufra ningún daño. En este caso se utiliza una válvula de 4/3 vías que indican el número de vías y posiciones que tiene la válvula.

3.4.2.1 Cálculo de la presión para el sistema de sujeción de bridas con un chuck hidráulico

Para realizar los cálculos respectivos en este punto se tienen los siguientes datos: el diámetro que tiene el agujero de la brida es de 10 mm, el momento de torsión es de 0,24863 kgf; cabe resaltar que los datos mencionados ya se han calculado en puntos anteriores. Primero se utilizará el área de la brida, para convertir a metros y así obtener las unidades deseadas.

$$\text{Área} = \frac{\pi \times (0,01m)^2}{4}$$

$$\text{Área} = 7,854 \times 10^{-5} m^2$$

A continuación, una vez encontrado el área de la brida en las unidades deseadas, se convierte las unidades de fuerza a Newton mediante la siguiente regla de tres simples:

$$\begin{array}{l} \text{Fuerza} = 0,24863 \text{ kgf} \text{ ---- } x \\ \qquad \qquad \qquad 1 \text{ kgf} \qquad \text{ ---- } 9,80665 \text{ N} \end{array}$$

$$\text{Fuerza} = 2,438 \text{ N}$$

Después se pasa a calcular la presión que se ejerce en la brida, para que de esta manera la brida sea taladrada.

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza (N)}}{\text{Área (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Presión} = \frac{2,438 \text{ N}}{7,854 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\text{Presión} = 31\,041,50 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ kPa}}{10^3 \text{ Pa}} \times \frac{1,01325 \text{ bar}}{101,325 \text{ kPa}}$$

$$\text{Presión} = 0,310 \text{ bar}$$

En la figura N° 14, se puede apreciar el circuito de fuerza que se realizó para el chuck hidráulico en el programa Cade Simu, el cual tiene las tres líneas de voltaje (L1, L2 y L3), una llave termo magnética (Q1), tres obturadores para las distintas líneas de voltaje (K2), un relé térmico que protege al motor en caso de alguna sobrecarga del sistema (F) y por último el motor que hace funcionar al chuck hidráulico (M2).

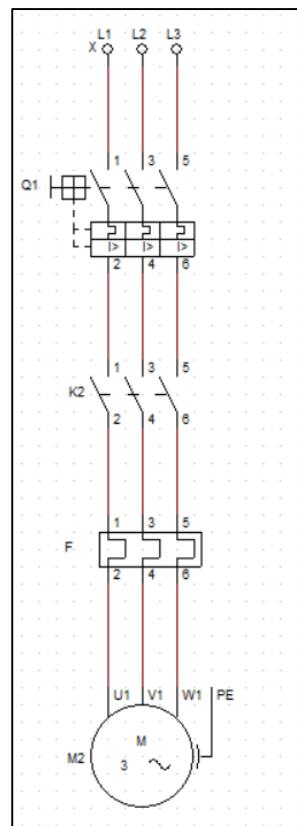


Figura N° 14: Circuito de Fuerza

Fuente: Cade Simu

En la figura N° 15, se puede observar el circuito de mando que se realizó para el chuck hidráulico en el programa Cade Simu, mediante este sistema se puede verificar el correcto funcionamiento que tiene el chuck hidráulico al momento de sujetar a la brida.

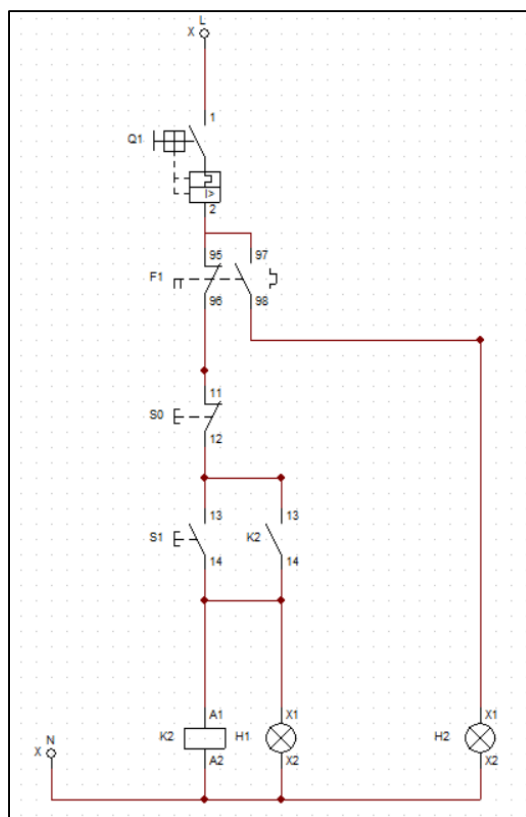


Figura N° 15: Circuito de Mando

Fuente: Cade Simu

LEYENDA

- Q1: Llave termo magnética 3x10A GV2-L07
- Q2: Llave termo magnética unipolar
- F: Relé térmico LRD-07
- F2: Contacto del relé térmico LRD-07
- S0: Pulsador NC
- S1: Pulsador NO
- K1: Contactor LC1-D09
- M1: Motor trifásico
- H1: Lámpara del motor en marcha
- H2: Lámpara del relé térmico LRD-07

Tabla N° 21: Componentes eléctricos Schneider Electric

Motor 2 HP	Referencia	Ajuste (A)	Precio (S/.)
Llave termo magnética	GV2-L08	4	213
Contactor AC-3	LC1-D09	9	104
Relé térmico	LRD-08	2.5 - 4	157

Fuente: Schneider Electric

El grupo de accionamiento comprende: la bomba hidráulica (de engranajes u otro tipo), el motor eléctrico, el depósito, la válvula limitadora de presión, (válvula de seguridad), las tuberías rígidas y los racores.

Dentro del grupo de accionamiento, se encuentra una bomba de engranajes que está unida al motor eléctrico por medio de un embrague. La bomba de engranajes, el depósito y la válvula de seguridad están unidos entre sí mediante tuberías rígidas. El extremo de las tuberías que penetra en el depósito se encuentra por debajo del nivel del líquido, para que en ellas no pueda entrar aire.

Para impedir la sobrecarga del motor eléctrico y para proteger a la bomba y otros componentes contra una presión excesiva, debida a sobrecargas o bloqueo, se monta una válvula de seguridad para limitar la presión máxima del sistema en la línea, entre la salida de la bomba y la entrada de la válvula direccional, calibrada al 10% por arriba de la presión máxima del sistema de trabajo. Un depósito dimensionado para contener aproximadamente de 2 a 3 veces la capacidad de la bomba en galones por minuto y tuberías de interconexión adecuadas completarán el sistema. (Duque 2007)

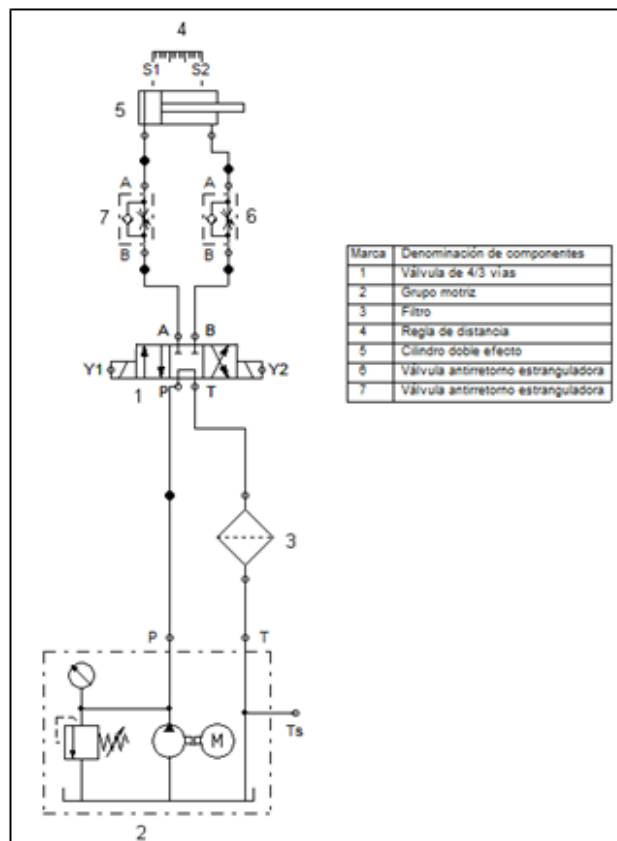


Figura N° 16: Grupo de accionamiento de la bomba de aceite

Fuente: Festo FluidSim Hidráulica

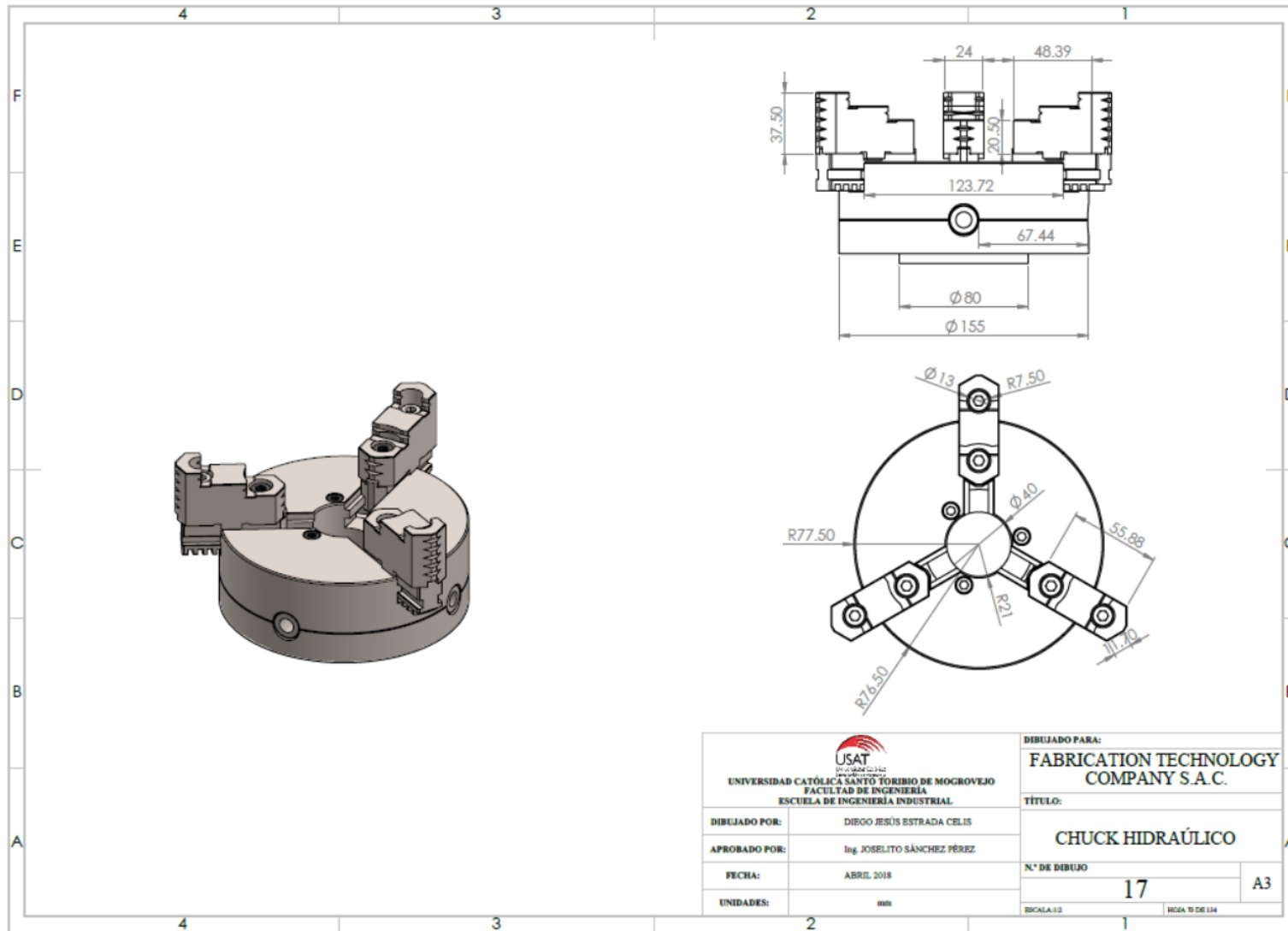


Figura N° 17: Chuck hidráulico

3.4.3 Diseño de avance del cabezal multihusillo con inversión de giro

En el diseño de avance del cabezal multihusillo con inversión de giro, se requiere de un arranque directo que se utiliza en la parte de la palanca del taladro de banco, al cual se le adaptará un motor para que de esta manera el sistema de piñón y cremallera con el que cuenta la máquina se active sin la necesidad de que el operario manipule la palanca del taladro de banco al momento de taladrar la pieza.

Se aplicarán las fórmulas (avance por fila, espesor de corte, anchura de viruta, sección de viruta, fuerza de corte y potencia de corte), que permite obtener resultados de la potencia que se necesita para el avance del cabezal multihusillo, debiendo considerarse estos valores: la velocidad de corte es 21,67 m/min, el avance por revolución es 0,17 mm y las revoluciones por minuto son 689,78 RPM valores ya obtenidos. (Ver tabla N° 20)

Este tipo de arranque directo con inversión de giro, se va a utilizar una vez que el cabezal multihusillo haya taladrado los cuatro orificios de la pieza, un temporizador con un tiempo de cinco segundos desactiva al avance del husillo y activa al retorno del husillo a su posición inicial, para que de esta manera el operario proceda a retirar la pieza ya perforada y continuar con las piezas restantes del mismo proceso.

Las fases son las líneas que le brindan energía para el funcionamiento de la máquina, en este caso la empresa trabaja con 380 voltios. Para comprobar el campo magnético giratorio, se tenía en cuenta el sentido de circulación de la corriente por las tres fases del bobinado. En él se ve que la resultante del flujo tiene el sentido de giro de las agujas del reloj (sentido horario), por lo que el rotor es arrastrado en el mismo sentido de giro. Cuando necesitamos que el giro sea al contrario (sentido anti-horario), basta con permutar dos fases de alimentación del motor. Hay que tener cuidado de no permutar las tres fases pues en ese caso el motor sigue girando en el mismo sentido.

