

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería Industrial



**MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE
MAQUINARIA DE PERFORACIÓN
DIAMANTINA**

Trabajo de investigación para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Jorge Arrasco Trelles

Código 20100081

Aurelio Thomas García Standen


Código 20102031

Asesor

Manuel Montoya Ramírez

Lima – Perú
Febrero de 2018





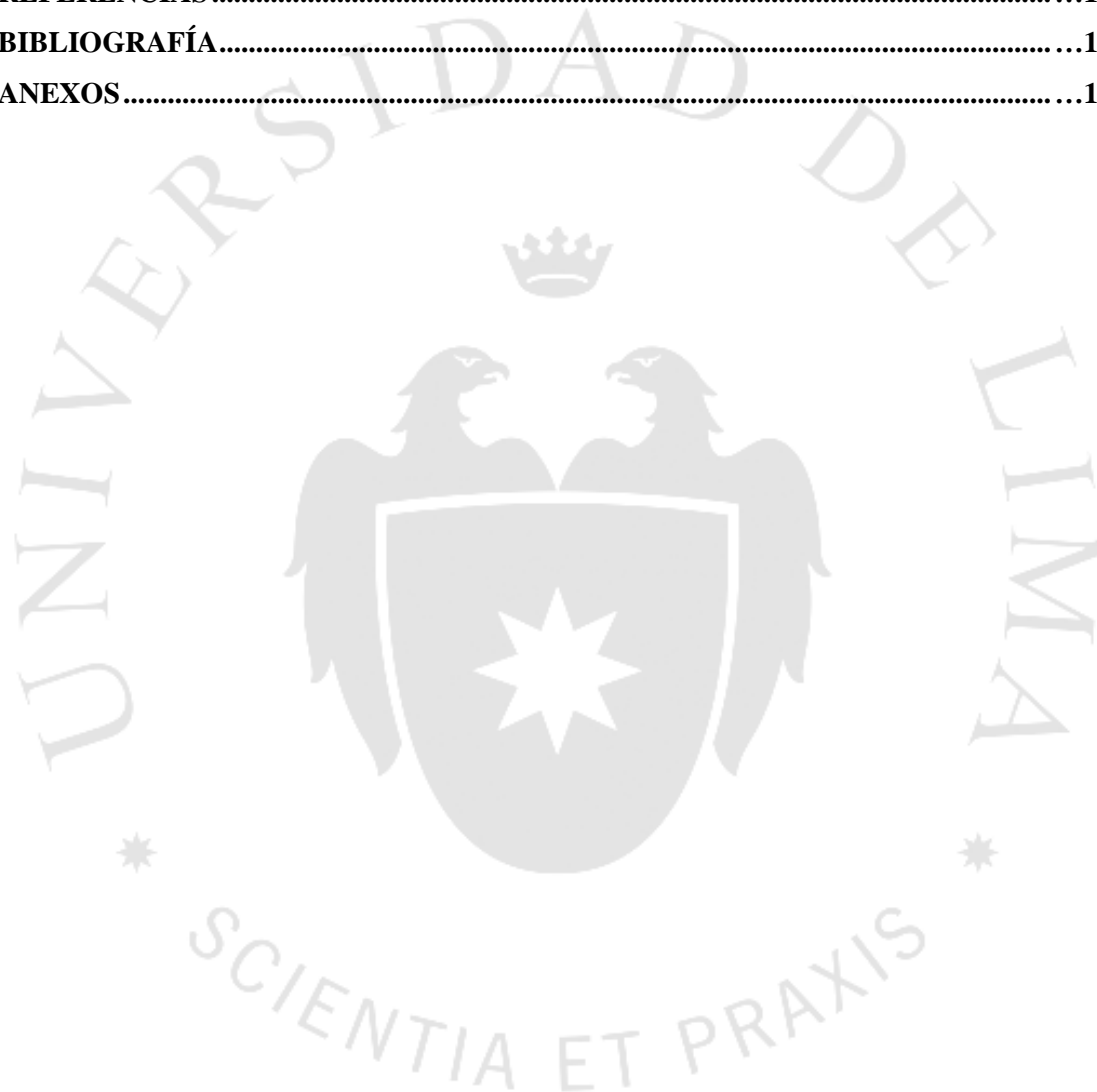
**MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCION
DE UNA EMPRESA PERUANA DEDICADA LA
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE
PERFORACIÓN DIAMANTINA.**

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Antecedentes de la empresa.....	3
1.1.1 Breve descripción de la empresa y reseña histórica.....	3
1.1.2 Descripción de los productos o servicios ofrecidos.....	3
1.1.3 Descripción del mercado objetivo de la empresa.....	4
1.1.4 Estrategia general de la empresa.....	5
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.3 Alcance y limitaciones de la investigación.....	6
1.4 Justificación de la investigación.....	6
1.5 Hipótesis de la investigación.....	8
1.6 Marco referencial de la investigación.....	9
1.7 Marco conceptual.....	11
CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO A SER MEJORADO.....	19
2.1 Análisis Externo de la Empresa.....	19
2.1.1 Análisis del entorno global.....	19
2.1.2 Análisis del entorno competitivo y del mercado.....	22
2.1.3 Identificación y evaluación de las oportunidades y amenazas del entorno.....	24
2.2 Análisis Interno de la Empresa.....	25
2.2.1 Análisis del direccionamiento estratégico: visión, misión y objetivos organizacionales.....	25
2.2.2 Identificación y evaluación de las fortalezas y debilidades de la empresa.....	26
2.2.3 Análisis de las estrategias FODA.....	27
2.2.4 Análisis de la organización y estructura organizacional.....	29
2.2.5 Identificación y descripción general de las áreas claves.....	32
2.2.6 Determinación de posibles oportunidades de mejora.....	34
2.2.7 Selección del área a analizar.....	37
2.2.8 Identificación de los procesos claves en el área de operaciones y mantenimiento.....	38
2.2.9 Selección.....	38
2.2.10 Análisis de los indicadores generales de desempeño de los procesos claves.....	39

2.2.11 Problema.....	40
CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA O PROCESO OBJETO DE ESTUDIO.41	
3.1 Análisis del sistema o proceso objeto de estudio.....	41
3.1.1 Caracterización detallada del sistema o proceso objeto de estudio.....	41
3.1.2 Análisis de los indicadores específicos de desempeño del sistema o proceso.....	49
3.2 Determinación de las causas raíz de problema hallado.....	49
3.3 Determinación y selección de las estaciones a analizar.....	51
3.4 Alcances y Limitaciones de la investigación.....	54
3.5 Planificación del diagnóstico.....	55
3.6 Registro de datos de las estaciones objetos de estudio.....	55
3.7 Disposición actual de los puestos de trabajo.....	67
3.8 Revisión a detalle de las estaciones objetos de estudio.....	67
CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	78
4.1 Planteamiento de alternativas de solución a la problemática encontrada.....	78
4.2 Selección de alternativas de solución.....	81
4.2.1 Determinación y ponderación de criterios evaluación de las alternativas.....	81
4.2.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de alternativas de solución.....	82
4.2.3 Evaluación del alcance y limitaciones de la solución propuesta.....	85
4.2.4 Priorización y programación de soluciones seleccionadas.....	87
CAPÍTULO V: DESARROLLO Y PLANIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES.....	88
5.1 Ingeniería de la solución.....	88
5.1.1 Propuesta de indicadores de gestión.....	96
5.2 Planificación de la implementación de la solución.....	98
5.2.1 Determinación de objetivos y metas.....	98
5.2.2 Elaboración del presupuesto general requerido para la ejecución de la solución...99	
5.2.3 Cronograma de implementación de la solución.....	100
5.3 Implementación de las soluciones.....	102
5.4 Control de resolución del problema.....	108
5.4.1 Control de eliminación de consecuencias del problema identificado.....	108
5.4.2 Control de solución.....	108

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIÓN Y BENEFICIOS ESPERADOS.....	109
6.1 Determinación de escenarios que afectarían la solución.....	109
6.2 Evaluación económica financiera de la solución.....	110
6.3 Análisis del impacto social y ambiental de la solución.....	113
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES.....	115
REFERENCIAS.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....	117
ANEXOS.....	119



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 - Logística y Almacenamiento.....	35
Tabla 2.2 - Análisis Administración y Finanzas.....	35
Tabla 2.3 - Diseño y desarrollo.....	36
Tabla 2.4 - Comercialización.....	36
Tabla 2.5 - Operaciones y mantenimiento.....	37
Tabla 2.6 - Tabla Resumen.....	37
Tabla 3.1 - Frecuencias de fabricación.....	46
Tabla 3.2 - Diagrama de actividades del proceso para la fabricación de maquina Muki H-200.....	47
Tabla 3.3 Diagrama de actividades <u>del</u> proceso para los bloques de acero en el torno.....	48
Tabla 3.4 - Diagrama de actividades del proceso para los bloques de acero en la fresa.....	48
Tabla 3.5 - Ranking de factores.....	51
Tabla 3.6 - Análisis punto de vista vs causas raíces.....	52
Tabla 3.7 - Determinación de causas más importantes.....	53
Tabla 3.8 - Determinación de las estaciones más importantes.....	54
Tabla 3.9 - Registro de micromovimientos en estación CNC.....	56
Tabla 3.10 - Tareas del operario en la estación CNC.....	57
Tabla 3.11 - Registro de productos defectuosos en el CNC.....	59
Tabla 3.12 - Registro de Micromovimientos en la estación de Pintura.....	60
Tabla 3.13 - Ruido.....	63
Tabla 3.14 - Registro de Micromovimientos en la estación de Corte.....	64
Tabla 3.15 - Diagrama Bimanual de la estación de Corte.....	65
Tabla 4.1 - Ranking de factores de soluciones a la estación CNC.....	82
Tabla 4.2 - Elección de solución al problema de Altos índices de inventario.....	82
Tabla 4.3 - Ranking de factores de soluciones a la estación CNC.....	83
Tabla 4.4 - Elección de solución al problema de Altos índices de inventario.....	83
Tabla 4.5 - Ranking de factores de soluciones a la estación de Corte.....	84
Tabla 4.6 - Elección de solución al problema de diseño de la estación de trabajo.....	84
Tabla: 5.1 - Presupuesto general para la estación CNC.....	99
Tabla: 5.2 - Presupuesto general para la estación Pintura.....	100
Tabla: 5.3 - Presupuesto general para la estación Corte.....	100

Tabla: 5.4 - Cronograma de implementación para la estación CNC	100
Tabla: 5.5 - Cronograma de implementación para la estación de Pintura	101
Tabla: 5.6 - Cronograma de implementación para la estación de Corte.....	101
Tabla 5.7 - Estudio de Micro-movimientos en la estación CNC	102
Tabla 5.8 - Micromovimientos Estación CNC- Mejora	103
Tabla 5.9 - Estudio de tiempo propuesta de mejora	105
Tabla 5.10 - Propuesta de mejora en la estación de pintura	106
Tabla 5.11 - Propuesta de mejora en la estación de pintura	107
Tabla 6.1 - Posibles escenarios de resultados	109
Tabla 6.2 - Detalle de inversión de las 3 estaciones estudiadas	110
Tabla 6.3 – Ahorro Mensual.....	110
Tabla 6.4 – Flujo de Ahorro.....	110
Tabla 6.5 - Flujo de Efectivo	111
Tabla 6.6 - Indicadores de retorno a la inversión	111
Tabla 6.7 - Impacto ambiental de la solución.....	112



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Análisis Producto Cantidad.....	3
Figura 1.2 - Fuerzas de Porter.....	15
Figura 2.1 – Organigrama de la empresa.....	31
Figura 3.1 – Diagrama de Operaciones del Proceso.....	40
Figura 3.2 – Diagrama de recorrido del proceso para la fabricación de maquina Muki H-200 y 400.....	43
Figura 3.3 – Diagrama de Ishikawa.....	50
Figura 3.4 – Diagrama hombre – Máquina.....	58
Figura 3.5 - Comparación productos buenos vs productos defectuosos.....	59
Figura 3.6 - Disposición de planta y puestos de trabajo	67
Figura 4.1 - Propuesta de almacén en el área de corte.....	80
Figura 5.1 - Estante para material para el área de CNC.....	89
Figura 5.2 - Ubicación del estante para material para el área de CNC.....	89
Figura 5.3 - Maquina de pintura	92
Figura 5.4 - Estante para material para el área de Pintura.....	93
Figura 5.5 - Ubicación del estante para material para el área de Pintura.....	94
Figura 5.6 – Carro de transporte.....	95
Figura 5.7 – Diagrama Hombre – Máquina.....	103

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ranking de Factores.....	119
Anexo 2: Toma de tiempos y valoraciones, situación actual vs mejora.....	120



RESUMEN EJECUTIVO

La presente tesis tiene como objetivo, mediante el apoyo y la aplicación de Estudio de Métodos, realizar un correcto diagnóstico, llevar a cabo el levantamiento de información y análisis de la situación actual de la empresa fabricante de máquina de perforación diamantina; así como también el diseño, desarrollo y propuesta de mejoras en cada una de las áreas que formen parte del proceso como alcance de la investigación.