3.4.3.1 Cálculo del avance por fila ($fz = mm$)

$$fz = \frac{vf}{z \times n}$$

$$fz = \frac{0,17}{1 \times 689,78}$$

$$fz = 2,46 \times 10^{-4} mm$$

3.4.3.2 Cálculo del espesor de corte ($ac = mm$)

$$ac = fz \times \text{sen}(kr)$$

$$ac = 1,74 \times 10^{-4} \times \text{sen}(45)$$

$$ac = 1,23 \times 10^{-4} mm$$

3.4.3.3 Cálculo de la anchura de viruta ($a_w = \text{mm}$)

$$a_w = \frac{\frac{D}{2}}{\text{sen}(kr)}$$

$$a_w = \frac{\frac{10}{2}}{\text{sen}(45)}$$

$$a_w = 7,07 \text{ mm}$$

3.4.3.4 Cálculo de la sección de viruta ($s_c = \text{mm}$)

$$s_c = a_c \times a_w$$

$$s_c = 1,23 \times 10^{-4} \times 7,07$$

$$s_c = 8,70 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

3.4.3.5 Cálculo de la fuerza de corte ($F_c = \text{N}$)

$$F_c = p_s \times s_c$$

$$F_c = 1,9 \times 8,70 \times 10^{-4}$$

$$F_c = 1,9 \times 8,70 \times 10^{-4} \times 4$$

$$F_c = 6,612 \times 10^{-3} \text{ N}$$

3.4.3.6 Cálculo de potencia de corte ($P_c = \text{W}$)

$$P_c = \frac{z \times f_c \times \frac{V_c}{2}}{60}$$

$$P_c = \frac{1 \times 6,612 \times 10^{-3} \times \frac{21,67}{2}}{60}$$

$$P_c = 1,20 \times 10^{-3} \text{ watt} \times \frac{1000 \text{ kw}}{1 \text{ watt}} \times \frac{1,3410221 \text{ HP}}{1 \text{ kw}}$$

$$P_c = 1,61 \text{ HP}$$

Una vez que se han hallado los cálculos respectivos, mediante el catalogo Schneider electric 2015 se podrá encontrar los componentes eléctricos que se necesitan para un motor de 2 HP. En la siguiente tabla se observarlos componentes eléctricos y su código dentro del catálogo, además de observar el circuito de fuerza (figura N°18), circuito de mando (figura N°19) y el diseño del sistema eléctrico (figura N°20).

Tabla N° 22: Componentes eléctricos Schneider Electric

Motor 2 HP	Referencia	Ajuste (A)	Precio (S/.)
Llave termo magnética	GV2-L08	4	213
Contactor AC-3	LC1-D09	9	104
Relé térmico	LRD-08	2.5 - 4	157

Fuente: Schneider Electric

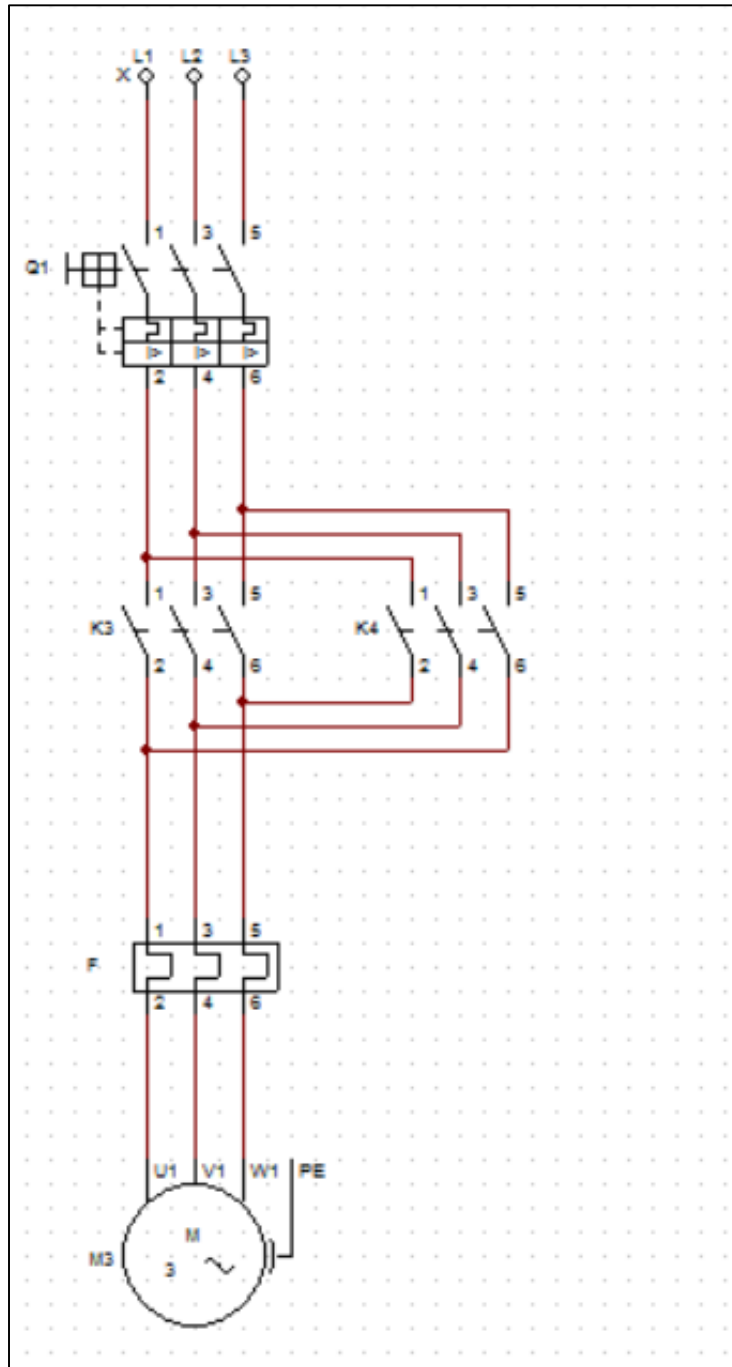


Figura N° 18: Circuito de Fuerza

Fuente: Cade Simu

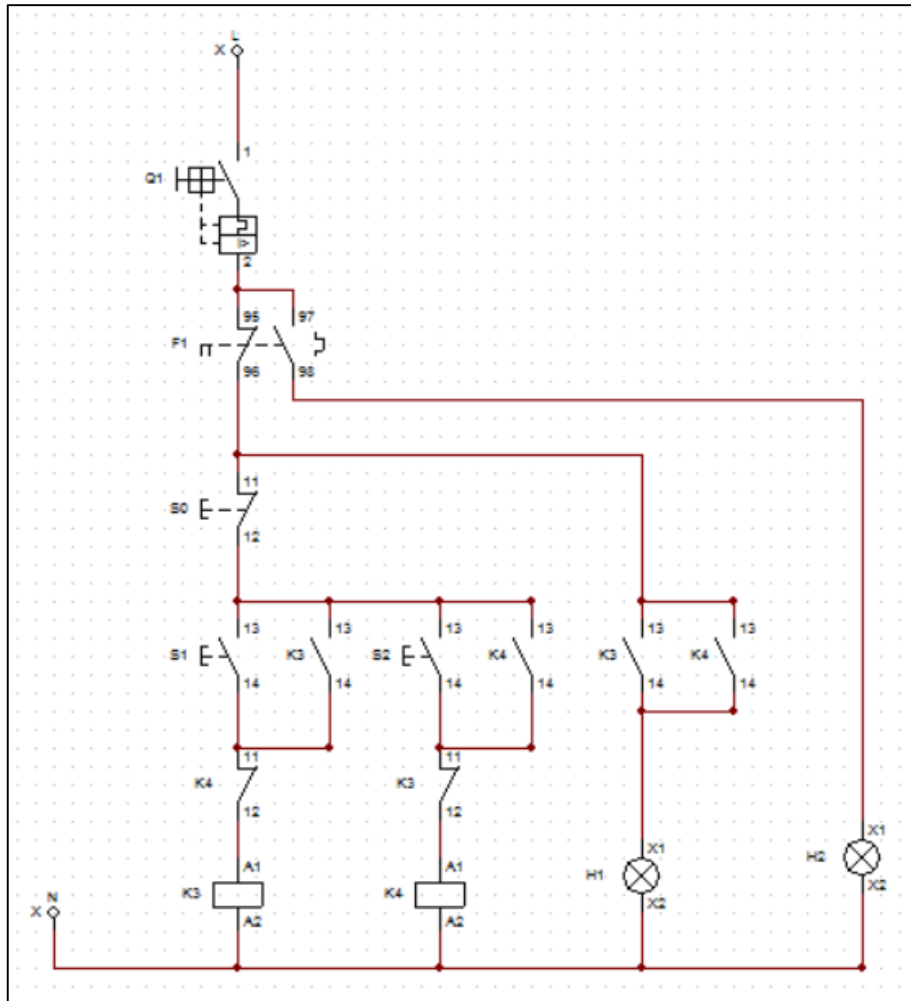


Figura N° 19: Circuito de Mando

Fuente: Cade Simu

LEYENDA

- Q1: Llave termo magnética 3x10A GV2-L08
- Q2: Lave termo magnética unipolar
- F: Relé térmico LRD-08
- F2: Contacto del relé térmico LRD-08
- S0: Pulsador NC
- S1: Pulsador NO
- K1: Contactor LC1-D09
- M1: Motor trifásico
- H1: Lámpara del motor en marcha
- H2: Lámpara del relé térmico LRD-08

3.4.4 Diseño eléctrico del proceso de perforado automatizado

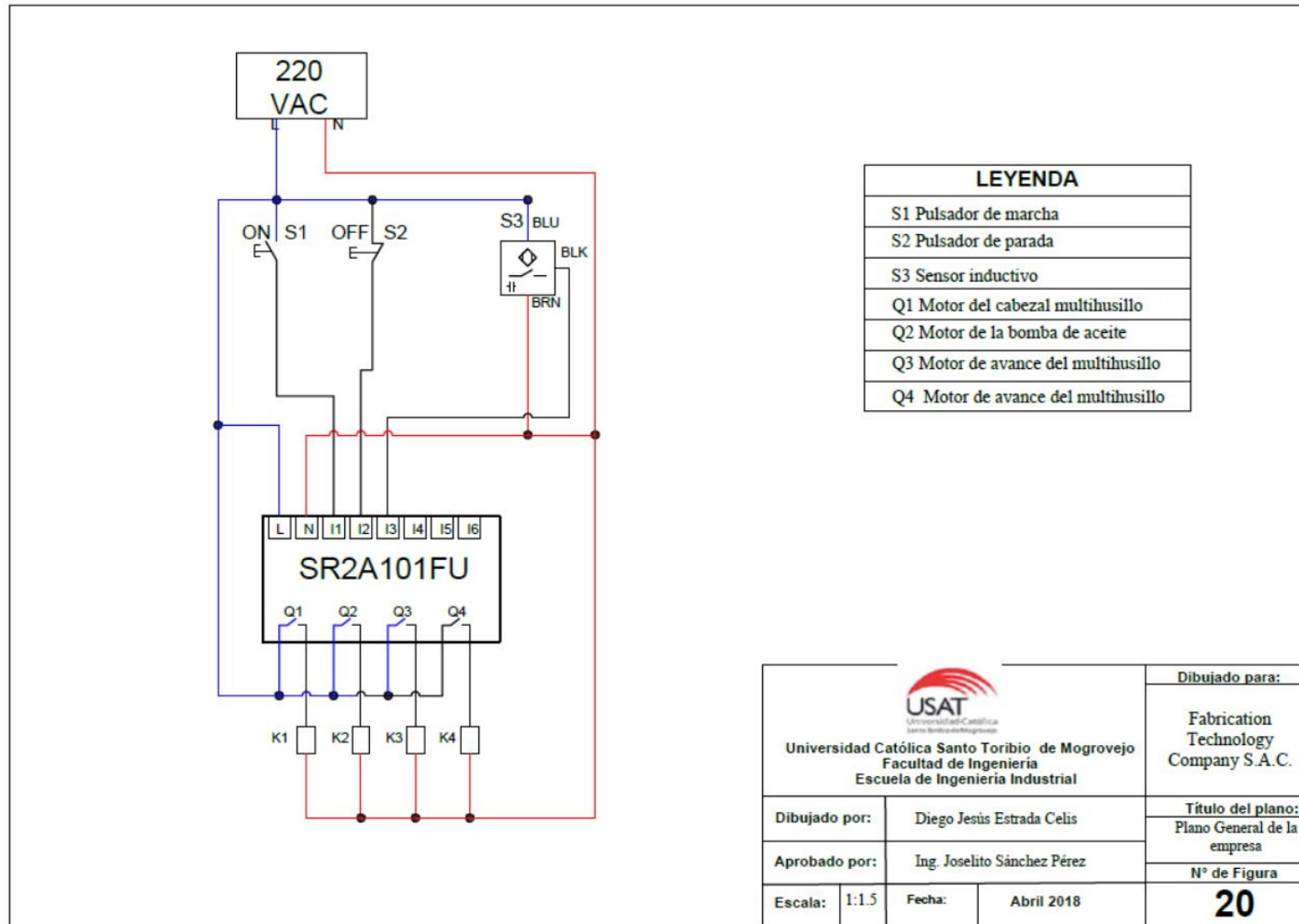


Figura N° 20: Diseño del sistema eléctrico

3.4.5 Diagrama del sistema de control del proceso de perforado

3.4.5.1 Sistemas de control en lazo abierto

- a) Proceso: significa el equipo a automatizar en donde se estabiliza la variable de control, a través de los actuadores y controladores.
- b) Perturbaciones: son las perturbaciones que puede generar la máquina al momento de perforar la pieza, generando daños en la pieza, que el operario demore en dejar la pieza a perforar, que las brocas del cabezal multihusillo pierdan filo.
- c) Controlador: en este caso es el PLC, que tiene por objetivo de mandar las señales hacia cada actuador para el funcionamiento respectivo durante el proceso de perforado.
- d) Actuador: para el funcionamiento del proceso se cuenta con tres actuadores eléctricos, que logran el funcionamiento de cada sistema de transmisión que tiene el taladro de banco.

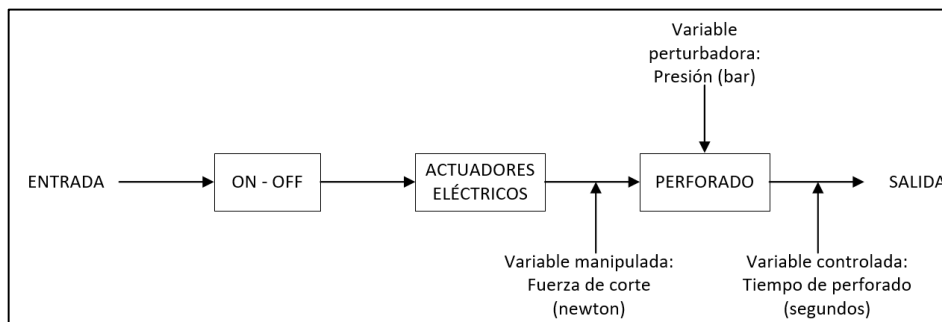


Figura N° 21: Elementos de un sistema de lazo abierto

3.4.5.2 Tipo de controlador que se utilizó para el proceso de perforado

Por otro lado, el tipo de controlador para el proceso de perforado, se ha creído conveniente utilizar el tipo de controlador de dos posiciones (on-off), la acción de control dos posiciones generalmente se basan en dispositivos electrónicos, donde habitualmente hay una válvula accionada por un solenoide eléctrico; este tipo de controlador de dos posiciones tiene un bajo precio de instalación, es de fácil instalación y mantenimiento, además de ser una forma sencilla de control para el proceso.

3.4.5.3 Variable controlada en el proceso de perforado

Al analizar el proceso de perforado que corresponde a un lazo abierto mostrado en la figura N° 21 se observa, que la variable controlada en el proceso de perforado es el tiempo de perforado de la brida.

3.4.5.4 Variable manipulada en el proceso de perforado

En el proceso de perforado, quien se encargará de perforar a los cuatro orificios que tiene la brida, por lo tanto, la variable a manipular será la fuerza de corte que ejercen las brocas del cabezal multihusillo.

3.4.5.5 Variable perturbadora en el proceso de perforado

La variable perturbadora que tiene el proceso de perforado es la presión que ejerce el sistema de ajuste que cuenta la máquina, ya que de esta manera se evita las posibles vibraciones que puede generar el taladro de columna al momento de perforar la pieza.

3.4.5.6 Tipo de lazo que se utilizó en el proceso de perforado

No obstante, el presente trabajo de investigación cuenta con un lazo abierto, este tipo de lazo se desempeña en la calibración que se le pueda dar, la conformidad entre el valor alcanzado por la variable controlada y su valor de referencia depende de la calibración, y consiste en establecer una relación entre la variable manipulada y la variable controlada.

3.4.5.7 Tipo de proceso discontinuo que se utilizó en el proceso de perforado

Para finalizar el proceso de perforado, es un proceso por lotes debido que al inicio del proceso se reciben cantidades de piezas diferentes que se necesitan para realizar el trabajo y se realizan las operaciones necesarias para obtener un producto acabado o un producto intermedio que pase al siguiente proceso.

3.4.6 Sistema de control a través del PLC

Para ello hemos utilizado un PLC Zelio Soft con las siguientes características:

Tabla N° 23: Datos del PLC

Marca	Schneider Electric
Alimentación	100_240 V
Entradas digitales	6
Salidas digitales	4
Pantalla de teclado	Si
Reloj	Si
Idioma	LD
Referencia	SR3B101FU

Fuente: Zelio Soft

El PLC Zelio normalmente tiene 2 lenguajes de programación el LADDER y BDF, pero eso depende de la referencia que tenga el PLC, para este caso nuestro PLC cuenta con un tipo de lenguaje LADDER también llamado lenguaje de contactos o escalera como usualmente se le suele conocer.

Para escoger este tipo de PCL, nos basamos en las entradas y salidas digitales que se tiene en el sistema, en este caso se cuenta con 3 entradas digitales: el pulsador de arranque, el pulsado de paro y el sensor inductivo; y tenemos 3 motores que son las salidas digitales en el sistema: el motor de la máquina, el motor de la bomba de aceite y el motor de avance del cabezal.

Una vez que se ha identificado las entradas y salidas del sistema, se utiliza el programa Zelio Soft para identificar el PLC correspondiente como se muestra en la tabla 20. A continuación, se mostrará el diseño del proceso de taladrado ya automatizado en el lenguaje ladder.

3.4.7 Simulación del proceso de perforado mediante Zelio Soft

Para poder entender la simulación se debe realizar un diagrama de movimientos del proceso de perforado, identificando las entradas y salidas digitales que se tienen: como entradas digitales se tienen (el pulsador de marcha, el pulsador de parada y el sensor inductivo), y como salidas digitales se tienen los motores (motor del cabezal multihusillo, motor de la bomba de aceite, motor de avance del multihusillo y el motor del retorno del multihusillo).

Ahora se procederá a explicar el proceso del sistema de perforado de bridas mediante el diagrama de movimientos:

- El sistema inicia con el pulsador de marcha (en este caso el S1), el cual activa a un temporizador con un tiempo de 10 segundos, pasado ese tiempo se activa el sistema de sujeción de bridas mediante el motor de la bomba de aceite (Q2) en el primer movimiento, este tiempo permite al operario colocar la pieza sobre el chuck hidráulico.
- Luego el sensor inductivo (S3) al detectar la pieza en su lugar, transmite una señal para poder activar a los otros dos motores tanto al motor del cabezal multihusillo (Q1), que contiene las cuatro brocas para el proceso de perforado, como para el motor de avance del multihusillo (Q3); mediante el husillo que tiene internamente la máquina procede a ser trasladado con dirección hacia la brida en un tiempo de 5 segundos, junto al cabezal multihusillo para proceder a perforar la pieza en un tiempo de 30 segundos.
- Después de que la pieza ha sido perforada, mediante un temporizador (T2) con un tiempo de 5 segundos se procede a desactivar al motor de avance del multihusillo y activa al motor del retorno del multihusillo (Q4) dándose de esta manera la inversión de giro y permitiendo regresar al husillo a su posición inicial, el motor del cabezal multihusillo (Q1) y el motor de la bomba de aceite (Q2) seguirán encendidas en el proceso.
- Ya para finalizar el diagrama de movimientos, se activará un temporizador (T3) con un tiempo de 10 segundos el cual desactivará a el motor de retorno del multihusillo (Q4) y al motor del cabezal multihusillo (Q2) para culminar el proceso del sistema del perforado, de

esta manera el chuck hidráulico dejará de sujetar la pieza dando fin al proceso de perforado de brida.

Tabla N° 24: Diagrama de movimientos del proceso de perforado

Movimientos	1	2	3	4	5
Q1		S3			
Q2					
Q3 – bajada	10 segundos	S3			
Q4 - subida			5 segundos	10 segundos	
S1					
S2					
S3					

Elaboración: propia

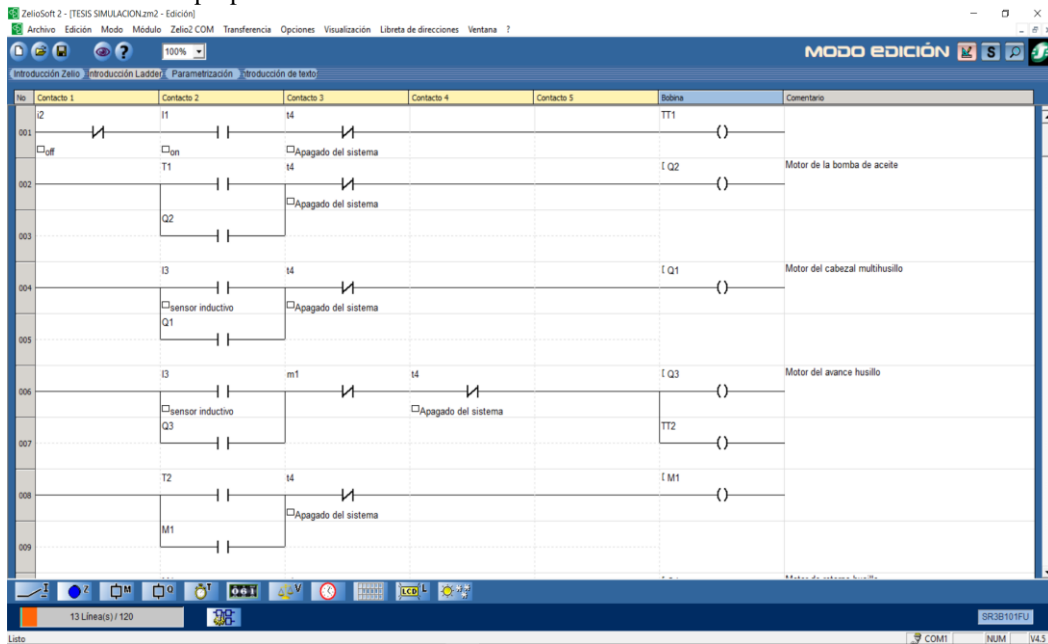


Figura N° 22: Diseño del sistema taladrado automatizado

Fuente: Zelio Soft

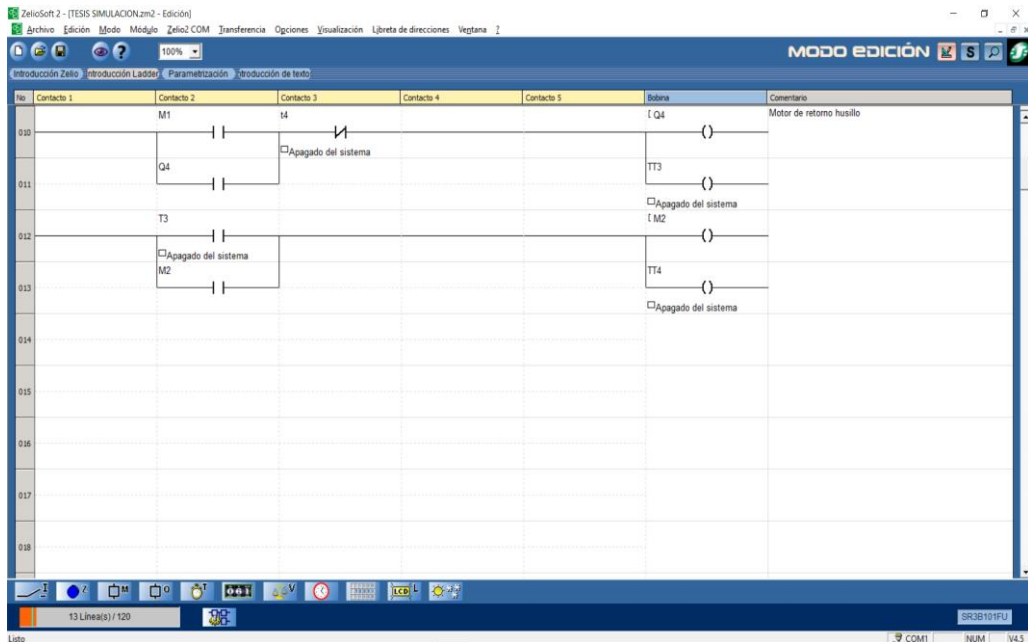


Figura N° 23: Continuación del sistema taladrado automatizado

Fuente: Zelio Soft

Tabla N° 25: Leyenda del diagrama de movimientos del proceso de perforado

Q1	Motor del cabezal multihusillo
Q2	Motor de la bomba de aceite
Q3	Motor de avance del multihusillo
Q4	Motor de retorno del multihusillo
S1	Pulsador de marcha
S2	Pulsador de parada
S3	Sensor inductivo
T1	Temporizador de demora en colocar la pieza
T2	Temporizador de retorno
T3	Temporizador de apagado de la máquina

3.4.8 Tablero de control

Para este punto se contará con un tablero de control de mando en donde el operador puede manipular los pulsadores y observar los focos de señalización, este tablero tendrá las siguientes medidas es una caja hermética, en donde se observa el pulsador de marcha y el pulsador de paro, además de también estar los focos de señalización que son de 220 voltios. Dentro del tablero de control están incorporados, el PLC, los relés térmicos, las llaves termo magnéticas, y el transformador de 220 a 12 voltios.

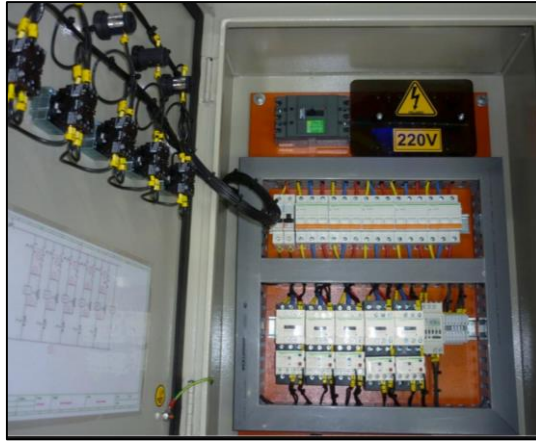


Figura N° 24: Tablero de control

3.4.9 Sistemas de transmisión del taladro de banco

3.4.9.1 Sistema de transmisión del motor del cabezal multihusillo

El sistema de transmisión que tiene la máquina, es mediante unas poleas de entrada como de salida y engranajes, estas poleas están unidas por una correa, la caja de engranajes que está montada dentro de la tapa de protección aloja a los engranajes impulsores del husillo junto con los elementos para el cambio de velocidades. La potencia se transmite a la caja de engranaje por medio de un eje y los elementos mencionadas anteriormente, de cualquier forma, el motor va colocado usualmente en la parte posterior de la columna para un mejor balance en el taladro de banco; intercambiando los niveles de las fajas en las poleas puede variar la velocidad específica para poder perforar a la pieza con el motor del cabezal multihusillo, para el sistema de perforado de las bridas. (Ver figura N° 25)

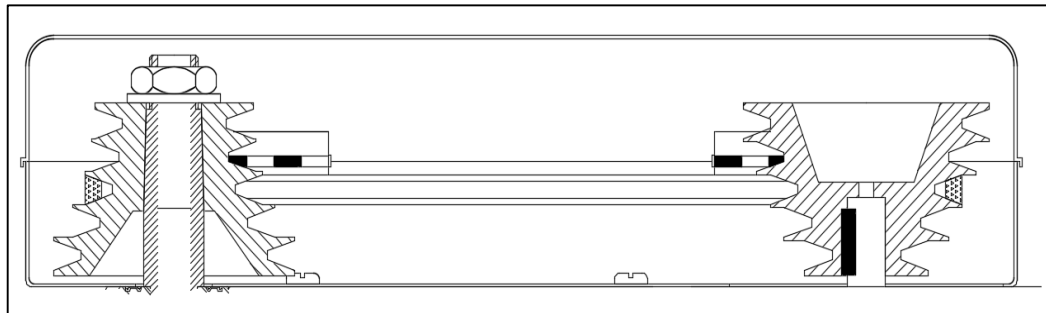


Figura N° 25: Sistema de transmisión del cabezal multihusillo

3.4.9.2 Sistema de transmisión del motor de avance

El sistema de transmisión del piñón-cremallera tiene por finalidad la transformación de un movimiento de rotación o circular que es realizado por el piñón, y la transformación de movimiento rectilíneo que realiza la cremallera, esta ranurado para poder deslizarse hacia arriba y hacia abajo a través de la caja de engranajes según se hace avanzar la broca se la retira. El piñón es una rueda dentada normalmente con forma cilíndrica que describe un movimiento de rotación alrededor de su eje. La cremallera es una pieza dentada que describe un movimiento rectilíneo que le permite ascender o descender según la rotación del piñón.