Para tal objetivo, se ha realizado un registro en la empresa, enfocándose en el proceso de producción de la máquina de perforación diamantina, levantando tanto deficiencias como puntos de mejora en las etapas del proceso que resulten decisivas en el mismo.

Por ello, se inicia enmarcando a la empresa, la situación actual y el entorno económico y social en el que se desarrolla; luego se procede a delimitar las áreas de interés de la presente investigación, para luego proponer la implementación de las medidas correctivas y de mejora que se diseñen como resultado de obtener la información oportuna y adecuada. Con ello, se espera generar como objetivo principal, incrementar la productividad y eficiencia de la empresa en su proceso productivo.

Al finalizar el estudio, se obtendrán claros los puntos a mejorar, y los resultados a alcanzar con un presupuesto adecuado en comparación al ahorro y mejora que obtendrá la empresa.

EXECUTIVE SUMMARY

The objective of the present Thesis is, through the support, help and application of the Method Study, to do a correct diagnosis, carry out the gathering information and analysis of the current situation of the diamond drilling machine's manufacturer; as well as the design, development and proposal of improvements in each of the areas that are part of the process as the reach of the investigation.

For this purpose, a registration has been made in the company, focusing on the production process of the diamond drilling machine, detecting deficiencies and points of improvement in the stages of the process that are decisive in it.

Therefore, it begins by framing the company, the current situation and the economic and social environment in which it is developed; then proceeds to delimit the areas of interest, for later propose the implementation of corrective and improvement measures that are designed as a result of obtaining timely and appropriate information. With this, it expected to generate as main objective, increase the productivity and efficiency of the company in its fabrication process.

At the end, well-defined points will be obtained to improve, and results to be achieved with a suitable budget in comparison to the savings and improvement that the company will obtain.

CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes de la empresa

1.1.1 Breve descripción de la empresa y reseña histórica

Empresa dedicada a la fabricación de maquinaria de perforación diamantina, así como también del mantenimiento de las mismas. Tiene presencia comercial atendiendo al mercado tanto en Sudamérica como en Centroamérica; con clientes en Perú, México, Costa Rica, Ecuador, Bolivia y Colombia.

1.1.2 Descripción de los productos o servicios ofrecidos

La empresa fábrica máquinas de perforación diamantina de las cual tiene dos modelos la Muki H-200 y la Muki H-400, la única diferencia es la potencia de cada máquina y su distancia de perforación. Ambas maquinas cuentan con 5 elementos principales que son el Panel de Control, Unidad de Potencia, Bastidor o RodHolder, Unidad de Rotación y la Bomba de Lodos. Además de la producción y venta de estos equipos, está el servicio de mantenimiento de maquinaria y el servicio post-venta de los equipos vendidos

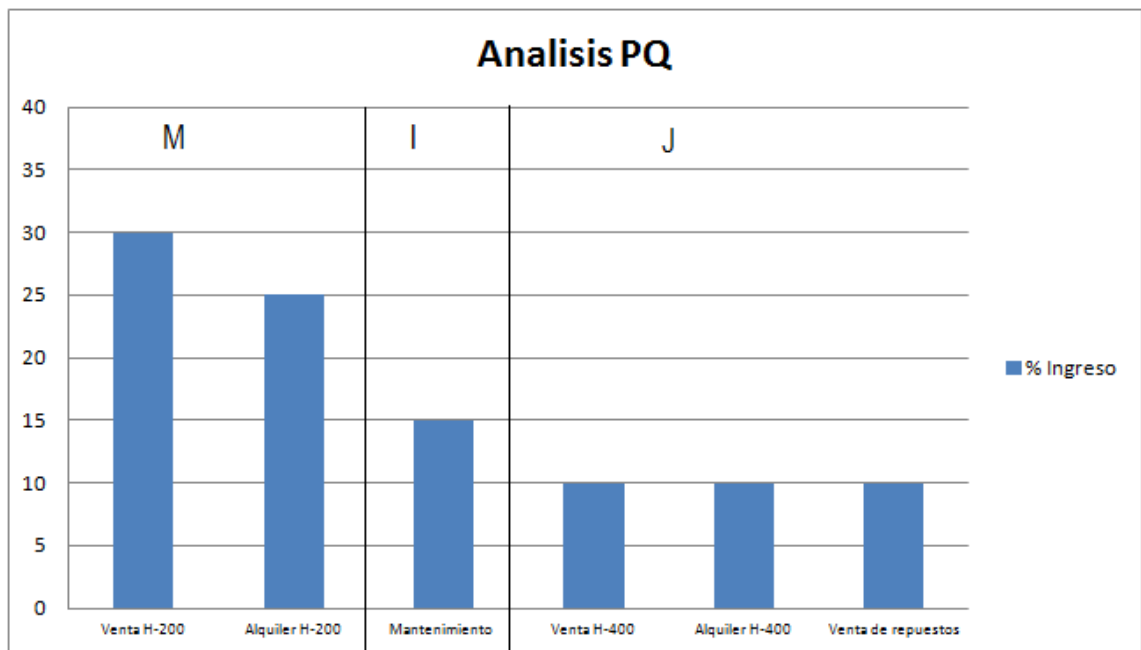
Análisis producto cantidad

Productos y servicios

- Venta H-200 → 30% Ingreso
- Venta H -400 → 10% Ingreso
- Alquiler H-200 → 25% Ingreso
- Alquiler H-400 → 10% ingreso
- Reparación de Maquinas → 15% ingreso
- Venta de repuestos → 10% ingreso

Figura 1.1

Análisis producto cantidad



Elaboración Propia

El producto que genera mayores ingresos a la empresa es a venta y alquiler de la maquina H-200 y luego seguido por el mantenimiento de máquinas de perforación

1.1.3 Descripción del mercado objetivo de la empresa

Giro de la empresa: La empresa se dedica principalmente a la fabricación, venta y alquiler de máquinas de perforación diamantina para los sectores de minería y construcción, para actividades de exploración para la búsqueda de yacimientos y el análisis de suelos para las diversas construcciones. Además de brindar servicio de mantenimiento y reparación de equipos.

Código Industrial Internacional Uniforme (CIU)

- Actividad principal: 2824 - Fabricación de maquinaria para la explotación de minas y canteras y para obras de construcción
- Actividad secundarias: 3312- Reparación de maquinaria

1.1.4 Estrategia general de la empresa

- Misión:

Ofrecer a nuestros clientes producto de calidad y un servicio orientado a la satisfacer sus expectativas en las actividades de exploración en el sector minero y de construcción.

- Visión:

Ser una empresa reconocida en el mercado nacional e internacional, de fabricación y servicios de máquinas de perforación diamantinas, al brindar tanto por un producto de excelente calidad con gran relación beneficio - costo y servicio de mantenimiento de alta calidad.

- Objetivos organizacionales:

- Implementar el ISO 9001 para el 2016
- Incrementar productividad y eficiencia en 8% para el 2016
- Incrementar utilidad de la empresa en un 7,8% para el 2017
- Incrementar la participación del mercado en un 5% para el 2017
- Implementar un sistema de gestión en la empresa (ERP y WMS) para el 2018
- Ingresar a nuevos mercados extranjeros para el 2018

1.2 Objetivos de la investigación

Objetivo general: Diseñar la implementación de una mejora del proceso más crítico de la empresa, empresa fabricante de máquinas de perforación diamantina para los sectores mineros y construcción, para aumentar la productividad y reducir costos y lograr competir de manera local e internacionalmente.

Objetivos específicos

- Evaluar las diferentes partes del proceso seleccionado de la empresa, para determinar las operaciones críticas, al obtener los procedimientos, tiempos, costos asociados y costo de mano de obra.

- Diseñar un modelo de gestión de las operaciones más críticas para mejorar la productividad de los procesos involucrados.

1.3 Alcance y limitaciones de la investigación

Alcances:

- El presente estudio explorará varios procesos de mejora pero se enfocara en un proceso de la empresa.
- La investigación tomara en cuenta únicamente las empresas dedicadas a la fabricación de perforadoras diamantinas en el rubro de la minería y construcción en el Perú.

Limitaciones:

- La falta de registros e información es bastante grande dado al desorden y desorganización de la empresa.
- Al ser pequeñas empresas, las informaciones no son públicas y estas son muy cerradas a brindar su información
- La data recolectada solo toma en cuenta las visitas que se realizaron en el 2016, el resto se asume como data correcta al ser provista por la empresa.

1.4 Justificación de la investigación

Técnica: La ingeniería industrial permite el uso de diferentes herramientas para realizar las distintas mejoras en la empresa, entre ellas están las herramientas de Estudio del trabajo como el estudio de tiempos, antropometría y ergonomía, diagramas ABC, además tenemos diagramas como el de Pareto o Ishikawa para determinar los principales problemas y sus causas raíces o las propuesta de mejora de calidad como las 5's para las estaciones de trabajo. Por último se tiene herramientas para realizar el análisis de inversión como VAN y TIR, para determinar si las mejoras son viables.

Tomando en consideración que la empresa está en el mercado por 10 años, donde ya ha obtenido varias ventajas con respecto a la competencia, lo que es el “knowhow” y su personal ya está familiarizado con los conceptos básicos del proceso. Lo cual genera que solo se requiere que el personal adapte ciertos aspectos de sus labores para poder adaptar las diferentes mejoras que se van a plantear.

Por otro lado, la empresa cuenta con la maquinaria disponible para poder hacer las mejoras correspondientes, por lo que no necesitaría comprar nueva maquinaria y tener un largo periodo en la curva de aprendizaje, al ser un proceso complicado.

Económica: La mejora en los procesos y procedimientos dentro de la empresa brindará grandes ahorros y beneficios a la empresa. Al mejorar el proceso productivo se reducirá el pago de hora extra o sobre tiempo, se evitará el pago de multas o penalidades por no atender a tiempo los distintos pedidos, se reducirá los costos variables de fabricación entre otros beneficios que brinda la optimización del sistema productivo.

Por otro lado, al realizar las mejoras en el procedimiento, utilizando el estudio de método y tiempos, esto no requerirá grandes inversiones ya que no se van a realizar grandes cambios en la maquinaria, disposición de planta o contratación de personal dentro de la empresa. Además, la empresa cuenta con alguna maquinaria de punta, principalmente los CNC, lo cual asegura que no se requerirá grandes inversiones en maquinaria.

Es por ello que realizar estas mejoras, traerá a mediano y largo plazo una mejora en eficiencia

Social: Una mejora de los procesos de la empresa traerá beneficios no solo para la empresa sino también para sus trabajadores y el medio ambiente. Al mejorar el proceso productivo y como consecuencia; la productividad y competitividad se generará más puestos de trabajo y con sueldos que permitan elevar la calidad de vida de sus trabajadores y sus familias.

Por otro lado se reducirán las mermas, lo cual reducirá la cantidad de material desechado que puede ser tóxico para el ambiente, entre los principales impactos ambientales están la emisión de COV (compuestos orgánicos volátiles) por parte de las pinturas y soldaduras utilizadas que contribuyen a la degradación de la capa de ozono, algunos ejemplos de COV son tricloroetano y el tetracloruro de carbono. (Flores Cortés,

P. J, 2012). Por otro lado estos mismos compuestos tienen riesgo para la salud humana dado que se derivan de sus propiedades volátiles, liposolubles, tóxicas e inflamables. La volatilidad hace que en espacios confinados se genere altas concentraciones que pueden ser inhaladas o absorbidas por la piel generando que esta exposición genere problemas en el corto y largo plazo para el ser humano, puede generar problemas respiratorios, úlceras e incluso problemas neurológicos (Flores Cortés, P. J., 2012).