El mecanismo piñón-cremallera funciona como un engranaje simple, esto significa que tanto la cremallera como el piñón deben tener el mismo paso circular y rectilíneo para que le permita al husillo descender o ascender junto al cabezal multihusillo hacia la pieza, para este caso se ha colocado un motor con inversión de giro para hacer que el piñón-cremallera se active de forma automática sin tener la necesidad de operarla manualmente, esto hace que el piñón-cremallera baje rectilíneamente a perforar la pieza, luego para que retorne el piñón-cremallera pasado el tiempo del proceso de perforado, cabe resaltar que el motor con inversión de giro, permite al sistema de piñón- cremallera retornar a su posición inicial. (Ver figura N° 26)

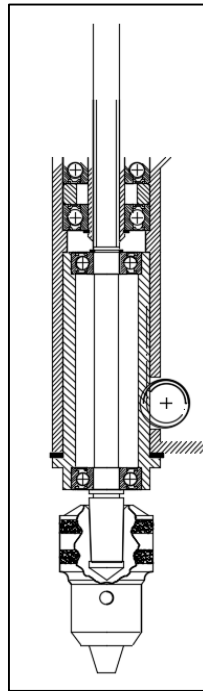


Figura N° 26: Sistema de transmisión de avance

Inicialmente el taladro de columna contaba con una manivela, esta manivela tenía un eje que estaba conectado al sistema de piñón – cremallera, de esta forma el husillo podía ascender y descender hacia la pieza conforme se esté moviendo la manivela manualmente. Ahora en lugar de la manivela se cuenta con un motor, este motor tiene un eje que estará conectado al sistema de piñón - cremallera, este eje de motor cumple el mismo funcionamiento que la manivela inicialmente, con la única diferencia que ahora ya no es necesario manipular manualmente al husillo para que ascienda o descienda hacia la pieza, es decir, el sensor inductivo cuando detecte a la pieza en su lugar, emitirá una señal al motor acoplado para que el husillo descienda hacia la pieza y un temporizador T3 hará que el husillo retorne a su posición inicial.

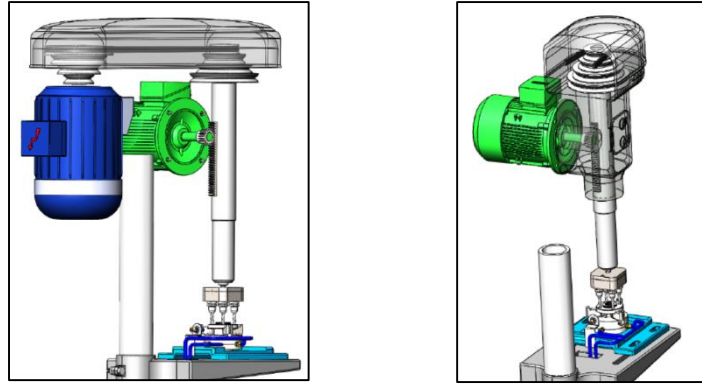


Figura N° 27: Vista interna y vista de sección del eje del motor con el piñón - cremallera

3.4.9.3 Sistema de transmisión del cabezal multihusillo

El husillo está equipado con un agujero cónico, en el agujero cónico se coloca el cabezal multihusillo para que luego perfora en un movimiento a los cuatro agujeros que tiene la pieza; el sistema de transmisión del cabezal multihusillo lo realiza el husillo que mediante la caja de engranajes hace que el husillo comience a girar, esto ocasiona que el cabezal multihusillo también comience a girar por estar unido al husillo, en la parte interna del cabezal multihusillo mediante un engranaje principal, hace que al conjunto de engranajes que tiene alrededor comiencen a girar, originando que las brocas que se observan por externamente del cabezal giren en un solo sentido, ocasionando que de esta manera se logre perforar a la pieza. (Ver figura N° 28)

Una vez que se ha explicado cómo funcionan los sistemas de transmisión que conforman a la máquina, en la figura N° 28 podrá ver el acabado final de la máquina con cada uno de sus componentes ensamblados.

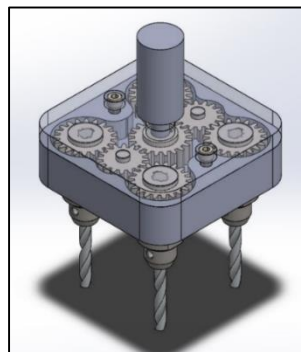


Figura N° 28: Vista interna del cabezal multihusillo

3.4.9.4 Sistema de transmisión del chuck hidráulico

La bomba de engranajes se compone de dos piñones dentados acoplados que da vueltas, con un cierto juego dentro de un cuerpo estanco. El piñón motriz esta enchavetado sobre el árbol de arrastre accionado generalmente por un motor eléctrico, las tuberías de aspiración y de salida van conectadas cada una, por un lado, sobre el cuerpo de la bomba.

A consecuencia del movimiento de rotación que el motor le provoca al eje motriz, este arrastra al engranaje respectivo el que a su vez provoca el giro de engranaje conducido (segundo engranaje). Con el movimiento de los engranajes, en la entrada de la bomba se originan presiones negativas; como el aceite que se encuentra en el depósito está a presión atmosférica, se produce una diferencia de presión, la que permite el traslado de fluido desde el depósito hacia la entrada de la bomba (movimiento del fluido). Así los engranajes comienzan a tomar aceite entre los dientes y a trasladarlo hacia la zona de descarga, por efecto del hermetismo de algunas zonas, el aceite queda impedido de retroceder y es obligado de circular en el sistema.

Una vez que el fluido es trasladado hacia la zona de descarga o puerto de salida, el aceite es conducido mediante la tubería que tiene el sistema hacia el sistema de ajuste (chuck hidráulico) para que las tres garras sujeten a la pieza, una vez que la pieza ha sido perforada el aceite retorna mediante el filtro de retorno para que las tres garras que tiene el chuck hidráulico dejen de sujetar a la pieza ya perforada y pueda ser retirada de la máquina.

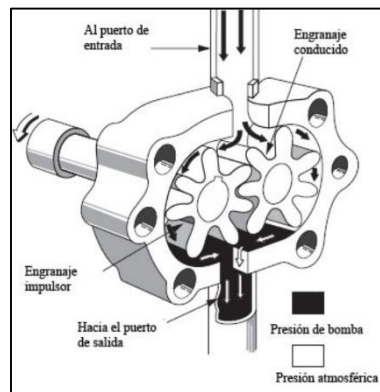


Figura N° 29: Vista interna de una bomba de engranajes

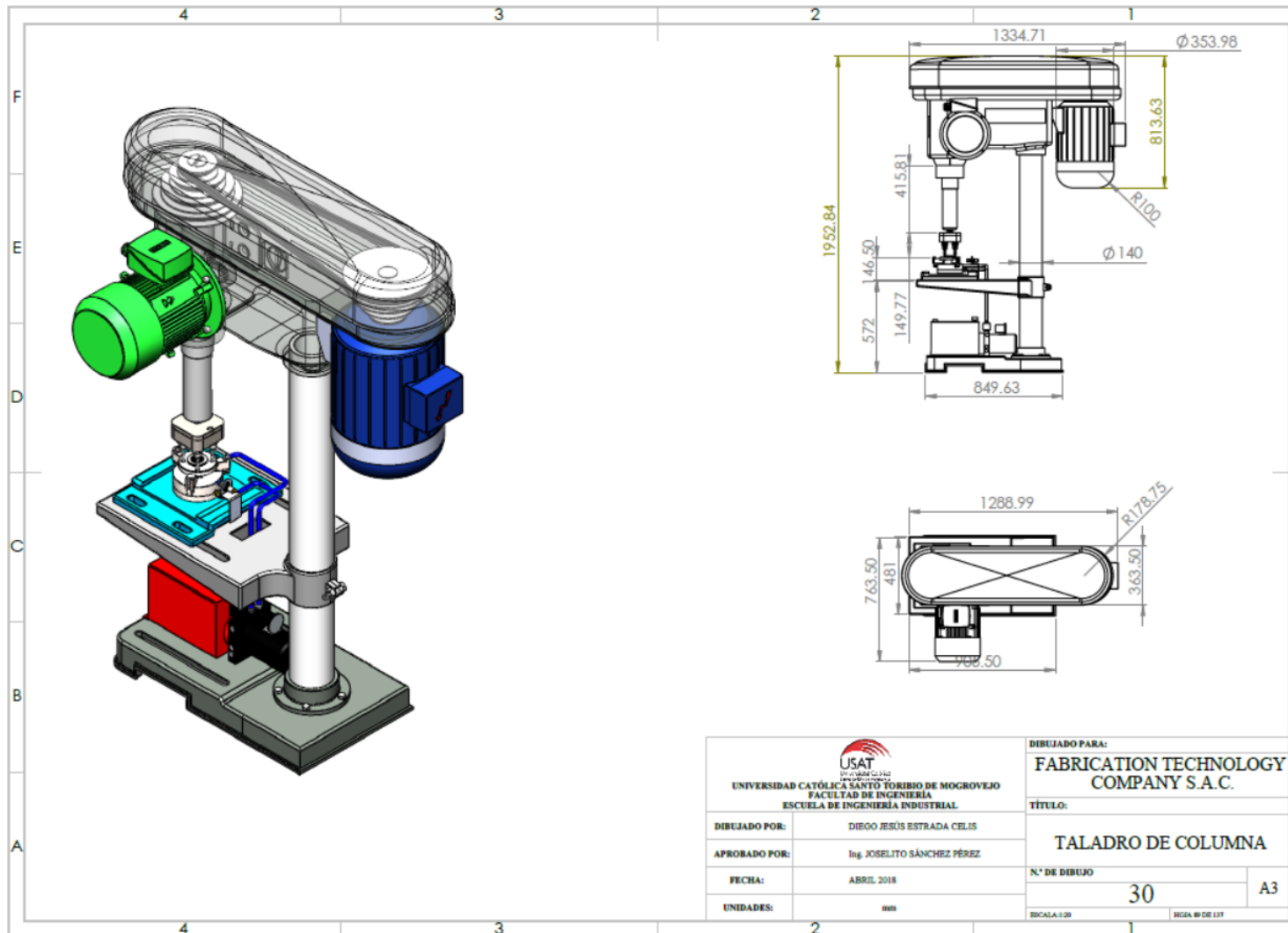
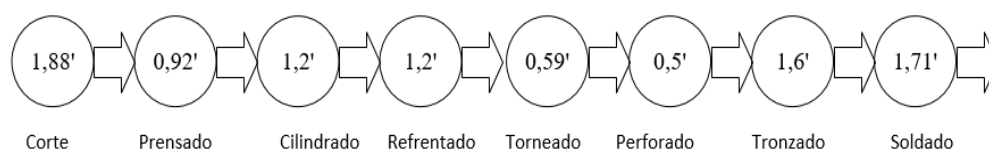


Figura N° 30: Máquina taladro de banco ensamblada

3.4.10 Nuevos Indicadores de Producción y Productividad

3.4.10.1 Producción



Actualmente la empresa labora en un turno por día, además este turno está dado por 8 horas y se trabaja 5 días a la semana. Como se puede observar en la línea de producción el proceso con mayor tiempo en la línea de producción es el proceso de taladrado ahora con un tiempo de 0,5 minutos que ya tiene incluida la mejora. (Ver anexo 11)

$$Producción = \frac{480 \text{ min/día}}{0,5 \text{ min/und}}$$

$$Producción = 960 \text{ und/día}$$

3.4.10.2 Eficiencia física

$$Eficiencia \text{ física} = \frac{(1,88 + 0,92 + 1,2 + 1,2 + 0,59 + 0,5 + 1,6 + 1,71) \text{ min}}{16,6 \text{ min}}$$

$$Eficiencia \text{ física} = 57,83 \%$$

La eficiencia física en la producción de bridas está determinada por los tiempos en las operaciones de la línea de producción, es decir, son los tiempos de las actividades que generan valor agregado entre los tiempos de las actividades que generan valor agregado más el tiempo que no generan valor agregado, el indicador anterior nos muestra que solo se está utilizando el 57,83% y el 42,17% restante representa la pérdida de los insumos a utilizar.

3.4.10.3 Eficiencia económica

El costo de producción de la brida es S/. 15,88 por unidad, el cual incluye los costos de materia prima, mano de obra y otros gastos que se utilizan (luz, agua, etc.). La brida es vendida al mercado a un precio de S/. 28 por unidad y la producción es 960 und.

$$Eficiencia \text{ económica} = \frac{960 \text{ und} \times 28 \text{ S./und}}{960 \text{ und} \times 15,88 \text{ S./und}}$$

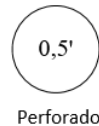
$$Eficiencia \text{ económica} = 1,76 \text{ soles}$$

La eficiencia económica muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada del producto por unidad por el valor de venta

en el mercado se divide entre el costo de fabricación del producto por la cantidad fabricada del producto por unidad, de manera que por cada S/1,00 invertido se obtiene una ganancia de S/. 0,76.

3.4.10.4 Cuello de botella

El cuello de botella está asignado por la producción más lenta para este producto el cuello de botella se encuentra en el proceso de taladrado con 0,5 minutos, el cual se logró determinar mediante observaciones del recorrido de la línea de proceso.



3.4.10.5 Capacidad de diseño o proyectada

$$\text{Capacidad diseñada} = 1000 \frac{\text{bridas}}{\text{turno}} \times \frac{1 \text{ turno}}{8 \text{ horas}} = 125 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}}$$

La capacidad diseñada del taladro de columna, es la capacidad máxima teórica que se puede obtener bajo condiciones ideales, tomando en cuenta la capacidad del taladro, siendo esta de 125 bridas/hora.

3.4.10.6 Capacidad efectiva o real

$$\text{Capacidad efectiva} = 960 \frac{\text{bridas}}{\text{turno}} \times \frac{1 \text{ turno}}{8 \text{ horas}} = 120 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}}$$

La capacidad efectiva del taladro de columna es la producción que la empresa espera alcanzar a través de la combinación de su producto, programación y estándares de calidad, siendo esta de 120 bridas/hora.

3.4.10.7 Capacidad ociosa

$$\text{Capacidad ociosa} = 125 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}} - 120 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}} = 5 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}}$$

La capacidad ociosa del taladro de columna es la diferencia entre la capacidad diseñada y la capacidad efectiva, siendo esta de 5 bridas/hora.

3.4.10.8 Capacidad utilizada

$$\text{Capacidad utilizada} = 120 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}} \div 125 \frac{\text{bridas}}{\text{hora}} = 0,96 \times 100\% = 96\%$$

La capacidad utilizada del taladro de columna como se puede apreciar en la formula aplicada es la división de la capacidad diseñada entre la capacidad efectiva, siendo esta el 96%.

En la Tabla N° 26, se muestran los tiempos generales estandarizados, a través de toma de tiempos. En la Tabla N° 27, se tiene un total de 15 actividades, conformadas por 6 operaciones propiamente dichas, 2 inspecciones, 5 transportes y 2 actividades de almacenamiento. Todas estas actividades se realizan en un tiempo de 19,39 minutos. Para lo cual se mostrará a continuación el porcentaje de actividades productivas e improductivas:

$$\% \text{ Actividades Productivas} = \frac{7,81 + 1,79}{14,6} \times 100 = 65,75 \%$$

Como se observa a través de la aplicación de la fórmula de obtención de actividades productivas, este procesamiento tiene 65,75% de productividad en sus operaciones.

$$\% \text{ Actividades Improductivas} = \frac{5}{14,6} \times 100 = 34,25 \%$$

Así mismo se obtiene 34,25 % de actividades improductivas, estos dos resultados en su combinación completan el 100% de actividades que se muestran en el diagrama de análisis de proceso.