Otro elemento del taller que puede impactar el medio ambiente es el refrigerante y aceites utilizados en los CNC y ensamblado de las piezas, su “incorrecta disposición de los residuos refrigerantes y aceitosos y los vertidos a aguas o afluentes que contaminan el ecosistema.”Metal Actual. (2012, Febrero). Por otro lado para la salud humana “la manipulación de los aceites y taladras puede provocar afectaciones cutáneas, respiratorias y diferentes tipos de cáncer. La descomposición térmica de algunos fluidos de mecanizado origina la formación de gases y nieblas, cuya inhalación puede causar irritación en las vías respiratorias o enfermedades como la neumonía.”Metal Actual. (2012, Febrero).

Es por ello se busca de reducir las mermas además de crear un mejor sistema de tratamiento para minimizar los impactos generados en el ambiente y la salud humana.

1.5 Hipótesis de la investigación

El diseño de un nuevo sistema integral de producción es factible y facilitará la gestión eficiente en las operaciones y procesos dentro de la empresa, aumentando su eficiencia y productividad que generara como consecuencia una mayor competitividad en el mercado y aumento de las utilidades.

1.6 Marco referencial de la investigación

- Tesis mejora en el área logística de la empresa JyW Repuestos S.A.C

Uno de los principales temas que podrían ser de ayuda es el hecho que se hace un estudio a detalle del área logística de una empresa de repuestos, una área grande e importante en la empresa. Sin embargo no sería de ayuda en el aspecto de proceso general de mejora ya que solo se centra en un área de la empresa y no toma en consideración todas las áreas de JyW Repuestos. (Acosta, 2013)

- Estudio de mejora integral en la empresa Transportes Pereda S.R.L

Este estudio podría ayudar al trabajo a realizar ya que nos daría una metodología a seguir en las etapas del análisis a realizar en el estudio de las diferentes áreas, y seleccionar cuales son las más importantes. Por otro lado, no nos será muy útil ya que no son empresas del mismo rubro, una es de maquinaria y la otra es sobre trasportes, por lo que sus procesos serán completamente diferentes. (Pereda, 2013)

- Estudio diseño y propuesta de mejora de los procesos de un taller mecánico de una empresa comercializadora de maquinaria

Este estudio presenta muchas similitudes las cuales pueden ser beneficiosas ya que el rubro es similares, la empresa tendrá áreas similares y se plantea una mejora integral donde podremos sacar una metodología cercana a la que se podría plantear para la empresa. Sin embargo, los problemas y el tipo de maquinaria son diferentes, además los procesos de fabricación y dentro de la empresa son diferentes ya que no es el mismo producto final. (Loayza y Joseph, 2011)

- Tesis estudio de métodos y tiempos de línea de producción de calzado tipo “Clásico de Dama” en la empresa de calzado caprichosa para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación

Esta tesis podría ayudar al trabajo a realizar ya que nos daría una referencia del uso de la metodología a seguir durante todo el trabajo. Se utilizara de manera referencial para ver el uso de las herramientas y técnicas de evaluación en las estaciones principales a analizar. (Guzmán y Sánchez, 2013)

- Análisis y propuesta de mejora de procesos en una empresa productora de jaulas para gallinas ponedoras

Este estudio podría ayudar al trabajo a realizar ya que nos daría una referencia del uso de la metodología a seguir durante todo el trabajo. Se utilizara de manera referencial para ver el uso de las herramientas y técnicas de evaluación en las estaciones principales a analizar. (Dávila, 2015)

- Un mínimo de distancia del cuerpo de agua a los componentes mineros.

Este estudio, muestra las principales características de la perforación diamantina así como un panorama general de la perforación en el Perú. Por lo que nos da un contexto y referencia sobre las actividades básicas que realiza la máquina que fabrica la empresa. Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica (2015)

- Introducción al estudio del trabajo

Este libro, muestra la metodología y proceso del estudio de métodos, el cual es la base utilizada al realizar el estudio. Además muestra las diferentes técnicas, métodos y herramientas a utilizar durante todo el estudio. (Kanawaty et al., 2011).

1.7 Marco conceptual

En la presente tesis, se realizará y desarrollará un estudio de métodos completo, al proceso de manera integral de la producción de una máquina de perforación diamantina, con el fin de levantar incidencias, potenciales mejoras y puntos críticos de proceso íntegro.

Para tal caso, se define primero el alcance del estudio, definiendo de manera clara y concisa las áreas y puestos de trabajos involucrados en el proceso a estudiar.

El estudio de métodos cumple cada una de las 7 etapas, las cuales brindarán una manera detallada de las actividades de cada actividad realizada en cada uno de los puestos y áreas de trabajo; como también permitirá identificar etapas del proceso con menor eficiencia y por ende, más críticas.

Como objetivo del presente estudio, se tiene principalmente mejorar la eficiencia y productividad de cada una de las áreas involucradas, siendo el factor determinante la modificación del proceso y procedimiento de realizar las tareas asignadas a cada operario y área de trabajo; por tal motivo toda inversión que suponga una mejora por automatización, no serán tomadas en cuenta.

Al finalizar el estudio, se obtendrán claros los puntos a mejorar, y los resultados a alcanzar con un presupuesto adecuado en comparación al ahorro y mejora que obtendrá la empresa.

Conceptos:

Fuente de los conceptos: Introducción al estudio del trabajo. (Kanawaty et al.,2011)

- Capacidad de la máquina:

Volumen de producción potencial de la máquina, habitualmente expresado en unidades físicas producidas por unidad de tiempo.

- Ciclo de trabajo:

Sucesión de elementos de trabajo necesarios para efectuar una tarea u obtener una unidad de producción.

- Cursograma:

Diagrama en que la sucesión de hechos se representa mediante símbolos especiales que ayudan a hacerse una imagen mental de un proceso con objeto de examinarlo y perfeccionarlo.

- Estudio del trabajo:

Genéricamente, conjunto de técnicas, y en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que se llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras.

- Estudio de métodos:

Registro y examen crítico sistemáticos de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos eficaces y de reducir costos.

- Factor valoración:

Coeficiente por el cual se multiplica el tiempo observado de un elemento para obtener el tiempo básico.

- Hora-hombre:

Trabajo de un hombre en una hora.

- Hora-máquina:

Funcionamiento de una maquina o parte de instalación durante una hora.

- Preguntas de fondo:

Segunda fase de la técnica de interrogatorio en que se prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si, a fin de mejorar el método empleado, sería factible y preferible reemplazar por otro el lugar, la secuencia, la persona o el medio, o todos ellos.

- Preguntas preliminares:

Primera etapa de la técnica del interrogatorio en que se discute la razón de ser de cada actividad observada, así como de su lugar, orden de ejecución, persona encargada y medios, y se busca la justificación de cada respuesta.

- Técnica del interrogatorio:

Medio de efectuar el examen crítico sometiendo sucesivamente cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas.

- Tiempo de ciclo:

El que lleva en total efectuar los elementos que constituyen el ciclo de trabajo.

- Tiempo de máquina:

El que se mide en función del estado de actividad de la máquina.

- Tiempo observado:

El que se tarda en ejecutar un elemento o combinación de elementos según lo indica una medición directa.

- Valoración del ritmo:

Apreciación del ritmo de trabajo por correlación con la idea que se tiene de lo que es el ritmo tipo.

- Factor recursos naturales:

Comprende todas las materias primas e insumos que se ven comprometidos e involucrados en el proceso de producción.

- Factor capital:

Éste se subdivide en tres aspectos:

- Capital físico: Este comprende, además de los recursos naturales, los bienes inmuebles (infraestructura) y activos de la empresa, entre ellos herramientas y maquinaria.
- Capital humano: Conocido también como recurso humano, es formado por los colaboradores de la empresa, sea personal de mano de obra, rangos medios y ejecutivos.
- Capital financiero: Más conocido como el dinero o el capital que dispone la empresa para llevar a cabo sus actividades.

- Factor trabajo:

Éste factor representa toda actividad humana que forma parte del proceso de producción.

- Metodologías de mejoras

Existen diversas metodologías de mejora continua, entre ellas están:

- Método Kaizen: herramienta de calidad que busca una mejora continua de todos aspectos de la empresa, estos aspectos incluye a las personas que trabajan en la empresa.
- Método de los 7 pasos: Método que buscar una mejora continua constante dentro de una empresa, donde siempre se buscan nuevas causas para los problemas existentes o que puedan surgir.
- Método six-sigma: Método de mejora continua que busca eliminar o reducir la cantidad de errores o defectos de un proceso, utilizando herramientas estadísticas
- Método Philip Crosby: Método que busca que la calidad de un proceso o producto sea una manera de gestión y trabajo dentro de una empresa.

- Método Deming: Este método también conocido como el ciclo de Deming o círculo PDCA busca la mejora continua siguiendo los pasos de Planificar – Hacer – Controlar – Actual – Planificar

Técnicas y Herramientas:

- Análisis PQ:

El análisis de la información referente a los productos y cantidades a producir representados en un histograma de frecuencia, ordenados en forma descendiente, ubicando en el eje horizontal los productos y en el eje vertical la cantidad producida. Wordpress (2010).

- Factorial de Klein:

Es una técnica de diagnóstico que consiste en determinar si cada función o actividad de una empresa o estación se está llevando a cabo en forma óptima, regular o mala con respecto a lo que se previamente se ha considerado como ideal.

- Ranking de factores:

Este método que aquí se presenta realiza un análisis cuantitativo en el que se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias soluciones. **Métodos de los factores ponderados (s.f.)**

- Fuerzas competitivas de Porter:

Herramienta que ayuda a una empresa a “entender la estructura de un sector en el cual participa y compite y permite elaborar una posición que sea más rentable y menos vulnerable a los ataques.” (Michael E Porter, 2008).

Las 5 fuerzas involucradas son:

Figura 1.2

Cinco Fuerzas de Porter



Fuente:Porter, M (2008)

- Matriz FODA:

“El análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que en su conjunto diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa; es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada. Thompson (1998) establece que el análisis FODA estima el hecho que una estrategia tiene que lograr un equilibrio o ajuste entre la capacidad interna de la organización y su situación de carácter externo; es decir, las oportunidades y amenazas.” Talancón, H. P. (2006).

- Diagrama de operaciones (DOP):

“Este diagrama representa en forma esquemática un proceso de producción, utilizando sólo los símbolos de operación, inspección y combinada. La confección de este diagrama requiere emplear líneas verticales y horizontales, en las cuales se deben indicar los componentes del producto, todas las operaciones e inspecciones de cada uno de ellos y las entradas y salidas de materiales auxiliares.” Mansilla, Laura (s.f.)

- Diagrama de actividades del proceso (DAP):

“También conocido como Cursograma Analítico, Diagrama de Análisis de Proceso o Diagrama de Flujo de Proceso. Este es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o de un procedimiento, señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo correspondiente. El D.A.P. puede efectuarse tanto al material o proceso, al operario o a la maquinaria. Las actividades que se representan en el D.A.P. son la operación, inspección, transporte, demora, almacenamiento y combinada (operación-inspección).” Mansilla, Laura (s.f.)

- Diagrama de recorrido (DR):

Diagrama, que muestra el lugar donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto seguido por los trabajadores, materiales o equipo a fin de ejecutarlos.

- Diagrama Ishikawa:

Es una herramienta que representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan. Es denominado Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espina de Pescado por ser parecido con el esqueleto de un pescado. Se utiliza para clarificar las causas de un problema. Ministerio de Salud del Perú (s.f.)

- Estudio de micro-movimientos:

Examen crítico de un simograma, previo estudio, imagen por imagen, de la película de una operación.

- Estudio de tiempos:

Técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida

- Técnica del interrogatorio:

Medio de efectuar el examen crítico sometiendo sucesivamente cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas.

- Diagrama hombre-máquina:

“Representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas, y que permite conocer el tiempo empleado por cada uno, es decir, conocer el tiempo usado por los **hombres** y el utilizado por las máquinas.”

Celestino, A. (2013)

- Diagrama bi-manual:

Cursograma en que se registran las respectivas actividades de varios objetos de estudio, según una escala de tiempos común para mostrar la correlación entre ellas

- Diagrama de Gantt:

“El diagrama de Gantt es una herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.”

CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO A SER MEJORADO

2.1 Análisis Externo de la Empresa

2.1.1 Análisis del entorno global

Económico

- Minería:

El sector minería registró un incremento interanual de las exportaciones, a Marzo del 25%, principalmente por la mayor producción de cobre impulsado por Cerro Verde, Antamina y Las Bambas; plata, por Antamina, Ares y Buenaventura; y oro, por Acumulación Arcata y el inicio de las actividades por parte de Acumulación Inmaculada (las dos empresas antes mencionadas, pertenecientes a la compañía Ares). Como proyección en el escenario esperado, se registraría finalizando el año 2016 un crecimiento del 10.2%. (Maximixe, 2016)

Así mismo, las expectativas del sector se mantienen positivas, principalmente por factores estratégicos, tales como:

1. Incrementos de producción de cobre por Volcan, y de oro por Shahuindo.
2. Ampliación de Cerro Corona por la compañía Gold Fields.
3. Búsqueda de Hochschild en ampliar la capacidad instalada de Inmaculada.
4. Ampliación de la mina de cobre en Toquepala, por una inversión total de US\$ 1,2 millones; estimada para el primer trimestre del 2018. En esta ampliación se contempla el incremento de un concentrador de 100 mil toneladas por uno de 235 mil toneladas. Maximixe (Junio 2016)

- Construcción:

El sector construcción registró un incremento interanual a marzo de 2,1%, generado principalmente por el avance físico de obras públicas, relacionado a la mayor ejecución de carreteras y puentes, servicios de agua y saneamiento e instituciones educativas y hospitales. (Maximixe, 2016)

Como escenario esperado, se mantiene un crecimiento del 3,8%, por mayor utilización del presupuesto público de gobiernos en el interior del país (regionales y ocales), mayor consumo de cemento por la reactivación de proyectos de vivienda y sector inmobiliario; y efectos de adquisición e incremento de viviendas otorgadas por plan Mi Vivienda, ante la aprobación de liberación parcial de las AFPs. (Maximixe, 2016)

Los factores más relevantes para las expectativas del sector, están inmersos en:

- Inversión correspondiente al gasoducto Sur Peruano, superando los US\$ 1,500 millones.
- Las APP (Asociaciones Público Privadas) e inversiones asociadas a éstas, proyectan un incremento del 100%, con US\$ 8,000 millones en proyectos de infraestructura.
- Reactivación de grandes inmobiliarias, tales como Paz Centenario, Viva GyM y DPI, con grandes proyectos multifamiliares, tanto en Lima. (Maximixe, 2016)

Se tiene como un obstáculo importante al crecimiento del sector, la prolongación de las expropiaciones para el avance del mega proyecto de la Línea 2 del Metro de Lima.

Social y Legal

Ambos sectores que influyen en el desempeño de la empresa, son afectados tanto por la aceptación y conducta social, como el marco legal del país.

Los megaproyectos mineros, están sujetos a la aprobación social de las poblaciones directa e indirectamente afectadas, tanto por proximidad al proyecto, como influencia en el medioambiente que los rodea; esto puede determinar la viabilidad y puesta en marcha de la explotación mineral. Ejemplos tales como Tía María, los cuales quedaron relegados en el plan de desarrollo del país por el rechazo de la población implicada, dependiendo así su reactivación e inicio de labores, del entorno político y

armonía que se genere en la nueva coyuntura nacional tras las elecciones. (RPP Noticias, 2016)

Además, la aprobación por el pleno del congreso por el retiro del 25% (**Gestión 2016**) de las AFPs para iniciales de créditos hipotecarios, así como el retiro del 95,5% (**AFP Habitat, 2016**) de los ya jubilados, reactivará el sector inmobiliario, y por ende, un mejor desenvolvimiento del sector construcción de cara al segundo semestre del presente año, como también en el siguiente periodo.

Tecnológico

Los dos principales métodos de perforación mecanizada son:

- Perforación diamantina: utiliza un cabezal o broca diamantada, que rota en el extremo de las barras de perforación. La abertura en el extremo de la broca diamantada permite cortar un testigo sólido (muestra solida) de roca que luego es desplazada hacia la superficie donde es recuperada para ser analizada. (Chile U-Cursos, 2010)
- Perforación por aire reverso: Éste método obtiene pequeñas astillas de roca en lugar de una muestra sólida, además de ser un proceso más rápido y menos costoso que la diamantina. La selección de la muestra se realiza en 1/8 del total extraído, siendo el costo menor a comparación de perforación diamantina. (Chile U-Cursos, 2010)

Ambos métodos son utilizados en el sector; lo que prevalece en la opción por uno de los dos es el espacio y capacidad de maniobra en la zona a ejecutarse la acción, dado que el método de perforación por aire reverso, emplea maquinaria más voluminosa que en la perforación diamantina. Así mismo, la utilización que se le puede dar a la perforación diamantina en la ampliación de reservas, puede ser argumento por el cual optar por este proceso; así como también la precisión requerida según el tipo de suelo y minerales a extraer.

2.1.2 Análisis del entorno competitivo y del mercado

Amenaza de nuevos competidores

Siendo un nicho especializado, la amenaza de nuevos competidores se ve disipada, principalmente, por el know-how requerido para la elaboración de la maquinaria, así como también el acceso directo que cuenta la empresa con sus clientes. Por ello, es que la empresa, además de ofrecer la fabricación completa de la maquinaria, brinda el servicio de mantenimiento según lo coordinen ambas partes, aconsejando realizar siempre un mantenimiento preventivo. Por estas razones es que el poder de la fuerza de amenaza de nuevos competidores, es débil.

Poder de negociación de los Proveedores o Vendedores

La empresa en cuestión, posee una cartera de proveedores concentrada, siendo los principales los proveedores de acero y Aceros Bohler, quien brinda los tratamientos que requieren las piezas elaboradas internamente, que formarán parte de la Diamantina. En tal sentido, la empresa se encuentra subordinada a las políticas de cobranza que acuerde con Aceros Bohler principalmente, debido a que el proveedor es de mayor magnitud.

Los proveedores de acero no tienen un poder de negociación fuerte, debido a la alta competitividad de ese sector, sumado a la sobre oferta que se ha venido registrando en los últimos meses de materia prima proveniente de China, ingresando inclusive, con un precio dumping. Es por estas razones que el poder de la fuerza de los proveedores es latente y una de las más importantes.

Poder de negociación de los Compradores o Clientes

Debido a la dimensión de la empresa, considerada una pequeña-mediana empresa, el poder de negociación que cuenta con sus clientes es bastante limitado, dado que son grandes mineras como Volcan, Milpo, Antamina entre otras, que realizan cotizaciones diversas según los requerimientos de sus proyectos, o contratistas grandes que soliciten servicios de mantenimiento.

En tal sentido, las proyecciones tanto de ventas como de márgenes obtenidos a partir de estas, se ven directamente afectados al resultado de la negociación con sus clientes. Esto hace que el poder de la fuerza por clientes sea muy fuerte, siendo ésta la más importante de las 5.

Amenaza de productos sustitutos

El principal método de perforación que puede ser considerado sustituto a la Perforación Diamantina, es la Perforación con aire reverso (RC). Ésta, si bien mantiene un costo menor y un tiempo de operación más eficiente que el método de Perforación Diamantina, requiere de un equipo mucho más robusto en cuanto a dimensiones, así como también se obtienen partículas como resultado de la operación, a diferencia del testigo sólido que resulta de la perforación diamantina.

Éste proceso también se reconoce como un sondaje, por tal motivo se podría obtener una muestra menos representativa. Por tal motivo, el método más utilizado sigue siendo la Perforación Diamantina. Es por ello que podemos decir que la amenaza de productos sustitutos es baja.

Rivalidad entre los competidores

El servicio de perforación diamantina es brindado por un moderado número de empresas en el medio, debido al alto potencial de crecimiento del mercado, teniendo en cuenta la cantidad de proyectos que aún se encuentran en etapa de exploración, o por iniciar exploración. Sin embargo, las principales empresas de perforación diamantina del medio son Bradley MDH y ExplominPerforaciones. Bradley MDH cuenta con una cartera robusta de clientes, atendiendo a diversas empresas, siendo las principales Cia Minera Milpo, Minsur, Sociedad Minera Corona, VotorantimMetais y SumitomoCorporation. Por su parte, Explomin Perforaciones cuenta con operaciones en Perú, Colombia, Chile y México.

La empresa en cuestión de estudio, en aras de diversificar su portafolio de servicios a brindar, además de contar con la venta de los equipos y brindar el servicio de alquiler, cuenta también con servicios de mantenimiento, para así poder captar como

clientes también a los contratistas encargados de las actividades de perforación y exploración.

Esto muestra que hay una alta rivalidad dentro de sector y demuestra que la empresa es pequeña comparado a estas grandes empresas multinacionales.

2.1.3 Identificación y evaluación de las oportunidades y amenazas del entorno

Oportunidades:

Proyectos mineros

a) Inversiones propuestas por PPK en el 2016 sobre las nuevas inversiones mineras y en construcción

Según el Ministerio de Energía y Minas, a finales del 2016, el Perú concentrada una cartera estimada de proyectos mineros de US\$ 45 596 millones. Del total de la cartera estimada, los proyectos de exploración concentran el 52,04%. Así mismo, también existen ampliaciones de minas ya en operación, proyectos que ya cuentan con Estudios de Impacto Ambiental (EIA) aprobados y en evaluación.

Ampliaciones: Cuentan con un total de US\$ 5 172 millones, y entre las ampliaciones, las más significativas se encuentran:

- Mina de fosfatos de Bayovar, Piura - US\$ 437 millones.
- Laguna Norte, La Libertad - US\$ 640 millones.
- El Porvenir, Pasco - US\$ 45 millones
- Toromocho, Junín - US\$ 1 350 millones
- Marcona, Ica - US\$ 1 500 millones
- Toquepala, Tacna - US\$ 1200 millones

Proyectos con EIA aprobado, con un monto total de US\$ 15 804 millones, las más representativas son:

- Fospac, Piura - \$500 millones
- Shahuindo, Cajamarca - US\$ 132 millones
- Conga, Cajamarca - US\$ 5 000 millones
- Pukaqaqa, Ayacucho - US\$ 706 millones
- RelShouxin, Ica - US\$ 262 millones
- Pampa de Pongo, Arequipa - US\$ 1 500 millones.

Proyectos de Construcción

Pese a que el sector construcción en el año 2016 registró una contracción de 3,15%, el BCR mantuvo en febrero 2017, que se obtendría un crecimiento de 2,8%, esto generado principalmente por operaciones inmobiliarias (7,04%), proveedores (4,25%) y una caída en operaciones de infraestructuras (-5,13%). Distribuyéndose con un 72% en el interior del país, 20% en Lima Metropolitana y el 8% restante fuera del territorio nacional.

Amenazas

- Mercado e inversión depende de los precios del metal en el mercado, lo que es muy volátil.
 - Copia de modelos de maquinaria
 - Alta rivalidad entre las empresas en el mercado
 - Alta dependencia de los proveedores externos

2.2 Análisis interno de la empresa

2.2.1 Análisis del direccionamiento estratégico: visión, misión y objetivos organizacionales

- Misión:

Ofrecer a nuestros clientes producto de calidad y un servicio orientado a la satisfacer sus expectativas en las actividades de exploración en el sector minero y de construcción.

- Visión:

Ser una empresa reconocida en el mercado nacional e internacional, de fabricación y servicios de máquinas de perforación diamantinas, al brindar tanto por un producto de excelente calidad con gran relación beneficio - costo y servicio de mantenimiento de alta calidad.

- Objetivos organizacionales:

- Implementar el ISO 9001 para el 2016
- Incrementar productividad y eficiencia en 8% para el 2016
- Incrementar utilidad de la empresa en un 7,8% para el 2017
- Incrementar la participación del mercado en un 5% para el 2017
- Implementar un sistema de gestión en la empresa (ERP y WMS) para el 2018
- Ingresar a nuevos mercados extranjeros para el 2018

2.2.2 Identificación y evaluación de las fortalezas y debilidades de la empresa.

Fortalezas:

- Producto local de alta calidad
- Servicio propio de mantenimiento para las maquinas (servicio post-venta)
- Cuenta con proveedores de alta calidad y reconocidos mundialmente.
- La empresa cuenta con la infraestructura adecuada para realizar las tareas.
- Cuenta con personal calificado para realizar las tareas

Debilidades

- Alto niveles de inventario
- Alto nivel de desorganización y desorden
- Procesos poco eficientes, altos índices de mermas y desperdicios
- Algunas piezas de maquinaria ya están obsoletas
- Falta de un plan de mantenimiento en las máquinas.

Diferenciación de la empresa en el mercado por su alta calidad en sus productos y servicios

Esta estrategia busca aprovechar dos de las fortalezas de la empresa, además de aprovechar dos oportunidades que brinda el entorno a la empresa. Lo que se busca por parte de la empresa es que obtenga una mayor participación de mercado, mediante una ventaja competitiva, aprovechando una característica muy importante de la empresa, sus altos estándares de calidad en la fabricación de las diferentes maquinarias, en su servicio de post-venta y mantenimiento. Además cuenta con proveedores reconocidos por su alta calidad en sus productos.