3.4.10.10 Productividad de materia prima

Al obtener la producción de 960 bridas/día se tiene un peso correspondiente de 4 963,2 Kg, habría que indicar que cada brida pesa 5,17 Kg. Ahora para poder producir dicha cantidad diaria vamos a utilizar 14 planchas y el peso de la plancha es de 361,73 Kg, así mismo de cada plancha se puede conseguir 70 unidades, obteniendo como resultado la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad de materia prima} = \frac{960 \times 5,17}{14 \times 361,73} \times 100$$

$$\text{Productividad de materia prima} = 98,00\%$$

3.4.10.11 Productividad de mano de obra

La productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la producción diaria 960 unidades/día y el número de operarios en el proceso, dando como resultado 120 unidades/hora.

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{960 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}}{8 \frac{\text{hora}}{\text{día}}}$$

$$\text{Productividad de mano de obra} = 120 \frac{\text{unidades}}{\text{hora}}$$

3.4.11 Tabla Comparativa de Indicadores de Gestión

Tabla N° 28: Tabla comparativa de indicadores de Gestión

Indicador	Actual	Propuesta	Mejora		
Producción (und/día)	240	960	720	Aumentó	↑
Tiempo de ciclo (seg)	120	30	90	Reducción	↓
Productividad de m.p (%)	85,00	92,00	7	Aumentó	↑
Productividad de m.o (unid/operario*día)	30	120	90	Aumentó	↑
Eficiencia física (%)	61,32	57,83	3.49	Reducción	↓
Eficiencia económica	1,77	1,77	0	-	-

Analizando los datos de la tabla N° 28 se llegó a determinar que después de aplicarse las mejoras la productividad de materia prima incrementó en un 8% y la de mano de obra en un 75%.

$$\% \text{ Incremento de productividad de M.P} = \frac{92 - 85}{92} \times 100 = 8\%$$

$$\% \text{ Incremento de productividad de M.O} = \frac{120 - 30}{120} \times 100 = 75\%$$

3.5 MEJORA DE LAS CAUSAS DEL DIAGRAMA ISHIKAWA

3.5.1 Eliminación de productos defectuosos

Con el nuevo diseño del sistema automatizado del proceso de perforado, se eliminaron los productos defectuosos, ya que con el diseño propuesto las bridas serán perforadas correctamente por lo que no se tendrá productos defectuosos.

$$\% \text{ de Calidad} = \frac{\text{producto suministrado} - \text{producto defectuoso}}{\text{producto suministrado}}$$

$$\% \text{ de Calidad} = \frac{40620 - 0}{40620} \times 100\%$$

$$\% \text{ de Calidad} = 100\%$$

Esto quiere indicar que el 100% representa la calidad de las bridas y carretos, por lo que se puede llegar a comprender que no habrá productos defectuosos.

3.5.2 Eliminación de productos a reprocesar

De la misma manera pasa con los productos a reprocesar, como se elaborarán productos buenos a la primera no se tendrá costo de reproceso, de esta manera la empresa se evitará gastar el dinero en unidades reprocesadas.

$$FTT = \frac{N^{\circ} \text{ total de piezas producidas} - N^{\circ} \text{ de piezas reprocesadas}}{N^{\circ} \text{ total de piezas producidas}}$$

$$FTT = \frac{4\,500 - 4\,500}{4\,500}$$

$$FTT = 0 = 0\%$$

Tanto los valores que se obtienen en la eliminación de productos defectuosos y la eliminación de productos a reprocesar son del 0%, debido a que el operario ya no tiene mucha intervención dentro del proceso de perforado, ya que de esta manera no se genera productos defectuosos y se evita reprocesos de las piezas debido a que el proceso de perforado ya se encuentra automatizado.

3.5.3 Utilización de la máquina

Una vez hallado el nuevo diagrama hombre – máquina también se utilizará en este caso para aplicar la fórmula de la utilización de la maquina obteniendo como resultado la siguiente ecuación:

$$\text{Utilización de la máquina} = \frac{32}{45} * 100\% = 71,11\%$$

3.5.4 Saturación del operario

Diagrama N°03: Diagrama Hombre – Máquina proceso de taladrado

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA					
EMPRESA:	FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY S.A.C				
DIAGRAMADOR:	Diego Estrada Celis				
OPERACIÓN:	Perforado				
MAQUINA:	Taladro de banco				
CICLO:	45 segundos	FECHA:			
TIEMPO EN SEGUNDOS	HOMBRE			MAQUINA (TALADRO DE BANCO)	
5	Coge el material	x	ociosa		
2	Coloca la pieza debajo de la broca	x	ociosa		
3	Se ajusta la pieza automáticamente	x	ociosa	x	
30	Inicia el proceso de perforado	x	opera	x	
2	Automáticamente se desactiva el proceso de perforado	x	opera	x	
3	Retira la pieza perforada	x	ociosa		
45					

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C

Para poder revisar esta causa, se hará uso del diagrama hombre – máquina presentado anteriormente, para poder observar en cuanto se ha llegado a disminuir la saturación del operario.

$$\text{Saturación del operario} = \frac{13}{45} * 100\% = 28,89\%$$

Como se puede observar en el cuadro comparativo de los indicadores, antes se contaba con una saturación del operario del 35,14% y aplicando la mejora se ha llegado a disminuir en 28,89% esa saturación, es decir aplicando la mejora se tiene un 6,25% de la saturación del operario.

3.5.5 Tabla comparativa de los indicadores del diagnóstico de la empresa

Tabla N° 29: Tabla comparativa de los indicadores del diagnóstico de la empresa

CUADRO COMPARATIVO DEL AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY SAC					
CRITERIO	CAUSA	INDICADOR	EN DIAGNOSTICO	EN DESARROLLO	EXPLICACIONES
Máquina y equipo	Bajo porcentaje de utilización	$\text{Utilizacion de la máquina} = \frac{\text{Tiempo del operario que añade valor al producto}}{\text{tiempo de ciclo total}}$	64,86%	71,11%	Se puede percibir que la utilización de la máquina ha aumentado en la mejora.
Métodos	Reproceso de las piezas	$FTT = \frac{N^{\circ} \text{ total de piezas producidas} - N^{\circ} \text{ de piezas reprocesadas}}{N^{\circ} \text{ total de piezas producidas}}$	83%	0%	Se puede apreciar que el reproceso de las piezas ha disminuido en la mejora con respecto al diagnóstico.
	Generación de productos defectuosos	$\% \text{ de calidad} = \frac{\text{producto suministrado} - \text{producto defectuoso}}{\text{producto suministrado}}$	83,14%	100%	Se puede observar que el porcentaje de calidad de las piezas ha aumentado en la mejora.
Mano de obra	Saturación del operario	$\text{Saturación del operario} = \frac{\text{Cantidad de tiempo que el operario añade valor}}{\text{tiempo de ciclo total}}$	35,14%	28,89%	Se puede observar que la saturación del operario ha disminuido en la mejora.

3.6 ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

El último objetivo de la presente propuesta de mejora es el análisis del costo-beneficio, con dicha mejora se obtuvo un incremento en la productividad con lo que respecta al proceso de perforado de bridas, por lo que no se debe dejar de lado el costo de la inversión que implica el desarrollo del diseño automatizado en el proceso de perforado.

3.6.1 Pronóstico de la demanda

Para poder desarrollar satisfactoriamente el análisis del costo - beneficio aplicando las mejoras realizadas al proceso de perforado, es necesario pronosticar la demanda utilizando los datos históricos de la empresa de los últimos 3 años. Para el pronóstico de la demanda que se presentan en las tablas N° 30, N° 31, N° 32, N° 33 y N° 34; se utilizó un modelo variación cíclica de, debido a que el producto en el mercado tiene un comportamiento variable en el tiempo dentro del mercado.

Tabla N° 30: Pronóstico de la demanda del año 2018

Mes	Datos Históricos			Promedio de la demanda (und)	%	Pronóstico 2018 (und)
	2015 (und)	2016 (und)	2017 (und)			
Enero	4 165	4 500	4 065	4 243	0,077	4 571
Febrero	4 500	4 760	4 262	4 507	0,082	4 877
Marzo	4 678	4 760	4 481	4 640	0,084	5 031
Abril	4 890	5 060	4 626	4 859	0,088	5 288
Mayo	4 400	4 702	4 281	4 461	0,081	4 823
Junio	4 657	5 408	4 391	4 819	0,088	5 241
Julio	4 862	4 509	4 007	4 459	0,081	4 821
Agosto	4 550	4 041	4 028	4 206	0,076	4 528
Setiembre	5 210	4 034	4 862	4 702	0,085	5 104
Octubre	5 100	4 380	4 444	4 641	0,084	5 033
Noviembre	5 340	5 186	4 823	5 116	0,093	5 592
Diciembre	4 690	4 248	4 093	4 344	0,079	4 687
TOTAL	57 042	55 585	52 363	54 997		59 594

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31: Pronóstico de la demanda del año 2019

Mes	Datos Históricos			Promedio de la demanda (und)	%	Pronóstico 2019 (und)
	2016 (und)	2017 (und)	2018 (und)			
Enero	4 500	4 065	4 571	4 379	0,078	4 722
Febrero	4 760	4 262	4 877	4 633	0,083	5 017
Marzo	4 760	4 481	5 031	4 757	0,085	5 163
Abril	5 060	4 626	5 288	4 991	0,089	5 437
Mayo	4 702	4 281	4 823	4 602	0,082	4 981
Junio	5 408	4 391	5 241	5 013	0,090	5 463
Julio	4 509	4 007	4 821	4 445	0,080	4 799
Agosto	4 041	4 028	4 528	4 199	0,075	4 514
Setiembre	4 034	4 862	5 104	4 666	0,084	5 056
Octubre	4 380	4 444	5 033	4 619	0,083	5 001
Noviembre	5 186	4 823	5 592	5 200	0,093	5 684
Diciembre	4 248	4 093	4 687	4 343	0,078	4 680
TOTAL	55 585	52 363	59 594	55 847		60 519

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32: Pronóstico de la demanda del año 2020

Mes	Datos Históricos			Promedio de la demanda (und)	%	Pronóstico 2020 (und)
	2017 (und)	2018 (und)	2019 (und)			
Enero	4 065	4 571	4 722	4 453	0,077	4 797
Febrero	4 262	4 877	5 017	4 719	0,082	5 106
Marzo	4 481	5 031	5 163	4 892	0,085	5 308
Abril	4 626	5 288	5 437	5 117	0,089	5 572
Mayo	4 281	4 823	4 981	4 695	0,082	5 078
Junio	4 391	5 241	5 463	5 032	0,088	5 472
Julio	4 007	4 821	4 799	4 542	0,079	4 901
Agosto	4 028	4 528	4 514	4 357	0,076	4 687
Setiembre	4 862	5 104	5 056	5 007	0,087	5 444
Octubre	4 444	5 033	5 001	4 826	0,084	5 231
Noviembre	4 823	5 592	5 684	5 366	0,093	5 867
Diciembre	4 093	4 687	4 680	4 487	0,078	4 837
TOTAL	52 363	59 594	60 519	57 492		62 301

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33: Pronóstico de la demanda del año 2021

Mes	Datos Históricos			Promedio de la demanda (und)	%	Pronóstico 2021 (und)
	2018 (und)	2019 (und)	2020 (und)			
Enero	4 571	4 722	4 797	4 697	0,077	5 059
Febrero	4 877	5 017	5 106	5 000	0,082	5 411
Marzo	5 031	5 163	5 308	5 167	0,085	5 606
Abril	5 288	5 437	5 572	5 432	0,089	5 918
Mayo	4 823	4 981	5 078	4 961	0,082	5 366
Junio	5 241	5 463	5 472	5 392	0,089	5 870
Julio	4 821	4 799	4 901	4 840	0,080	5 226
Agosto	4 528	4 514	4 687	4 576	0,075	4 921
Setiembre	5 104	5 056	5 444	5 201	0,086	5 646
Octubre	5 033	5 001	5 231	5 088	0,084	5 514
Noviembre	5 592	5 684	5 867	5 715	0,094	6 252
Diciembre	4 687	4 680	4 837	4 735	0,078	5 103
TOTAL	59 594	60 519	62 300	60 804		65 892

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 34: Pronóstico de la demanda del año 2022

Mes	Datos Históricos			Promedio de la demanda (und)	%	Pronóstico 2022 (und)
	2019 (und)	2020 (und)	2021 (und)			
Enero	4 722	4 797	5 059	4 860	0,077	5 235
Febrero	5 017	5 106	5 411	5 178	0,082	5 604
Marzo	5 163	5 308	5 606	5 359	0,085	5 815
Abril	5 437	5 572	5 918	5 642	0,090	6 149
Mayo	4 981	5 078	5 366	5 142	0,082	5 562
Junio	5 463	5 472	5 870	5 602	0,089	6 100
Julio	4 799	4 901	5 226	4 975	0,079	5 369
Agosto	4 514	4 687	4 921	4 707	0,075	5 060
Setiembre	5 056	5 444	5 646	5 382	0,086	5 842
Octubre	5 001	5 231	5 514	5 249	0,083	5 686
Noviembre	5 684	5 867	6 252	5 934	0,094	6 495
Diciembre	4 680	4 837	5 103	4 873	0,077	5 251
TOTAL	60 519	62 300	65 892	62 904		68 169

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Beneficio de la propuesta

Al aumentar la productividad del perforado de bridas, también se nota el aumento de la producción de bridas llegando a satisfacer las ventas requeridas que el mercado le solicita; a continuación, se presentará el beneficio económico por ventas en donde se obtiene un ingreso total de S/. 6 952 559,73 nuevos soles.

Tabla N° 35: Beneficio económico por ventas

Año	Demanda Proyectada (und)	Demanda Satisfecha (und)	Precio de venta (S/.)	Ingreso Total (S/.)
2018	59 594	59 594	28,00	1 668 632,96
2019	60 519	60 519	28,00	1 694 527,43
2020	62 301	62 301	28,00	1 744 422,23
2021	65 892	65 892	28,00	1 844 977,11
2022	68 169	68 169	28,00	1 908 732,78
TOTAL				6 952 559,73

Fuente: Elaboración propia

3.6.3 Costo de la propuesta

Para la realización de la propuesta de mejora, es necesario invertir económicamente una determinada cantidad de dinero, esto se debe a la suma de costos de los siguientes aspectos que se pasaran a detallar mediante las siguientes tablas:

Tabla N° 36: Equipos de protección personal, herramientas y equipos

Elemento	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
Equipos de protección personal				
Orejas 3M	Unidad	1	31,50	31,50
Botas de seguridad Dewalt	Pares	1	99,90	99,90
Guantes Aulektro	Pares	1	19,90	19,90
Herramientas				
Botiquín implementado	Unidad	1	200,00	200,00
Papel para documentación	Millar	1	30,00	30,00
Equipos a implementar				
PLC SR2A101FU	Unidad	1	990,00	990,00
Motor trifásico	Unidad	3	1 200,00	3 600,00
Llave termo magnética GV2LE08	Unidad	1	213,00	213,00

Contactador LC1D09B7	Unidad	6	104,00	624,00
Chuck Hidráulico de 6" x 3 mordazas	Unidad	1	3 500,00	3 500,00
Relé térmico LRD-08	Unidad	3	157,00	471,00
Sensor inductivo XS618B1PAL2	Unidad	1	286,10	286,10
Pulsador rojo XB4BW34B5	Unidad	1	96,30	96,30
Pulsador verde XB4BW33B5	Unidad	1	96,30	96,30
Pulsador de emergencia XB5AT842	Unidad	1	80,40	80,40
Brocas helicoidales de Titanio HSS	Unidad	4	46,64	186,56
TOTAL				10 524,96

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, habiendo hallado los equipos de protección personal, herramientas y equipos a implementar que se requieren para la mejora en el proceso de perforado, se puede apreciar en la tabla N° 36 el monto total de S/. 10 524,96.