Desarrollando esta ventaja competitiva, la empresa puede aprovechar las oportunidades que brinda el mercado debido que se proyecta que las inversiones dentro del mercado minero van a seguir creciendo con nuevos proyectos de exploración. Generando que la empresa obtenga una mayor penetración de mercado y como consecuencia un mayor porcentaje del mercado y mayor rentabilidad de la empresa.

2.2.3 Análisis de las estrategias FODA

Estrategia 1: Investigar y desarrollar nuevas maquinarias para poder competir en nuevos segmentos y nuevos mercados para la empresa. (Fortaleza / oportunidad)

Esta estrategia plantea la diversificación de la empresa hacia nuevos mercados dado que el mercado de la minería está ligado a los precios de los minerales a nivel mundial, lo que hace el mercado muy volátil. Por otro lado existen otros mercados que están en auge en el país e internacionalmente, lo cuales se puede aprovechar para diversificar la cartera de

la empresa y tener mayor estabilidad e ingresos si es que uno de los mercados disminuye su actividad.

Lo que se plantea para la empresa, es utilizar el “knowhow” que posee la empresa para la construcción de maquinaria de exploración y utilizarlo para la construcción de nuevas máquinas para otros sectores utilizando los mismos componentes, principalmente los hidráulicos que son los componentes principales para la maquinaria de perforación. Entre estos están brazos para el “shotcrete” para el sector minero y construcción o grúas para la colocación de zapatas de concreto para la excavación en el sector construcción. Otra maquinaria que se podría desarrollar son maquinarias de perforación para la instalación de tuberías de telecomunicación, las cuales previenen que se tenga que romper toda la pista para instalar tuberías para los cables de telecomunicación.

Estrategia 2: Aprovechar los nuevos proyectos e impulso del gobierno para reducir y mejorar los niveles de inventario – (oportunidad / debilidad)

La estrategia, plantea reducir el inventario con el que se cuenta actualmente al aprovechar el impulso que el actual gobierno está dando para promover proyectos estancados en el sector minería, además tiene una gran cantidad de propuestas en el sector construcción que pueden servir de impulso para reactivar el sector. A eso también se le suma al incremento de la producción y proyecciones al incremento de los minerales para los próximos años.

Lo que se plantea para la empresa, es utilizar el envión por parte del gobierno y la proyección de mejora de las condiciones mundiales con respecto a los precios de minería para comenzar a reducir el exceso inventario con el cual cuenta en la empresa. Lo que se busca es que la empresa comience a vender más partes como repuestos a las empresas mineras y de construcción, además de realizar una propuesta de servicio de mantenimiento para este tipo de máquinas y buscar nuevos mercados locales e internacionales para la venta de sus maquinarias.

2.2.4 Análisis de la organización y estructura organizacional

Organización:

La empresa cuenta con 22 trabajadores que laboran de lunes a viernes en horario de 08:00 a 18:00, con una hora de refrigerio y los sábados de 08:00 a 13:00. Sin embargo se puede extender la jornada laboral dependiendo de la demanda del mercado

- Gerente general:

Es el principal responsable de la administración de la empresa, coordina directamente con el jefe de planta, y el responsable comercial y de ventas sobre el desenvolvimiento de la empresa.

- Jefe comercial:

Es el responsable de contactar con los clientes que finalmente obtendrán los productos, sea personas naturales o jurídicas. Por otro lado, se encarga de la facturación, cobranza y otros temas de cara al cliente final. Cuenta con un asistente para ayudarlo con todos procesos del área.

- Jefe logístico:

Es el encargado de las compras y pago a los proveedores de materiales e insumos que se necesiten en la elaboración del producto. Además, se encarga del fraccionamiento así como de la recepción y despacho de envíos en el almacén de campo. Cuenta con un asistente logístico que se encarga de manejar y llevar control de los almacenes de la empresa

- Jefe de planta:

Es el principal responsable del correcto desenvolvimiento del proceso productivo de la planta. Cuenta con 1 supervisor que lo ayuda en el control y manejo del área.

- Jefe de diseño y desarrollo:

Es el encargado de realizar los procesos de mejora dentro de la empresa y llevar a cabo la implementación y capacitación de los nuevos procesos de mejora para el personal. Cuenta con un practicante de ingeniería para asistirlo en todos los procesos de mejora de la empresa.

- Operarios:

Son en total 12 los operarios que se encargan de realizar todas las operaciones de la fabricación y ensamblado de la maquinaria.

- Administrador:

Es el responsable de administrar la empresa, entre sus principales funciones administrativas está el manejo del día a día de la empresa, llevar la contabilidad, las finanzas y la planilla de la empresa. Cuenta con un asistente para llevar a cabo todos los procesos del área.

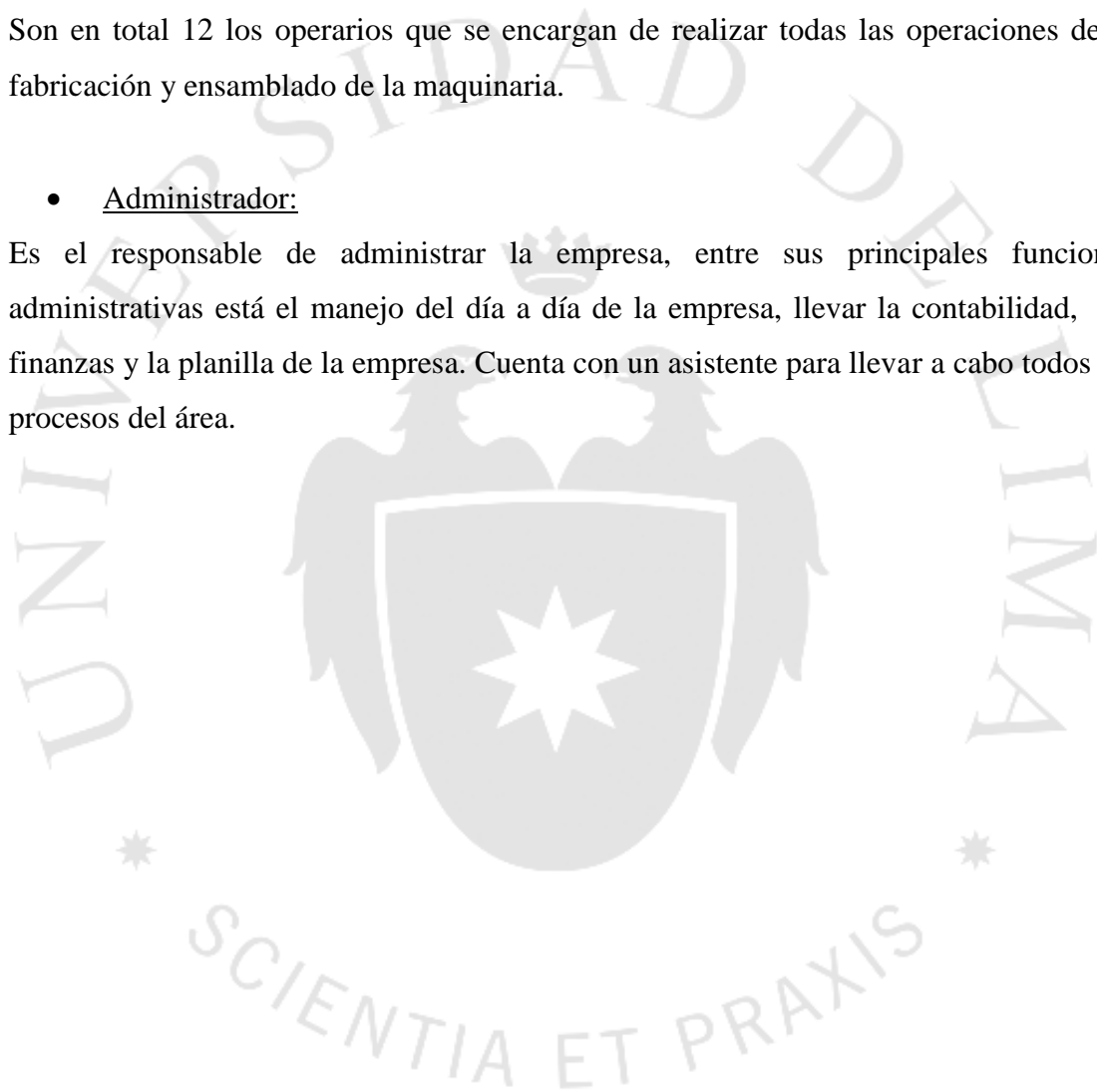
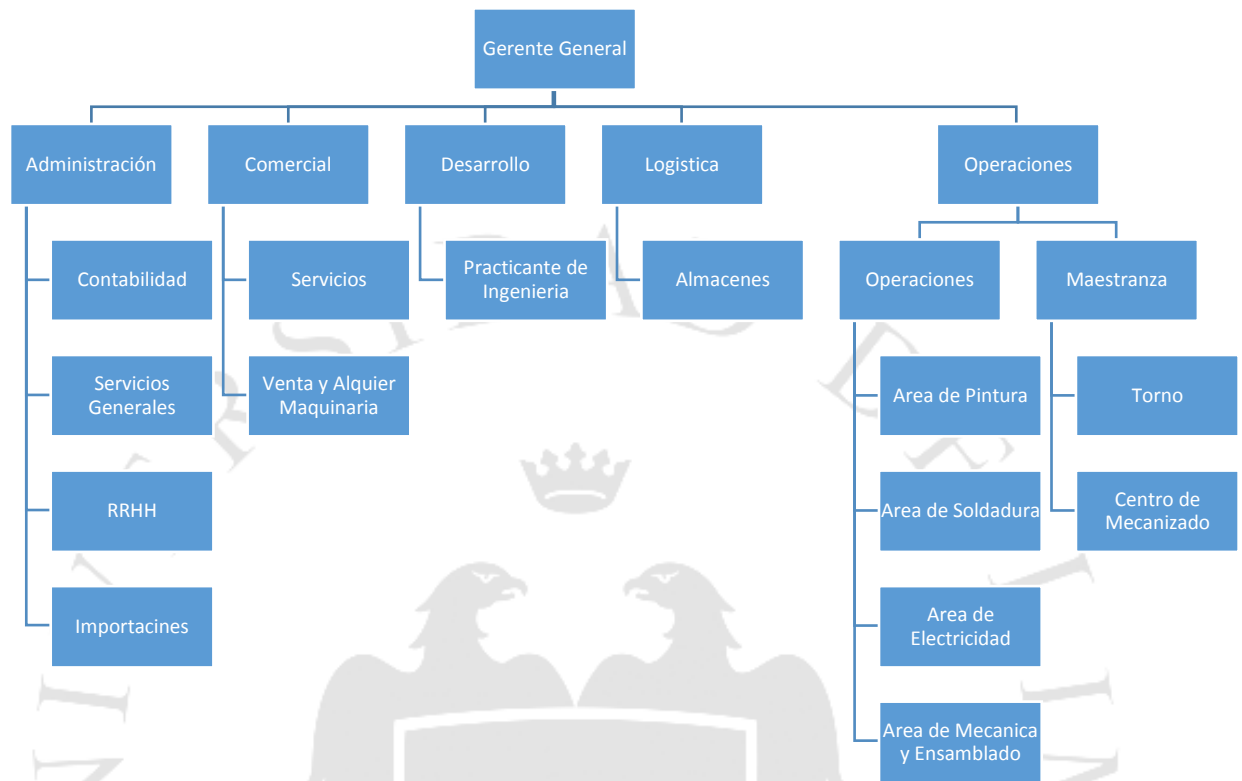


Figura 2.1

Organigrama de la empresa



Elaboración propia

Estructura organizacional:

La empresa cuenta con una organización tipo lineal, debido a que una sola persona toma todas las decisiones importantes y tiene la responsabilidad de mando, el Gerente General. La empresa está dividida en cinco departamentos principales de trabajo divididos principalmente por sus características de trabajo; el área administrativa se encarga de la admiración del negocio, el área comercial se encarga de las ventas y alquileres de las máquinas y cualquier servicio que se pueda ofrecer a los clientes, además es el principal nexo con el cliente final. El área de desarrollo, busca la mejora y optimización de procesos y desarrollo de nuevos productos. Logística, se encarga del almacenamiento y manejo de inventario, el área de operaciones tiene como principal función del desarrollo de producción del producto final y por último el área de maestranza se encarga de la fabricación de piezas en los centros mecanizados.