Tabla N° 37: Inversión total de la mejora

Descripción	Inversión (S/.)
Inversión tangible	
Equipo de protección personal, herramientas y equipos a implementar	10 524,96
Total Inversión tangible	10 524,96
Inversión intangible	
Mano de obra e instalación	2 000,00
Otros gastos	350,00
Instructivo de maquinaria	300,00
Total Inversión intangible	2 650,00
TOTAL	13 174,96

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan los costos tangibles e intangibles, se determinó la inversión total para la propuesta de mejora, la cual se observa en la tabla N° 37. La suma de la inversión tangible más la inversión intangible y el 5% de imprevistos propuesto da un resultado de S/. 13 174,96

Tabla N° 38: Costo variable unitario

Materiales e insumos	Unidad de compra	Precio unitario (S/.)	Monto por unidad (S/und)
Materiales directos			
Plancha de acero	unidad	835,00	6,42
Tubo negro	unidad	35,00	2,06
Tanque de oxígeno	galón	70,00	0,54
Tanque de gas	galón	11,60	0,09
Alambre	unidad	90,00	0,23
Pintura	unidad	70,00	0,18
Escargol	unidad	200,00	0,20
Materiales indirectos			
Sacos	unidad	70,00	0,04
Refrigerante mecanizado	unidad	150,00	0,08
Cinta	unidad	20,00	0,01
COSTO VARIABLE TOTAL			9,83

Fuente: Elaboración propia

Después de haber hallado el costo en la inversión total de la mejora, se determinó el costo variable por unitario del producto estudiado para el proceso de perforado, considerando los materiales e insumos directos e indirectos, dando un total de S/. 9,83. (Ver tabla N° 38)

Tabla N° 39: Costo de materiales de la demanda

Año	Cantidad (und)	Costo variable unitario (S/.)	Total (S/.)
2018	59 594	9,83	585 647,56
2019	60 519	9,83	594 735,86
2020	62 301	9,83	612 247,66
2021	65 892	9,83	647 539,86
2022	68 169	9,83	669 916,47

Fuente: Elaboración propia

También se calculó el costo de materiales de la demanda, se utilizó las cantidades totales que se obtuvieron en las proyecciones de la demanda, luego estas cantidades se multiplican por el costo variable unitario, y finalmente se obtiene el costo de materiales de la demanda total correspondiente a cada año proyectado.

Tabla N° 40: Costo indirecto de fabricación

	Costo mensual (S/.)	Costo Anual (S/.)
Luz	300,00	3 600,00
Teléfono, internet	150,00	1 800,00
Agua	30,00	360,00
Otros gastos	100,00	1 200,00
TOTAL		6 960,00

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con respecto a los costos indirectos de fabricación, se creyó conveniente considerar la energía utilizada que requiere la máquina para el proceso de perforado, el teléfono e internet que se utilizan para los documentos de oficina, el agua que se requiere para la limpieza del proceso y otros gastos que se puedan tener dentro de la empresa con un monto total de S/. 6 960.

3.6.4 Flujo de caja de la propuesta

Por último, se tiene el flujo de caja; en el cuál se especifican los ingresos y egresos de dinero durante los cinco años proyectados de la empresa bajo condiciones de la propuesta de mejora, para ellos se hallan el van de ingreso y el van de egreso contando con una tasa referencial del 7%, teniendo como resultado que por cada sol invertido se obtiene 1 sol con 55 céntimos. El Valor Neto Actual es de S/ 2 242 014,94 monto que representa las utilidades de los cinco años proyectados en el año cero, es decir en un valor actual.

Tabla N° 41: Flujo de caja de la propuesta

Concepto /año	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS						
Total de ingresos (S./)	13 174,96	2 391 501,227	2 428 610,835	2 500 117,052	2 644 236,017	2 742 904,856
Ingresos (S./)		1 668 627,818	1 694 520,394	1 744 412,596	1 844 969,062	1 913 813,505
Margen de contribución (S./)	12,13	722 873,4085	734 090,4419	755 704,4566	799 266,9544	829 091,3507
EGRESOS						
Total de egresos (S./)	13 174,96	1 540 960,83	1 650 061,45	1 582 246,79	1 739 024,02	1 668 213,08
Costo de producción (S./)	15,88	946 353,27	1 046 365,59	961 039,13	1 082 524,16	989 336,61
Costo materia prima (S./)	9,83	585 647,56	594 735,86	612 247,66	647 539,86	669 916,47
Costo mano de obra directa (S./)		2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00
CIF (S./)		6 960,00	6 960,00	6 960,00	6 960,00	6 960,00

Utilidad Operativa (S./)	13 174,96	722,279,7 0	648,161,8 4	783,383,1 0	762,452,9 5	919,396,1 7
Impuestos (28%)		S/ 202 238,32	S/ 181 485,32	S/ 219 347,27	S/ 213 486,83	S/ 257 430,93
FCE (S./)		520 041,38	466 676,53	564 035,83	548 966,12	661 965,24
Préstamo (S./)	- 13 174,96	-13 174,96				
Caja acumulada (S./)		506 866,42	973 542,95	1 537 578,78	2 086 544,90	2 748 510,15

Fuente: Elaboración propia

VAN (S./)	2 231 655,32	VAN ingreso (S./)	10 374 506,29
Beneficio / Costo (S./)	1,55	VAN egreso (S./)	6 702 243,50
Tasa referencial	7%		

3.6.5 Tiempo de recuperación

Para hallar el tiempo de recuperación de la propuesta, se procede a colocar los datos FCE obtenidos en el flujo de caja mostrado anteriormente, luego se halla el acumulado del FCE y finalmente mediante una ecuación se calcula el tiempo de recuperación, la inversión que se realice en este proyecto se podrá recuperar en 1 año con 12 meses y 26 días.

Tabla N° 42: Tiempo de recuperación de la propuesta

Año	0	1	2	3
FCE	- 13 174,96	520 041,38	466 676,53	564 035,83
Acumulado	- 13 174,96	506 866,42	973 542,95	1 537 578,78
Año	4	5		
FCE	548 966,12	661 965,24		
Acumulado	2 086 544,90	2 748 510,15		

Fuente: Elaboración propia

$$1 \text{ año} - S/ 564 035,683$$

$$x \text{ año} - S/ 506 866,42$$

$$x = 0,89864 \text{ años}$$

$$x = 1 \text{ año}$$

$$x = 1 \text{ año} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}$$

$$x = 12 \text{ meses}$$

$$x = \frac{26 \text{ día}}{1 \text{ mes}} \times (12 \text{ mes} - 10)$$

$$x = 26 \text{ días}$$

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Al realizarse el diagnóstico del proceso de perforado actual que tiene la empresa FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY SAC, se identificó que el principal problema es la baja productividad en el proceso de perforado por la carencia de un sistema automatizado. Las causas de dicho problema son, la saturación del operario, el reproceso de las piezas, el bajo porcentaje de utilización de la máquina y la generación de productos defectuosos. Así también, la empresa tiene una pérdida 422 016,62 nuevos soles.
- La propuesta de mejora se basó en un diseño de un sistema automatizado para mejorar la productividad. Se diseñó el cabezal multihusillo con su sistema de transmisión correspondiente para reducir el tiempo de proceso del perforado que es el cuello de botella, se colocó un chuck hidráulico con su sistema de transmisión debido para que de esta manera se cuente con un sistema de ajuste para la pieza a perforar, y se diseñó el avance del husillo automático de igual forma con su sistema de transmisión para que el operario no intervenga en el proceso. Todos estos componentes fueron ensamblados en la máquina de taladro de columna como parte final de la propuesta. Con esto se logró un incremento de la productividad de materia prima en un 8 % y la de mano de obra en un 75 %.
- Mediante la simulación en tiempo real del sistema de control automático propuesto para el proceso de perforado a través del software Zelio Soft, se comprobó que el sistema es capaz de trabajar con el nuevo tiempo del proceso de perforado, también se comprobó que es de gran utilidad y de simple manipulación para el personal de la empresa.
- Finalmente, el beneficio que se obtiene mediante la propuesta es de 6 952 559,73 nuevos soles. Al realizar el costo-beneficio de la investigación se tiene que por cada sol invertido se generará una ganancia de S/. 0,55 céntimos. La inversión de este proyecto es de S/. 13 174,96 nuevos soles que se recuperará en un año con doce meses y 26 días aproximadamente.

4.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar las mejoras que se propongan en este trabajo de investigación, como ya se ha logrado observar en los cálculos que se han hallado con la mejora del tiempo de proceso hay un incremento notorio de la producción.
- Tomar en consideración realizar la propuesta de diseño, debido que llega a reducir el cuello de botella, incrementa la productividad, y así poder atender una mayor demanda.
- La empresa deberá tener en cuenta de capacitar a los operarios que lleguen a manipular la máquina, para no ocasionarle algún desperfecto o daño.
- La empresa debería tener en cuenta realizar un plan de mantenimiento preventivo, que permita la disminución de paradas no programadas, además de capacitar a los operarios para la manipulación de la máquina.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB Perú. 2002. Consultado: 8 de Septiembre del 2015. Disponible en: <http://www,abb,com,pe/cawp/peabb002/4b2eb3711873777fc125748800784083,aspx>
- Anderson, David R, et al. 2011. Métodos cuantitativos para los negocios 11ª ed. México.
- Arias, Angélica. 2011. Automatización del proceso de perforación de circuitos impresos para optimizar tiempos de producción en la empresa KREATECH LTDA. Consultado: 8 de Septiembre del 2015. Disponible en: repo,uta,edu,ec/bitstream/123456789/414/2/Tesis_t630ec,pdf
- Arroba, Diego. 2015. Diseño e implementación de un sistema de control automático de petróleo, agua y gas, mediante un PLC y visualización en una HMI, para la empresa SERTECPET S.A. Consultado: 8 de Septiembre del 2015. Disponible en: <http://repositorio,espe,edu,ec/handle/21000/10122>
- Arroyo, Maximiliano. 2010. Apuntes de estudio: Organización de plantas. Consultado: 30 de Mayo del 2017. Disponible en: <https://issuu,com/maxarroyo/docs/plantasindustriales>
- Bavaresco, Guillermo. 2009. Taladradora. Consultado: 8 de Septiembre del 2015. Disponible en: <http://gabpingenieria,weebly,com/uploads/2/0/1/6/20162823/taladradora,pdf>
- Calle, Carrión. 2014. Ingeniería básica y de detalle de un sistema automatizado de corte regulable en las palanquillas importadas de la empresa acerías nacionales del Ecuador ANDEC S,A, ubicada en Guayaquil. Consultado: 10 de Septiembre del 2015. Disponible en: <https://repositorio,espe,edu,ec/bitstream/21000/9624/1/AC-MEC-ESPE-048154,pdf>
- Canto, Carlos. 2011. Automatización: conceptos generales. Consultado: 8 de Septiembre del 2015. Disponible en: http://galia,fc,uaslp,mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/3_AUTOMATIZACION_GENERAL,PDF
- Duque, Jovanny. 2007. Guía de estudio de asignatura: Electrohidráulica. Consultado: 20 de Febrero del 2018. Disponible en: <https://issuu,com/wilbort/docs/name097204>
- Escalante Vázquez, J. 2005. Seis – Sigma: metodología y técnicas, Ed, Limusa, México
- FACUSA: Stainless Steel. Consultado: 18 de Octubre del 2015. Disponible en: <http://www,facusa,com,pe/empresas/>

- Garavito, Julio. 2007. Escuela Colombiana de Ingeniería: Torno Protocolo curso de manufactura. Consultado: 18 de Octubre del 2015. Disponible en: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/3474_torno.pdf
- García, Criollo. 2005. Estudio del Trabajo, Mc Graw Hill Interamericana.
- Gervasi, Oscar. 2010. Apuntes de estudio: Ingeniería de métodos. Consultado: 19 de Octubre del 2015. Disponible en: http://issuu.com/oscarvgervasi/docs/ingenier_a_de_m_todos
- Giménez, Jorge. 2003. Sistemas Automatizados: Vida para las empresas. Consultado: 23 de Octubre del 2015. Disponible en: <http://www.logisticamx,enfasis.com/notas/3671-sistemas-automatizados-vida-las-empresas>
- Hernández Dávila, Daniel. 2010. La reingeniería en el diseño mecánico, estructuras mecano soldadas y reciclaje de autopartes para la construcción de una máquina herramienta taladradora de piso, Instituto politécnico nacional.
- Piedrafita, Ramón. 2004. Ingeniería de la Automatización Industrial, Segunda edición ampliada y actualizada,
- Proaño, Roberto. 2012. Diseño e implementación de un sistema de automatización y control de un caldero industrial de vapor saturado para Construcciones Mecánicas S,A. Consultado: 12 de Septiembre del 2015. Disponible en: <http://repositorio,espe.edu,ec/handle/21000/5653>
- Ricardo. 2011. Máquina herramienta prensa. Consultado: 1 de Noviembre del 2015. Disponible en: <https://www.scribd.com/doc/63385519/MAQUINA-HERRAMIENTA-PRENSA>
- Schneider Electric, 2015, Lista de precio 2015.
- Sistema de automatización de procesos. Consultado: 6 de Noviembre del 2015. Disponible en: http://www,schneiderelectric,com,mx/documents/solutions/solution/PLANTSTRUXURE_SCHC208,pdf
- Rueda, Carlos. 2010. Automatización Industrial: áreas para la aplicación para ingeniería. Consultado: 6 de Noviembre del 2015. Disponible en: http://www,tec,url,edu,gt/boletin/URL_10_MEC01,pdf
- Vázquez D, Javier. 2013. Indicadores de evaluación de la implementación del lean manufacturing en la industria. Consultado: 12 de Abril del 2017. Disponible en: <https://uvadoc,uva,es/bitstream/10324/6470/1/TFM-P-107,pdf>
- Vázquez López, Virgilio. 2005. Ingeniería de control. Consultado: 16 de Junio del 2017. Disponible en: homepage.cem.itesm.mx/vlopez/notas%20I,pdf