Como se puede ver, la empresa cuenta con una estructura interna que busca separar las distintas tareas dependiendo de sus características y habilidades, logrando una especialización laboral. La cual es necesaria dado que son maquinarias complejas y se necesita un alto grado de conocimiento, experiencia y especialización. Así mismo para lograr esta especialización necesaria en la empresa, como se ha descrito previamente, todas las tareas están agrupadas en departamentos independientes dependiendo de las habilidades y necesidades que requieren las tareas a cumplir.

El gerente asigna y distribuye el trabajo a los subordinados, formando una organización piramidal donde cada jefe recibe y transmite lo que pasa en su área. Cada jefe está a cargo de su área, la cual cuenta con un pequeño número de personas, debido al tamaño de la empresa, lo que genera que estos puedan llevar sus responsabilidades de control y supervisión de manera eficaz y eficiente.

Cabe mencionar que la empresa se ha encargado que todos los trabajadores de la empresa cuenten con salarios adecuados, seguros, pago de planillas al día con los beneficios de acuerdo a ley (CTS y gratificación.) Además cuentan con los 30 días de vacaciones. Es decir, la empresa se ha encargado de que todos los trabajadores sean formales y se cumplan todas las normas y legislaciones necesarias establecidas por la ley.

2.2.5 Identificación y descripción general de las áreas claves

La estructura interna de la empresa está distribuida en cinco áreas principales, estas áreas son; operación y mantenimiento, comercialización, administración y finanzas, logística y almacenamiento y diseño y desarrollo. En cada área encontramos varios procesos, los cuales son desarrollados día a día en las actividades de la empresa.

- **Operación y mantenimiento:**

Es una de las áreas más importantes de la empresa, ya que está encargada de la fabricación y ensamblado de las máquinas de perforación diamantina, comprende la mayor parte del personal de la empresa, ya que es el área de producción. Esta área tiene a su cargo el área de pintura, soldadura, electricidad y mecánica, además supervisar el área de maestranza, en la cual trabajan los operarios encargados del torno y el centro de mecanizado. En esta área laboran 12 operarios que realizan todas las actividades, los cuales están a cargo de un supervisor de plana y un jefe de planta, quienes son los encargados de toda el área.

- Administración y finanzas:

Esta área está encargada de realizar los procesos administrativos diarios de la empresa, procesos de importación y exportación, además está encargado de los servicios básicos de la empresa, realizar la contabilidad, las finanzas y dirigir el departamento de recursos humanos de la compañía. Para esto cuenta con un software especializado de contabilidad y cuentan con computadoras con sistemas operativos de Windows y con todos los programas necesarios de office. Todos los procesos involucrados en esta área están realizados por la administradora y un asistente.

- Diseño y desarrollo:

Esta área es de gran importancia ya que está encargada de realizar la mejora continua en la empresa, que puede estar relacionada con la mejora en los procesos y procedimientos o una mejora en los productos ya existentes o desarrollo de nuevos productos para ampliar la gama de productos de la empresa. Para esto se cuenta con diferentes programas como AutoCAD, Inventor, office, SAP2000, etc. Las mejoras desarrolladas, son generadas principalmente, por el gerente del área y un practicante de ingeniería.

- Comercialización:

Esta área es responsable de la venta y alquiler de maquinaria, además de procesar cotizaciones de clientes locales y extranjero y de la venta de repuestos a clientes a nivel local. Todas las actividades de esta área de la compañía son desarrolladas por el gerente del área y un asistente de ventas.

El proceso consiste en recibir el pedido del cliente, realiza la cotización por parte de la empresa, y enviarle la cotización al cliente. Luego se espera la respuesta del cliente, si se procede con el pedido o no. Si se trata de una venta de repuestos, estos son comprados por la empresa, sea local o internacionalmente y son enviado al cliente, por otro lado si se tratara de un pedido de maquinaria, se pasa el pedido al área de Operaciones y mantenimiento para ser procesado. Aquí se obtiene de un lead time para la entrega de la maquina al cliente.

- Logística y almacenamiento:

Está a cargo del manejo y control de los inventarios en la empresa, se responsabiliza por los niveles de stock de las diferentes partes necesarias para el ensamblado de los productos de la empresa. Además se encarga de la reposición de repuestos. Por último, están encargados del control y reposición de materia prima e insumos para las operaciones de la empresa. Cabe decir que todos los procesos de la logística y almacenamiento están realizados por dos empleados, un jefe de almacenes que se encarga de todas las compras nacionales e internacionales y un asistente logístico que maneja los inventarios.

La empresa cuenta con 2 almacenes de materia prima, en uno de ellos se almacenan los productos de procedencia extranjera y un segundo almacén que es utilizado para los insumos y materiales nacionales. El proceso de almacenaje comienza con la recepción del material, donde es calificado como nacional o internacional dependiendo su procedencia. Luego es codificado dependiendo de la parte y es almacenado en el lugar correspondiente dentro de los almacenes. Por último, se actualiza los niveles de las partes en el sistema para mantener los stocks lo más actualizados posibles.

Para el caso del almacén de productos terminados, la empresa cuenta con un lote fuera de la empresa donde almacena la maquinaria y además tiene un área dentro de la zona de producción para poder almacenar los productos que recién son retornados por los clientes debido a la culminación de su periodo de alquiler o porque los clientes solicitan un mantenimiento a sus máquinas, donde luego pasaran a ser desarmadas para ser reparadas y re potenciadas.

2.2.6 Determinación de posibles oportunidades de mejora

Previamente se identificaron las principales áreas de la empresa. A continuación, se utilizará el método de Factorial de Klein para determinar cuáles son los factores críticos en cada uno de estos procesos e identificar los problemas que serán atacados en el presente estudio. Para el cálculo de la efectividad de los procesos, se tomará en cuenta las siguientes calificaciones: Excelente (1,00), Bueno (0,50), Regular (0,25) y Malo (0,17).

Tabla 2.1

Análisis logística y almacenamiento

Pregunta	Excelente	Bueno	Regular	Malo
¿Cuenta con niveles optimos de Inventario?			x	
¿Control adecuado de inventario?			x	
¿Orden adecuado en los almacenes?	x			
¿Seguridad adecuada en los almacenes?		x		
¿Demoras en reposiciones?		x		
¿Proceso Logistico adecuado para la empresa?		x		
Total	1	3	2	0

Elaboración Propia

Podemos apreciar que en el área de logística y almacenamiento los elementos más problemáticos son los niveles óptimos de inventario y controles y supervisión del inventario. Por otro lado el elemento con mayor efectividad es el orden del almacén.

Tabla 2.2

Análisis administración y finanzas

Pregunta	Excelente	Bueno	Regular	Malo
¿Cuenta con sistemas de facturación adecuados?		x		
¿Cuenta con sistemas de cobranza adecuados?	x			
¿Cuenta con sistemas contables adecuados?		x		
¿Se paga a proveedores en tiempos establecidos?				x
¿Clientes pagan recibos a tiempo?			x	
¿Relacion con entidades Bancarias?			x	
¿Cuenta con reportes financieros adecuados?		x		
¿Relacion con el personal?	x			
Total	2	3	2	1

Elaboración Propia

Podemos apreciar que en el área de administración y finanzas el elemento más problemático es el pago de proveedores. Por otro lado los elementos con mayor efectividad son la relación con que tienen con el personal de trabajo y el sistema de cobranza que tienen.

Tabla 2.3

Análisis diseño y desarrollo

Pregunta	Excelente	Bueno	Regular	Malo
¿Mejoras Propuestas?		x		
¿Mejoras Desarrolladas?	x			
¿Desarrollo de nuevo proyectos?		x		
¿Desarrollo de nuevo productos?	x			
¿Tiempo de Implementación?		x		
¿Sistemas de control de implementación?			x	
Total	2	3	1	0

Elaboración Propia

Para diseño y desarrollo podemos apreciar que es una de las áreas más eficientes dado que esta no cuenta con ninguna calificación negativa, todos los elementos evaluados son considerados regulares, buenos o eficientes.

Tabla 2.4

Análisis comercialización

Pregunta	Excelente	Bueno	Regular	Malo
¿Políticas de cobranza adecuada para la empresa?		x		
¿Presentación del producto correcto?		x		
¿Canales de ventas utilizados son los adecuados?			x	
¿Cuenta con publicidad de la marca?			x	
¿La política de precios es correcta?	x			
¿Calidad del servicio postventa del producto?	x			
Total	2	2	2	0

Elaboración Propia

El área de comercialización es otra área bastante eficiente ya que solo cuenta con no cuenta con ningún elemento catalogado como malo, y por otro lado cuenta con un gran porcentaje de elementos clasificado como buenos y excelentes.

Tabla 2.5

Análisis operaciones y mantenimiento

Pregunta	Excelente	Bueno	Regular	Malo
¿Procesos cuentan con procedimientos?			x	
¿Orden en las áreas de trabajo adecuado?			x	
¿Flujo de materiales y equipos eficiente?				x
¿Disposición de desperdicios adecuado?		x		
¿Seguridad en las áreas de trabajo adecuado?		x		
¿Diseño de las areas eficiente?				x
¿Volumen de merma y desperdicios?			x	
¿Cantidad de horas extra trabajadas?				x
¿Calidad de materiales utilizados?		x		
Total	0	3	3	3

Elaboración Propia

El departamento de operaciones cuenta con el mayor número de elementos y es uno de los menos eficientes dado que cuenta con un alto porcentaje, tres elementos evaluados, de rubros calificados como malos estos son; cantidad de horas extras trabajadas, diseño de áreas y flujo de materiales. Por otro lado cuenta con varios el mismo número de elementos catalogados como buenos y regulares, en total cada categoría cuentan con tres elementos.

2.2.7 Selección del área a analizar

Luego de realizar el análisis de las diferentes áreas/procesos de la empresa utilizando el factorial de Klein, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 2.6

Tabla resumen

Area	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Total	Eficiencia
Logística & Almacenamiento	1,00	1,50	0,50	-	3,00	50%
Administración & Finanzas	2,00	1,50	0,50	0,17	4,17	52%
Diseño y Desarrollo	2,00	1,50	0,25	-	3,75	63%
Comercialización	2,00	1,00	0,50	-	3,50	58%
Operación y Mantenimiento	-	1,50	0,75	0,50	2,75	31%

Elaboración Propia

Una vez realizado el análisis, se ha determinado el área de operaciones y mantenimiento será analizado a mayor detalle dado que cuenta con el menor porcentaje de eficiencia. Por otro lado con este resultado se buscar enfocar los procesos a analizar y mejorar dentro de la empresa; por lo que los procesos y mejoras a realizar se realizaran en el área de operaciones y mantenimiento, teniendo en cuenta que puede haber otro proceso crítico ineficiente dentro de la empresa.

2.2.8 Identificación de los procesos claves en el área de operaciones y mantenimiento

Una vez seleccionada el área a analizar, identificamos los procesos claves del área de operaciones y mantenimiento:

- **Proceso de fabricación** – Proceso esencial dentro de la empresa el cual se ocupa de la fabricación de la maquinaria a vender.
- **Proceso de mantenimiento** – Proceso de reparación de maquinaria de perforación diamantina de la empresa como parte de la garantía así como un servicio.

2.2.9 Selección

Se selecciona el proceso de fabricación debido a la importancia de este, como podemos ver en el grafico P-Q, el principal ingreso de la empresa se da por el proceso de fabricación de las máquinas de perforación diamantina.

2.2.10 Análisis de los indicadores generales de desempeño de los procesos claves.

Productividad de mano de obra:

Se busca determinar la productividad de los empleados y determinar la cantidad de tiempo ocioso dentro de la empresa.

$$\text{Productividad} = \text{productos terminados} / \text{H-H trabajadas}$$

*La empresa no cuenta con información histórica con respecto a este indicador pero mide la cantidad de horas extras trabajadas por los empleados, actualmente se tiene entre 10

Productividad de materia prima:

Se busca determinar la productividad del material y determinar la cantidad de tiempo ocioso dentro de la empresa.

$$\text{Productividad} = \text{productos terminados} / \text{cantidad de materia prima}$$

*La empresa no cuenta con información histórica con respecto a este indicador

Nivel de calidad (% defectuosos)

Se busca obtener el número de piezas fabricadas falladas el número total de piezas fabricadas en un periodo de tiempo.

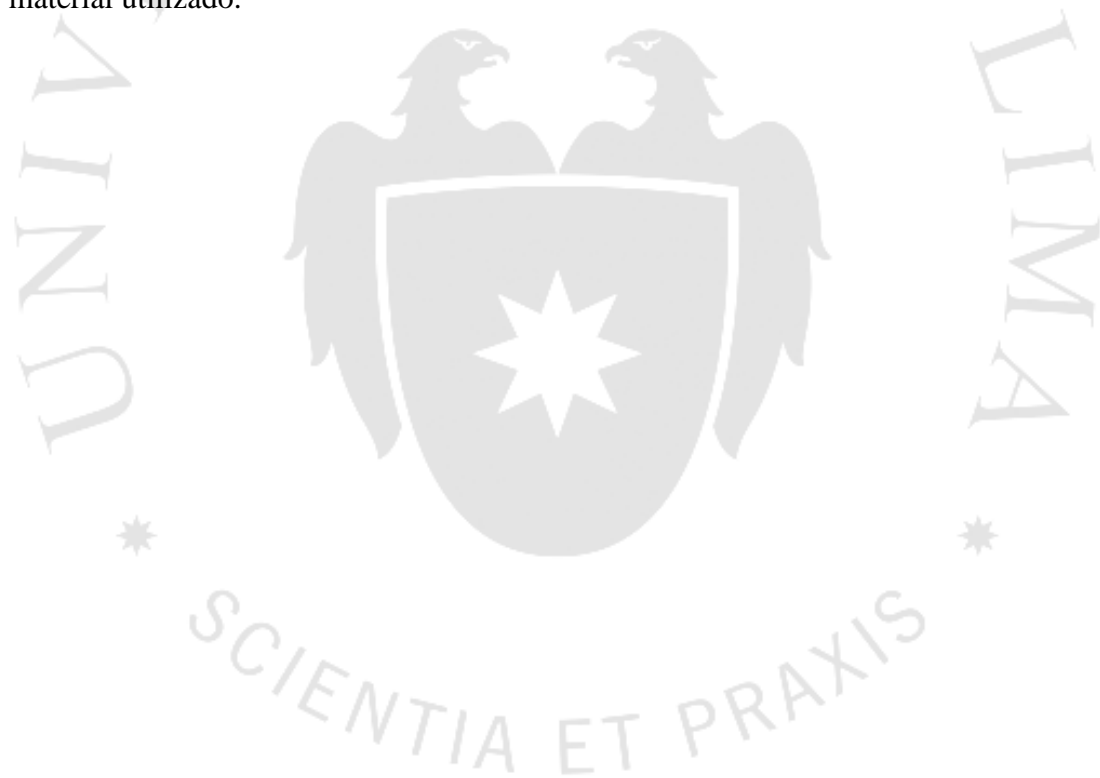
$$\% \text{Defectuosos} = (\text{total de piezas defectuosas} / \text{total de piezas fabricadas}) * 100$$

*Actualmente la empresa cuenta con % de defectuosos de 7%

2.2.11 Problema

Luego de ir a la empresa y recaudar toda la información necesaria podemos determinar que el área principal que cuenta con inconvenientes en el área de operaciones, principalmente en el proceso de fabricación, proceso que genera los principales ingresos de la empresa.

Teniendo en cuenta que es el proceso más importante, el problema principal de la empresa es la deficiencia en el proceso de fabricación y producción de la maquinaria de perforación diamantina, utilizada para perforaciones en el sector minero y construcción. Tenemos en cuenta el proceso principal cuenta con un 7% de productos defectuosos, las productividades de la empresa son menores a las establecidas por la empresa, las empresas cuentan con grandes sobrecostos por el pago de horas extras y el exceso de material utilizado.



CAPÍTULO III: Diagnóstico del Sistema o Proceso objeto de estudio.

3.1 Análisis del sistema o proceso objeto de estudio

3.1.1 Caracterización detallada del sistema o proceso objeto de estudio

El proceso elegido a mejorar es el de fabricación, resultado obtenido al ser el proceso más crítico del área que tiene menor eficiencia utilizando el método de Factorial de Klein.

El Proceso de fabricación comienza, con el diseño de las piezas a fabricar en programas de diseño por computadora como Autodesk; AutoCAD Mechanics e Inventor. Una vez que se tienen los diseños, se pasa al área de maestranza para comenzar con la fabricación de las piezas requeridas para el equipo que se está ensamblando, se utiliza como materia prima bloques de acero. Para comenzar el proceso en los equipos, se introducen las instrucciones en los sistemas de CNC y luego se espera que la maquinaria fabrique la pieza. Principalmente en el torno CNC, de marca Haas, y el centro de mecanizado CNC, también de marca Haas, se fabrican tapas, hacen y mordazas. Una vez que las piezas están terminadas, se realiza un control de calidad por parte de los mismos operarios para asegurarse que la pieza fue hecha de manera correcta utilizando equipos como vernier y micrómetros.

En simultáneo, se comienza el proceso de fabricación de las estructuras para los componentes de la máquina, entre ellos están la estructura del panel de control, de la unidad de potencia y el bastidor del equipo. Es por ello que el proceso comienza con barras de acero, las cuales están validadas con un certificado de calidad provisto por el proveedor de una tercera empresa al igual que con los bloques para el proceso de maestranza, y se cortan a las medidas correspondientes, luego se lijan los bordes con un esmeril y por último pasan por un control de calidad para verificar que las medidas de la pieza. Luego que pasan el control, van al área de soldado donde se arman los armazones utilizados con soldadura de oxiacetilénico.

Una vez que todas las piezas y estructuras del equipo han sido producidas por el área de maestranza, las piezas son llevadas al área de mecánica y ensamblado. En esta zona se comienza a unir todas las piezas individualmente fabricadas por la empresa y se utilizan componentes que han sido importados, como los indicadores, motores, bombas, etc. Durante el proceso de ensamblado se realizan puntos de control para asegurarse de que todos los componentes han sido ensamblados correctamente.

La siguiente etapa se realiza en la zona de electricidad, donde los diferentes elementos son llevados para que se realice todo el cableado correspondiente para que la máquina pueda funcionar. Una vez que las conexiones se realizan, se llevan los elementos nuevamente al área de mecanizado donde se realizan los últimos ajustes y se prueba el funcionamiento completo de la máquina.

Luego que ha sido aprobada la máquina pasa al área de pintura, donde se le da el color final a la máquina, donde se utiliza un compresor y una pistola de pintura para reducir el tiempo y uso de pintura, este es el último proceso al que está sometido el producto final.

Por último la máquina es embalada en cajas de madera, y queda lista para ser transportada y enviada a su respectivo cliente.

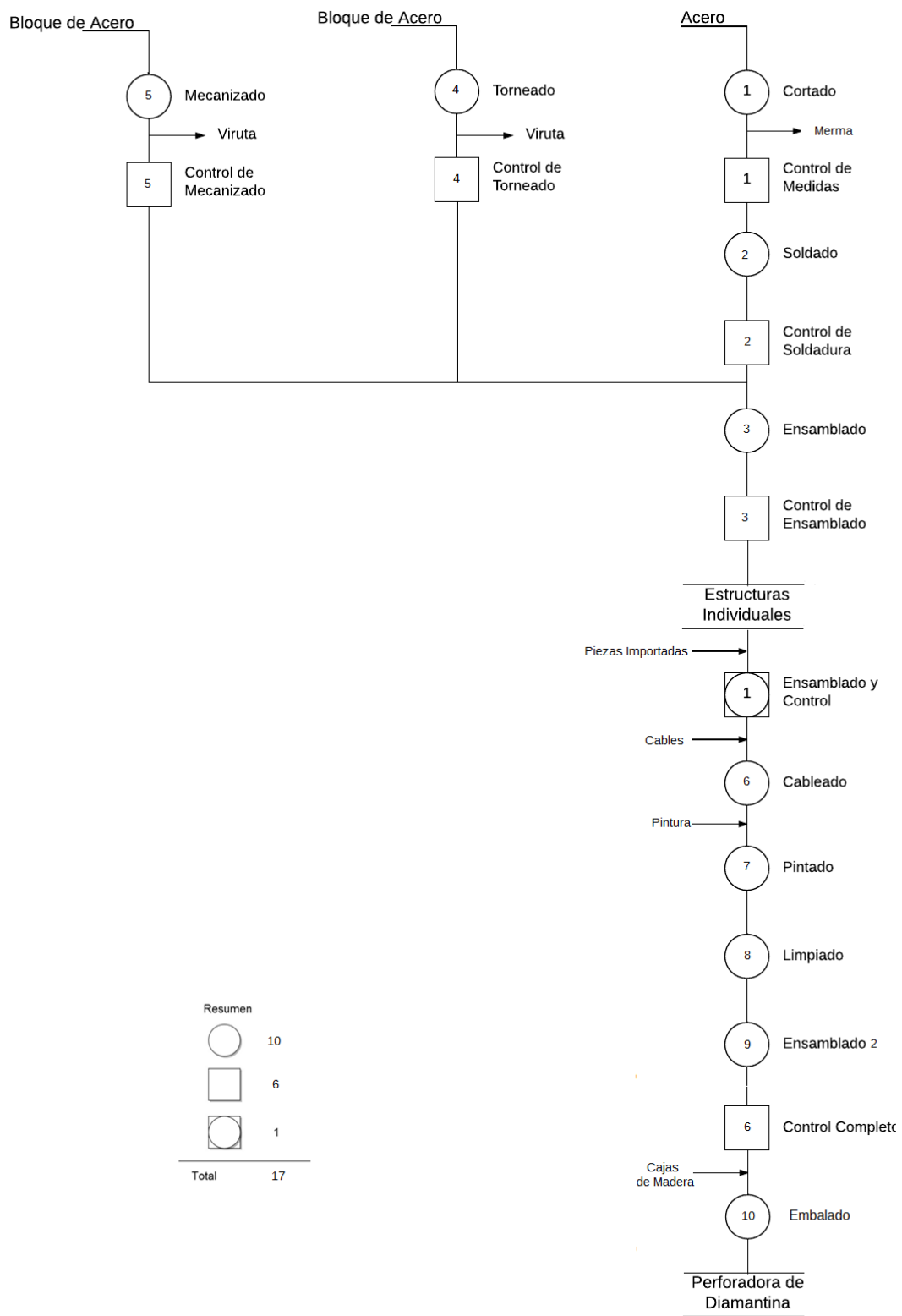
Por otro lado se aplica un proceso inverso para la gestión de mantenimiento donde se recibe la máquina del cliente, se desarma y se realiza una evaluación de los diferentes componentes, se reemplazan las piezas correspondientes y luego se vuelve a ensamblar y pintar para luego embalar y enviar nuevamente la perforadora al cliente.

Durante todo el proceso, los operarios cuentan con botas de seguridad, gafas, tapones de oídos y guantes para realizar sus labores. Además, los operarios que sueldan cuentan con equipos especiales para su protección, al igual que en el área de pintura.

En el siguiente diagrama podemos apreciar el diagrama de proceso de fabricación de la maquinaria de perforación diamantina Muki – H200. Este cuenta con un total de 17 etapas, las cuales 10 son operaciones, 6 controles y 1 proceso combinado entre operación y control. Con este proceso podemos apreciar las distintas operaciones y flujo del proceso de las operaciones principales del proceso productivo.