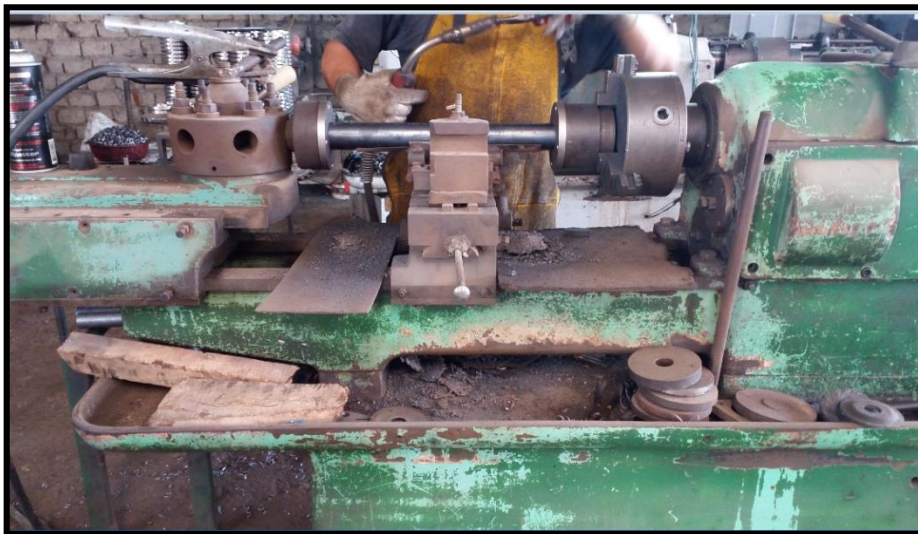
- Zurita, José, 2014. Diseño e implementación de una maquina automática clasificadora de objetos según su color detectado mediante un sensor de color y clasificado por un brazo robótico. Consultado: 8 de Noviembre del 2015. Disponible en: <https://repositorio,espe,edu,ec/bitstream/21000/7342/2/T-ESPEL-ENI-0313-P.pdf>

VI. ANEXOS

Anexo N° 1: Torno Revolver



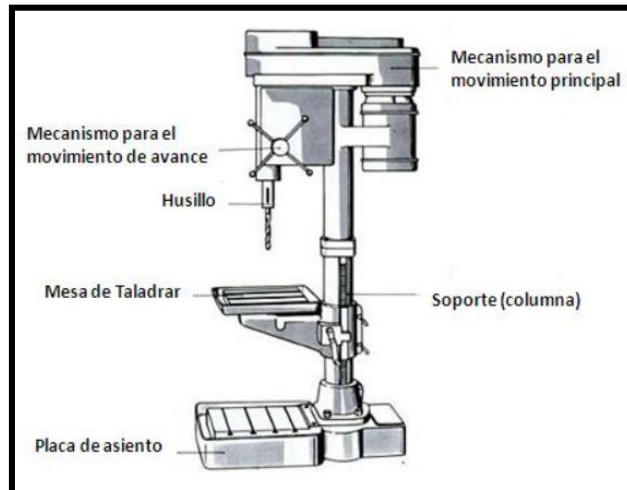
Anexo N° 2: Torno Paralelo



Anexo N° 3: Prensadora



Anexo N° 4: Partes de máquina taladradora



Anexo N° 5: Brida Defectuosa y Rodamiento



Anexo N° 6: Catalina sobre una brida



Anexo N° 7: Catalina



Anexo N° 8: Datos para generación del indicador % de calidad

AÑO	MES	PRODUCCION DE CARRETO	CARRETOS DEFECTUOSOS	PRODUCCION REAL
2016	Enero	3 415	548	2 867
	Febrero	3 340	586	2 754
	Marzo	3 400	578	2 822
	Abril	3 445	577	2 869
	Mayo	3 275	589	2 687
	Junio	3 435	574	2 861
	Julio	3 320	589	2 732
	Agosto	3 420	597	2 824
	Septiembre	3 320	513	2 808
	Octubre	3 435	508	2 927
	Noviembre	3 385	527	2 859
	Diciembre	3 430	559	2 872
TOTAL		40 620	6 742	33 879

Anexo N° 9: Datos para la generación de la productividad de mano de obra

AÑO	MES	PRODUCCION REAL (und)	PRODUCTIVIDAD DE MO (und/h)	PRODUCTIVIDAD DE MO (und/día)	MES (días/mes)	JORNADA (h/día)
2016	Enero	2 867	14	110	26	8
	Febrero	2 754	13	106	26	8
	Marzo	2 822	14	109	26	8
	Abril	2 869	14	110	26	8
	Mayo	2 687	13	103	26	8
	Junio	2 861	14	110	26	8
	Julio	2 732	13	105	26	8
	Agosto	2 824	14	109	26	8
	Septiembre	2 808	13	108	26	8
	Octubre	2 927	14	113	26	8
	Noviembre	2 859	14	110	26	8
	Diciembre	2 872	14	110	26	8

Anexo N° 10: Número de observaciones para la toma de tiempos en el proceso de perforado actual

N° de observaciones	Tiempos (minutos)
1	1,95
2	2,02
3	2,00
4	1,97
5	2,03
6	2,00
7	2,02
8	2,03
9	2,00
10	1,98
PROMEDIO	2,00

Anexo N° 11: Número de observaciones para la toma de tiempos en el proceso de perforado mejorado


N° de observaciones	Tiempos (minutos)
1	0,45
2	0,52
3	0,50
4	0,47
5	0,53
6	0,50
7	0,52
8	0,53
9	0,50
10	0,52
PROMEDIO	0,50

Anexo N° 12: Ficha técnica broca HSS

Identificador de producto del fabricante	10502599
Peso del producto	9,07 g
Dimensiones del producto	10 x 133 x 87mm
Numero de modelo del producto	10502599
Tamaño	10 mm x 133 mm
Color	Multicolor
Número de productos	1
Referencia	DIN 338
Incluye baterías	No
Necesita baterías	No
Descripción del producto	Revestimiento de nitruro de titanio, el cuerpo principal de la broca está fabricado con acero rápido de alta calidad, revestido con nitruro de titanio (TiN). El revestimiento de TiN tiene una dureza aproximada de 80 HRC y es muy resistente al desgaste. El TiN presenta un coeficiente de fricción bajo. Como resultado, consume menos potencia y genera menos calor durante la perforación.

Fuente: Amazon

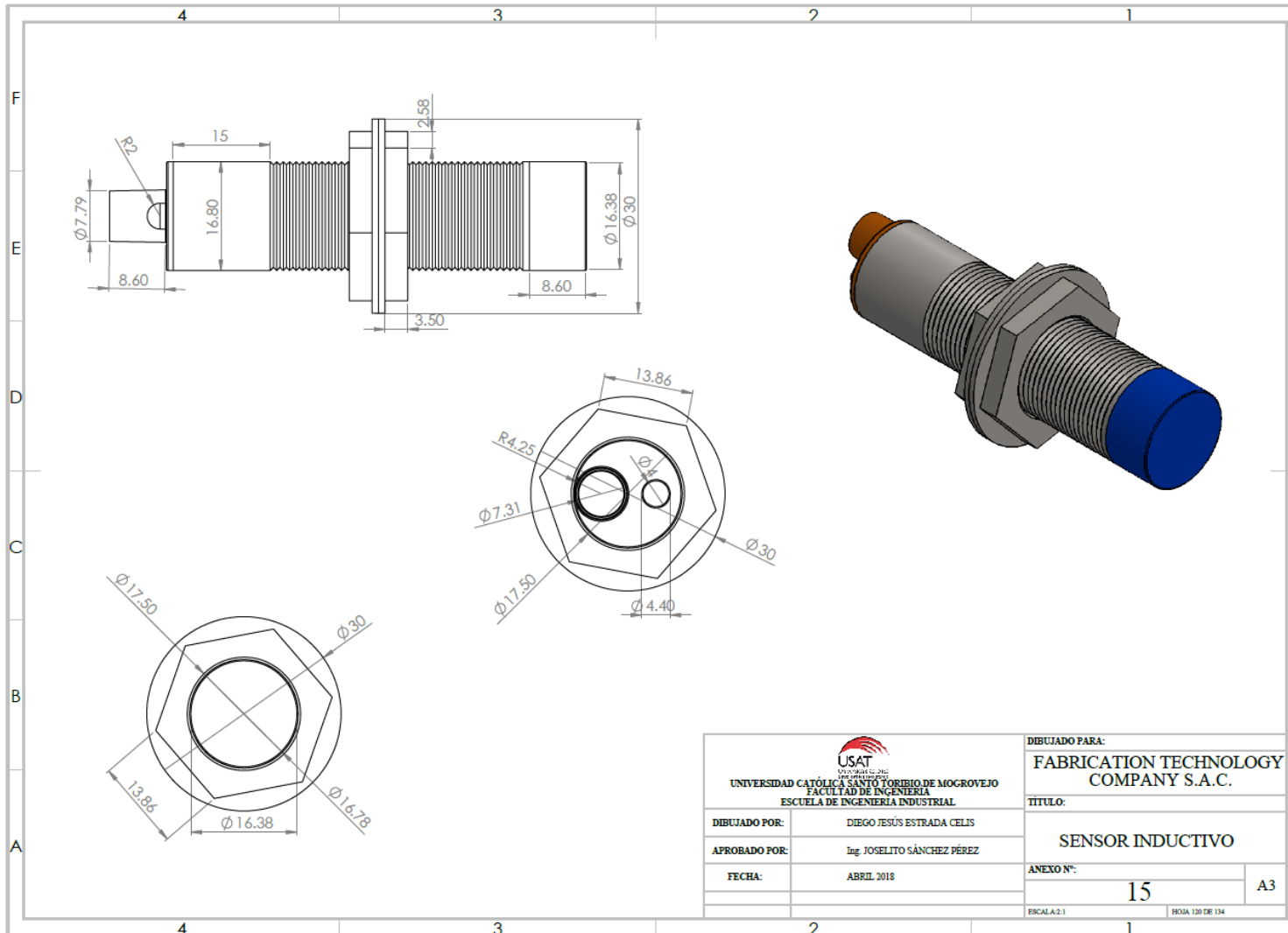
Anexo N° 13: Ficha técnica de la bomba de aceite

Artículo	Detalles
Tipo de Bomba	BEMRA 23
Código	5044906
Desplazamiento (cm ³ /rev)	23
Presión máxima continua (bar)	250
Presión máxima pico (bar)	300
Velocidad mínima (RPM)	500
Velocidad máxima (RPM)	2000
Peso (Kg)	6,70
Dirección de rotación	Reversible
Presión de entrada (bar)	0,7 ÷ 0,3
Temperaturas (°C)	Desde -25°C hasta 80°C
Aceite recomendado	Según aceites hidráulicos ISO/DIN y aceites resistentes al fuego
Imagen	


Anexo N° 14: Ficha técnica del sensor inductivo

Artículo	Detalles
Fabricante	Schneider Electric
Tipo de sensor	Inductivo
referencia	XS618B1PAL2
Configuración de salida	De 2 conductores NA/NC
Alcance (mm)	0 - 8
Tensión de alimentación (V)	20 – 264 CC / 20 – 264 CA
Carcasa de sensor	M18
Conexión	Cable de 2 metros
N° de hilos	3
Clase de impermeabilidad	IP68, IP69K
Corriente de trabajo máx.	200 mA
Temperatura de trabajo (°C)	-25 hasta 70
Tipo de frente	ensarable
Material de carcasa	Acero inoxidable
Imagen	


Anexo N° 15: Plano del sensor inductivo




Anexo N° 16: Ficha técnica del pulsador de paro

Artículo	Detalles
Color del botón del pulsador	Rojo
Diámetro de disyuntor (mm)	22
Referencia	XB4BW34B5
Actuación del botón pulsador	Retorno por resorte
Configuración de los contactos	NA/NC
Tipo de botón pulsador	Redondo
Luminosos	Si
Índice de protección IP	IP66
Tensión AC máxima (V)	600
Tensión DC máxima (V)	600
Tensión de iluminación (V)	24
Tipo de montaje	Montaje en papel
Temperatura de funcionamiento máxima (°C)	70
Temperatura de funcionamiento mínima (°C)	-25
Tipo de terminal	Roscado
Imagen	


Anexo N° 17: Ficha técnica del pulsador de arranque

Artículo	Detalles
Color del botón del pulsador	Verde
Diámetro de disyuntor (mm)	22
Referencia	XB4BW33B5
Actuación del botón pulsador	Retorno por resorte
Configuración de los contactos	NA/NC
Tipo de botón pulsador	Redondo
Luminosos	Si
Índice de protección IP	IP66
Tensión AC máxima (V)	600
Tensión DC máxima (V)	600
Tensión de iluminación (V)	24
Tipo de montaje	Montaje en papel
Temperatura de funcionamiento máxima (°C)	70
Temperatura de funcionamiento mínima (°C)	-25
Tipo de terminal	Roscado
Imagen	

Anexo N° 18: Ficha técnica del pulsador de emergencia

Artículo	Detalles
Tipo de montaje	Montaje en panel
Método de reinicio	Tirar para restablecer
Referencia	XB5AT842
Configuración normal del estado	NC
Diámetro del disyuntor (mm)	22,5
Corriente de suministro (A)	1,2
Índice de protección IP	IP66
Tensión de alimentación (V)	600 AC
Estilo de cabezal	Forma de hongo
Luminosos	No
Color	Rojo
Material de botón pulsador	plástico
Imagen	


Anexo N° 19: Ficha técnica de llave termomagnética

Artículo	Detalles
Nombre del dispositivo	GV2LE
Tipo de producto o componente	Disyuntor
Aplicación dispositiva	Motor
Numero de polos	3P
Tipo de red	CA
Corriente de rearme (A)	4
Corriente de disparo magnética (A)	51
Modo de montaje	Mediante tornillos
Soporte de montaje	Placa
Posición de montaje	Horizontal/vertical
Potencia total disipada por polo (W)	1,8
Endurancia mecánica	100 000 ciclos
Imagen	

Anexo N° 20: Ficha técnica del relé térmico

Artículo	Detalles
Fabricante	Schneider Electric
Corriente de trabajo máximo (A)	4
Referencia	LRD08
Temperatura de trabajo máximo (°C)	60
Temperatura de trabajo mínimo (°C)	-20
Tensión de aislamiento (V)	690
Número de circuitos	1
Número de polos	3
Modo de montaje	Tornillo
Imagen	


Anexo N° 21: Ficha técnica del contactor

Artículo	Detalles
Fabricante	Schneider Electric
Tipo de contactor	3 - polar
Contactos auxiliares integrados	NA + NC
Tensión de control	24V CA
Corriente de trabajo máximo (A)	9
Serie de contactores	LC1D
Temperatura de trabajo máximo (°C)	55
Temperatura de trabajo mínimo (°C)	-25
Tensión de aislamiento (V)	690
Potencia conectada (kW)	4
Peso (g)	320
Imagen	

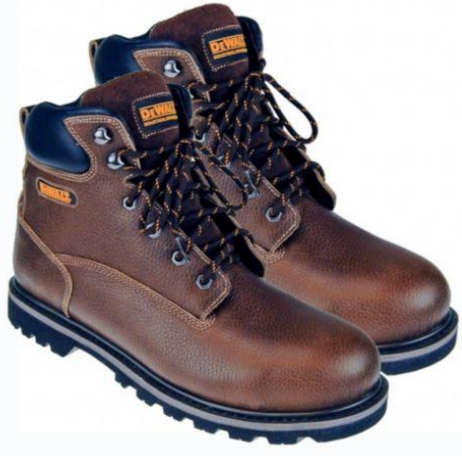
Anexo N° 22: Ficha técnica de la brida

Artículo	Detalles
Material	SAE 1020
Tratamiento Térmico	
Forjado (°C)	520 – 1100
Normalizado (°C)	870 – 890
Revenido (°C)	150 – 180
Recocido (°C)	650 – 700
Templado (agua) (°C)	820 - 850
Cementación (°C)	900 - 950
Propiedades Mecánicas	
Resistencia a la tracción	40 – 45 kgf/mm ²
Límite de fluencia	27 kgf/mm ²
Elongación	20%
Reducción de área	50%
Maquinabilidad	72%
Dureza (HB)	110 - 140
Imagen	<p>The technical drawing shows a flange with the following dimensions and features:</p> <ul style="list-style-type: none"> Outer diameter: $\varnothing 120$ Inner diameter: $\varnothing 62$ Flange thickness: $+0.05$ Inner diameter of the central hole: $\varnothing 58 -0.10$ Inner diameter of the second hole: $\varnothing 42 -0.02$ Inner diameter of the third hole: $\varnothing 34$ Inner diameter of the fourth hole: $\varnothing 28$ Radial distance from center to the outer edge: 90 Radial distance from center to the inner hole: 24 chamfer: $0.5 \times 45^\circ$ chamfer: $1 \times 45^\circ$ chamfer: 1.5 chamfer: $7.00 +0.2$ chamfer: 2 chamfer: 2 chamfer: 18 chamfer: $\varnothing 34$


Anexo N° 23: Ficha técnica de orejeras 3M

Artículo	Detalles
Características	Banda de la cabeza muy ancha para un ajuste más seguro y cómodo. Anillados de sellado almohadillados con cámara de aire para una mayor atenuación del sonido. Interiores exclusivos moldeados para inyección que evite la resonancia. Orejeras con cinta plegable para la cabeza, diseñadas pensando en la comodidad y constituyen una opción económica para el cliente.
Marca	3M
Material	PVC y ABS
Color	Negro con azul
Uso	Ideal para trabajo con elevados decibeles
Beneficios	Ligeras y de perfil bajo. Acolchado ancho y suave que ayuda a reducir la presión en las orejas y mejora el confort y la portabilidad. Dieléctrico, sin piezas metálicas. Puede plegarse para facilitar su almacenamiento cuando no se esté utilizando.
Procedencia	Perú
Imagen	

Anexo N° 24: Ficha técnica de botas de seguridad

Artículo	Detalles
Características	Suela de PU (Poliuretano). Planta de caucho antideslizante de gran duración. Con puntera de seguridad de acero
Marca	Dewalt
Material	Cuero
Color	marrón
Uso	Ideal para construcción, forestal, manufactura y minería
Duración	Su duración dependerá de las condiciones de uso y trabajo
Plantilla	EVA (Etil, Vinil, Acetato). Caucho antideslizante
Procedencia	China
Imagen	 A pair of brown leather safety boots with laces and a thick sole. The boots are shown from a three-quarter perspective, highlighting the side profile and the tread on the sole. The laces are dark brown and are tied in a standard knot. The boots have a rugged, industrial appearance.

Anexo N° 25: Ficha técnica de guantes Aulektro

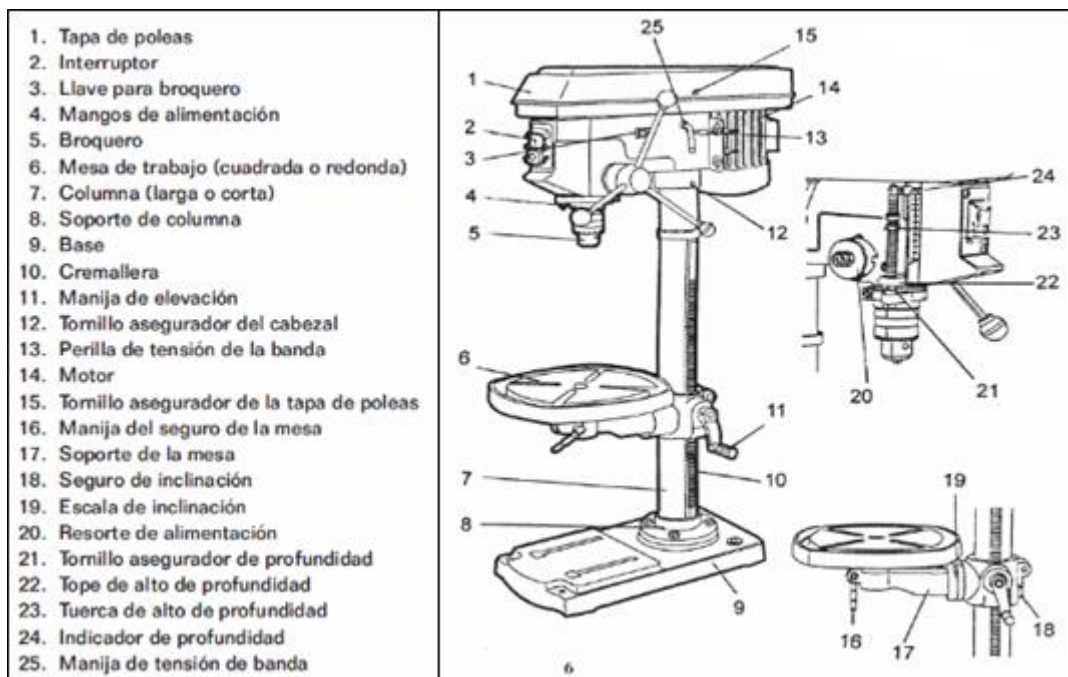
Artículo	Detalles
Características	No causa reacción alérgica. Mejor agarre. Alta resistencia a cortaduras y quemaduras. Reforzado zonas alto riesgo y desgaste.
Marca	Aulektro
Material	Cuero
Color	Naranja
Duración	Su duración dependerá de las condiciones de uso y trabajo.
Uso	Ideal para labores de soldadura.
Procedencia	Alemania
Imagen	

Anexo N° 26: Escala valorativa del porcentaje ERP alineado al cumplimiento de clase mundial

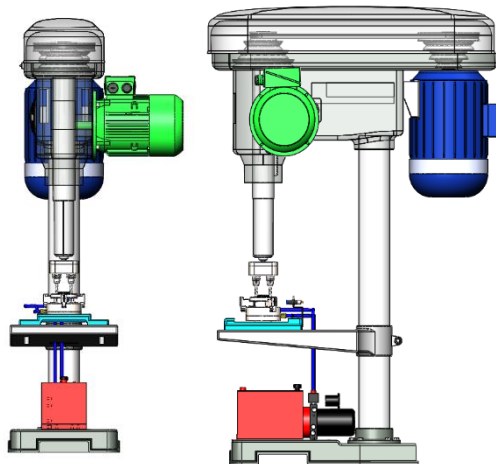
% ERP	Calificación	Avance hacia clase mundial	Competitividad
ERP < 65 %	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas	Muy baja competitividad
65 % < ERP < 75 %	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas	Baja competitividad
75 % < ERP < 85 %	Aceptable	Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la clase mundial. Ligeras pérdidas económicas	Competitividad ligeramente baja
85 % < ERP < 95 %	Buena	Entra en valores clase mundial	Buena competitividad
ERP > 95 %	Excelencia	Valores clase mundial	Excelente competitividad

Fuente: Una Herramienta de Mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo). Alonzo G. Hugo L. Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya. 2009.

Anexo N° 27: Partes de la máquina de taladro vertical



Anexo N° 28: Vista frontal y lateral derecho de la máquina vertical



Anexo N° 29: Fuerza específica de corte

FUERZA ESPECÍFICA DE CORTE (VALOR K_C)

		Taladrado	Fresado		Roscado	
		k	k_{C1}	Z	k_C	
Aplicación por grupo de material		Factor de material	N/mm ²	Factor de corrección	N/mm ²	
1. Acero	1.1	Acero blando	1,3	1400	0,18	2000
	1.2	Acero de construcción/cementación	1,4	1450	0,22	2100
	1.3	Acero al carbono	1,9	1500	0,20	2200
	1.4	Acero aleado	1,9	1550	0,20	2400
	1.5	Acero aleado/temple y revenido	2,7	1600	0,20	2500
	1.6	Acero aleado/temple y revenido	3,4	1700	0,20	2600
	1.7	Acero aleado cementado	3,7	1900	0,20	2900
	1.8	Acero aleado cementado	4,0	2300	0,20	2900
2. Acero inoxidable	2.1	Acero inoxidable fácil mecanizado	1,9	1300	0,36	2300
	2.2	Austenítico	1,9	1500	0,32	2600
	2.3	Ferrítico, Ferr. + Aust., Marten	2,7	1600	0,24	3000
3. Hierro Fundido	3.1	Con grafito laminar	1,0	900	0,26	1600
	3.2	Con grafito laminar	1,5	1100	0,26	1600
	3.3	Con graf. laminar, fundic. maleable	2,0	1150	0,24	1700
	3.4	Con graf. laminar, fundic. maleable	1,5	1450	0,24	2000
4. Titanio	4.1	Titanio no aleado	1,4	900	0,20	2000
	4.2	Titanio aleado	2,0	1200	0,22	2000
	4.3	Titanio aleado	2,7	1450	0,22	2300
5. Nickel	5.1	Niquel no aleado	1,3	1100	0,12	1300
	5.2	Niquel aleado	2,0	1450	0,22	2000
	5.3	Niquel aleado	2,7	1700	0,22	2000
6. Cobre	6.1	Cobre	0,6	450	0,20	800
	6.2	β -Latón, bronce	0,7	500	0,30	1000
	6.3	α -Latón	0,7	600	0,32	1000
	6.4	Metal AMPCO	1,5	1600	0,36	1000
7. Aluminio Magnesio	7.1	Al, Mg, no aleado	0,6	250	0,22	700
	7.2	Al aleado con Si < 0.5%	0,6	450	0,18	700
	7.3	Al aleado con Si > 0.5% < 10%	0,7	450	0,18	800
	7.4	Al aleado, Si > 10% Reforzado por filamentos Al-aleados, Mg-aleados	0,7	500	0,15	1000
8. Materiales Sintéticos	8.1	Termoplásticos	0,6	1400	0,15	400
	8.2	Plásticos endurecidos por calor	0,6	1400	0,20	600
	8.3	Materiales plásticos reforzados	1,0	1600	0,30	800
9. Materiales duros	9.1	Cermetales (metales-cerámicas)	4,0	2600	0,38	>2800
10. Grafito	10.1	Grafito standard	-	200	0,30	600

Anexo N° 30: Propiedades del acero al carbono

ACEROS AL CARBONO

SUMINISTRO LAMINADO Y TREFILADO

SAE 1020

Descripción: Acero de bajo carbono, blando, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia.

Usos: Se utiliza en ejes, cadenas, remaches, tornillos, pernos, sujetadores, engranajes, piñones, piezas de maquinaria, pasadores de baja resistencia, prensas y levas.

SAE 1020

Composición química (%)	
C	0,18 - 0,23
Mn	0,30 - 0,60
P	0,04 Máx.
S	0,05 Máx.

Tratamiento térmico Valores en °C		
Forjado		820 - 1100
Normalizado		870 - 890
Revenido		150 - 180
Recocido		650 - 700
Templado	Agua	820 - 850
Cementación		900 - 950

Propiedades mecánicas Laminado en caliente	
Resistencia a la tracción	40 - 45 kgf/mm ²
Límite de fluencia	27 kgf/mm ²
Elongación	20%
Reducción de área	50%
Maquinabilidad	72%
Dureza (HB)	110 - 140

Formas: Redonda, cuadrada y hexagonal

Anexo N° 31: Condiciones de utilización previstas y contraindicaciones

Esta máquina ha sido diseñada para penetrar la superficie de una pieza de madera, acrílico, material metálico y hacerle un agujero redondo,

Los materiales no mencionados anteriormente, están prohibidos para su elaboración con la máquina; el usuario es el único responsable de los daños provocados por su elaboración,

1. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Es obligatorio que todos los operadores estén preparados apropiadamente para el uso, la regulación y el funcionamiento de la máquina,
- Los operadores deben leer el manual detenidamente, prestando suma atención a las notas y advertencias de seguridad; además deben estar informados acerca de los peligros asociados al uso de la máquina y de las precauciones que han de observarse y estar formados para efectuar exámenes periódicos de las protecciones y los dispositivos de seguridad,
- Mantener siempre libre y limpia la zona de trabajo alrededor de la máquina con el fin de facilitar un control visual durante la operación,
- No se introduzca en la máquina material diferente del que está previsto para su utilización,
- Utilizar la broca adecuada de acuerdo al material a trabajar,
- Antes de empezar a trabajar, quitarse la pulsera, el reloj y el anillo,
- Utilizar siempre calzado resistente para el trabajo,
- Llevar gafas de protección,
- Usar apropiados sistemas de protección para el oído (auriculares, tapones, etc.) y contra el polvo (mascarilla),
- No se permita a las personas no autorizadas reparar o efectuar mantenencias, ni cualquier tipo de operaciones,
- Apagar la máquina para un cambio de broca o limpieza de la misma,
- El operador no debe descuidar por ningún motivo la máquina en funcionamiento,

2. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO

- Utilice la broca con las características necesarias condicionadas por el material a taladrar y cerciórese de que tenga el filo de corte requerido,
- Ubique la broca en el cabezal multihusillo brocas y ajuste con la llave,
- Adecué la velocidad de perforación mediante la correa ubicada en la parte superior de la cabeza taladradora,
- La pieza a trabajar sujétela firmemente, en especial las piezas pequeñas,
- Poner en marcha la máquina y proceder con la ejecución de la perforación,

3. EXIGENCIAS PARA EL MANTENIMIENTO

Antes de realizar las operaciones de limpieza, mantenimiento, regulación y/o sustitución de cualquier parte, es obligatorio que la máquina esté parada,

- Limpiar semanalmente todos los acoplamientos móviles de la máquina,
- Limpiar el cabezal multihusillo y aplicarle un poco de grafito para darle suavidad,
- Cambiar los rodamientos del motor en caso de desgaste,
- Tras cada ciclo de trabajo, limpiar bien la máquina y todas sus partes aspirando las virutas y el polvo,
- La sustitución de componentes requiere preparación y competencia técnica específicas; es por ello que dichas operaciones deben ser realizados por personal calificado, con el fin de evitar daños a la máquina y riesgos para las personas,