Figura 3.1

Diagrama de operaciones del proceso para la fabricación de máquina Muki H-200 y 400



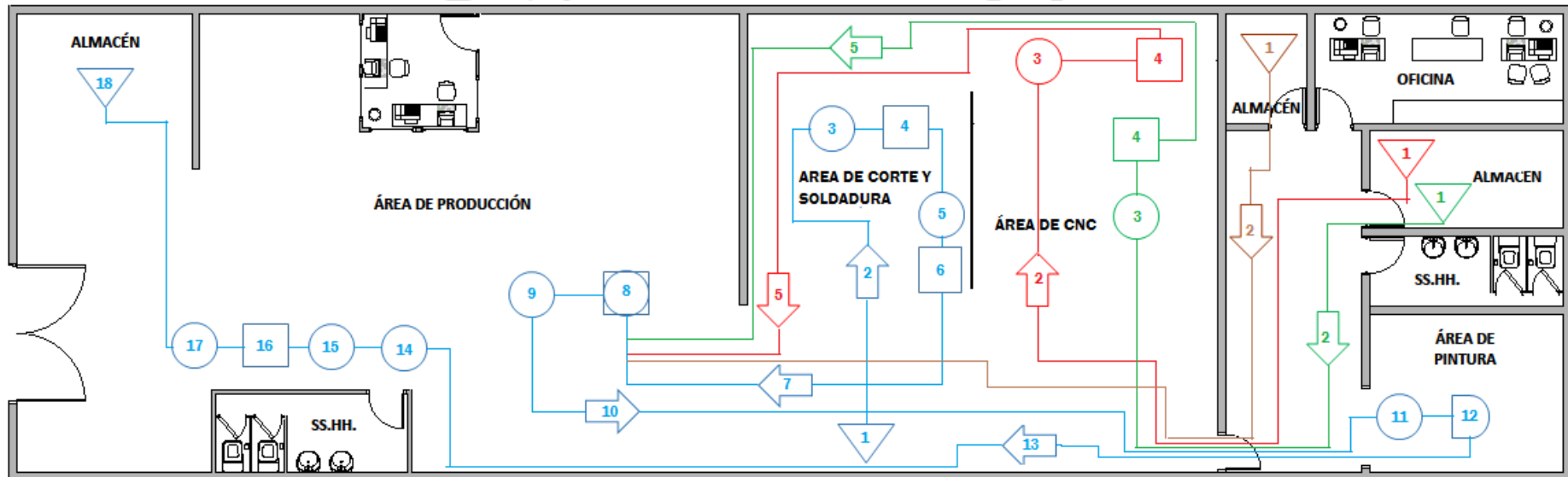
Elaboración Propia

Luego de ver el diagrama de operaciones, en el siguiente diagrama podemos apreciar el flujo y recorrido de los distintos materiales utilizados para la fabricación de la perforadora diamantina. Podemos apreciar que existen tres principales materiales, las barras de acero utilizados para las estructuras y los bloques de acero utilizado para la fabricación de piezas como ejes y mordazas. Además se cuenta con otro de piezas importadas a utilizar en la fabricación.



Figura 3.2

Diagrama de recorrido del proceso para la fabricación de máquina Muki H-200 y 400



Elaboración propia

Por último tenemos los cursogramas analíticos de los diferentes materiales donde se muestra el tiempo y distancia a recorrer por cada materia prima utilizada en el proceso productivo seleccionado. A continuación se presentan los Tablas resúmenes de las tres materias primas

Se toma en cuenta que para la torno se toma como base de referencia la fabricación de un husillo y para la fresa se toma como referencia la fabricación de una tapa por su mayor frecuencia; la base de medición fue de dos semanas de trabajo En la tabla 3.1 se puede apreciar las frecuencias de fabricación.

Tabla 3.1

Frecuencias de fabricación

Frecuencia torno CNC			Frecuencia fresa CNC		
Item	Frecuencia	Porcentaje	Item	Frecuencia	Porcentaje
Husillos	46	53%	Tapas	24	38%
Pasadores	26	30%	Aros	14	22%
Engranajes	5	6%	Mordazas	11	17%
Otros	10	11%	Acoples	6	10%
Total	87	100%	Otros	8	13%
			Total	63	100%

Elaboración Propia

Tabla 3.2

Diagrama de actividades del proceso para la fabricación de maquina Muki H-200

CURSOGRAMA ANALÍTICO				OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO						
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1 de 1				RESUMEN						
Objeto: Maquina de Perforacion Diamantina Muki H-200				ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA			
Actividad: Fabricacion Muki - H 200				Operación	10					
				Transporte	11					
				Espera	2					
Método: ACTUAL/PROPUESTO				Inspección	4					
Lugar: Tecdrill SAC				Almacenamiento	3					
Operarios(s): 18 Ficha num:				Distancia (m)	490					
				Tiempo (min)	7 746					
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO					Observaciones	
				○	◻	D	□	▽		
Sacar barras del almacén	-	0	10						x	Se extraen barras completas
Llevar barras de Acero a puesto de trabajo	12	4	2		x					
Medir barras de acero	-	0	40	x						
Llevar barras de acero al área de corte	12	2	2		x					
Realizar cortes	-	0	145	x						Se realizan los cortes necesarios
Llevar barras a mesa de trabajo	48	3	0,5		x					Se trasladan las barras por grupos
Control de cortes	-	0	30					x		
Clasificar barras cortadas en grupos según piezas finales	-	0	10	x						Se clasifican de acuerdo a la estructura
Llevar a almacén según clasificación	3	3	5		x					Se almacenan según estructura
Espera por operario del área de ensamblado	-	0	320					x		
Recoger grupo de barras	3	3	5		x					
Soldar piezas	1	0	2 184	x						Soldadura Mig-Mag
Control de Ensamblaje	3	0	90					x		
Llevar piezas a área de ensamblado	3	0	5		x					
Traer piezas faltantes del almacén	4	40	20		x					Se traen motores, cajas, bombas y las
Ensamblaje	1	0	2 280	x						Se ensambla toda la maquina
Control del ensamblaje	1	0	120					x		
Llevar piezas al almacén	3	8	20		x					
Piezas esperan por ser pintadas	-	0	480					x		
Operario saca piezas del almacén	3	8	10		x					
Preparar pieza para pintar	3	0	60		x					
Pintar primera capa	3	0	150	x						
Esperar secado	3	0	60					x		
Pintar segunda capa	3	0	130	x						
Esperar secado	3	0	60					x		
Llevar a área de ensamblado	3	16	10		x					
Cablear	1	0	480	x						
Prueba final	1	0	640					x		
Empacado	1	0	60	x						Se utilizan cajas de madera
Llevar a almacén de productos terminados	1	0	15		x					Se utiliza montacargas
Total		490	7 746	10	11	02	04	03		

Elaboración Propia

SCIENTIA ET PRAXIS

Tabla 3.3

Diagrama de actividades del proceso para los bloques de acero en el torno

CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO							
DIAGRAMA núm: 2 Hoja num: 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Bloque de Acero para torno		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA	ECONOMÍA		
Actividad: Fabricacion Muki - H 200		Operación		1					
		Transporte		2					
Método: ACTUAL/PROPUESTO		Espera		-					
		Inspección		-					
Lugar: Tecdrill SAC		Almacenamiento		1					
Operarios(s): 1 Ficha num:		Distancia (m)		40					
		Tiempo (min)		1 688					
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO					Observaciones
				○	◻	D	□	▽	
Sacar bloques del almacen		0	20						
Llevar bloques de acero del Almacen	1	20	3		x				
Tornear la pieza	8	0	205	x					
Llevar pieza terminada al almacen	1	20	3		x				
Total	-	40	1 688	01	02	0	0	01	

Elaboración Propia

Tabla 3.4

Diagrama de actividades del proceso para los bloques de acero en la fresa

CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO							
DIAGRAMA núm: 3 Hoja num: 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Bloque de Acero para fresa		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA	ECONOMÍA		
Actividad: Fabricacion Muki - H 200		Operación		1					
		Transporte		2					
Método: ACTUAL/PROPUESTO		Espera		-					
		Inspección		-					
Lugar: Tecdrill SAC		Almacenamiento		1					
Operarios(s): 1 Ficha num:		Distancia (m)		32					
		Tiempo (min)		1 550					
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO					Observaciones
				○	◻	D	□	▽	
Sacar bloques del almacen		0	20						
Llevar bloques de acero del Almacen	1	16	2.5		x				
Fresar la pieza	10	0	150	x					
Llevar pieza terminada al almacen	1	16	2.5		x				
Total	-	32	1 550	01	02	0	0	01	

Elaboración Propia

3.1.2 Análisis de los indicadores específicos de desempeño del sistema o proceso

Actualmente la empresa utiliza como indicadores de desempeño la eficiencia en el puesto de trabajo, tomando como referencia las horas esperadas de fabricación contra el total de horas de fabricación. La empresa tiene como estándar un 95% de eficiencia, según lo conversando en la entrevista con el Gerente General de la Empresa, pero este es mucho menor en varias estaciones de trabajo ya que hay varios operarios que necesitan de horas extras para realizar las labores encomendadas.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Recursos Planificados}}{\text{Recursos Utilizados}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{297}{387}$$

$$\text{Eficiencia Actual} = 76,74\%$$

Por otro lado la empresa maneja una política de productos defectuosos de 2% como máximo, para evitar altos costos por fabricar nuevamente las piezas, además de los costos asociados a la mano de obra y tiempo perdido.

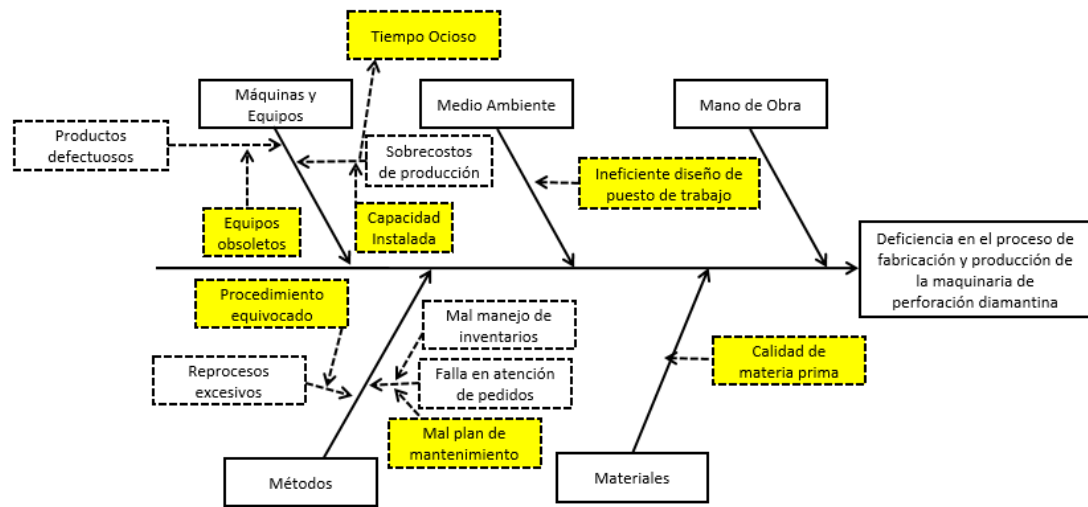
El último indicador del proceso de producción, es la productividad total; indicador que toma en cuenta el factor humano y el material. Se busca que este indicador este por encima del 70% para poder tener una productividad que permita a la empresa competir con las grandes empresas dentro del mercado

3.2 Determinación de las causas raíz de problema hallado

Luego de hallar el problema a mejorar, se procedió a determinar las causas raíces del problema. Para esto se realizó un diagrama de espina de pescado, o Ishikawa, para así encontrar todas las causas raíces, de modo tal que se establezca todas las raíces y luego hacer una posterior jerarquización y por ultimo establecer un correcto plan de acción para con las causas raíces más críticas.

Figura 3.3

Diagrama de Ishikawa



Elaboración Propia

Con el diagrama causa-efecto podemos obtener las siguientes causas raíces.

- Capacidad instalada del proceso de producción
- Ineficiente diseño del puesto de trabajo
- Procedimiento equivocado
- Equipos obsoletos
- Calidad de materia prima
- Tiempo ocioso
- Mal plan de mantenimiento

Para determinar las causas más importantes a tratar se ha hecho un análisis cualitativo con un ranking de factores donde se enfrentaron las causas entre sí para determinar cuál de ellas son las más importantes, dentro del análisis se tomará en consideración la opinión del gerente general, el cual está bastante involucrado en las operaciones diarias en el proceso de fabricación, obtenido en una conversación en una de las visitas.

Para el ranking de factores se analizarán todas las causas raíz que obtuvimos del diagrama de espina de pescado. Los factores a tomar en cuenta son los siguientes

1. Capacidad instalada del proceso de producción
2. Ineficiente diseño del puesto de trabajo
3. Procedimiento equivocado
4. Equipos obsoletos
5. Calidad de materia prima
6. Tiempo ocioso
7. Mal plan de mantenimiento

Tabla 3.5

Ranking de factores

Factores	1	2	3	4	5	6	7	CONTEO	Acumulado	Ranking
1	x	0	0	0	0	0	0	0	0%	7
2	1	x	0	0	1	0	1	3	13%	4
3	1	1	x	1	1	0	1	5	22%	2
4	1	1	1	x	1	0	1	5	22%	2
5	1	0	0	0	x	0	1	2	9%	5
6	1	1	1	1	1	x	1	6	26%	1
7	1	0	0	0	1	0	x	2	9%	5
								23	100%	

Elaboración Propia

Luego de realizar el análisis se determina que las principales causas son el tiempo ocioso en primer lugar y en segundo lugar el procedimiento equivocado en la empresa con los equipos obsoletos. Por otro lado los factores menos importantes son la capacidad instalada de sistema de producción, el mal plan de mantenimiento y la calidad de la materia prima.

3.3 Determinación y selección de las estaciones a analizar

Luego de terminar las principales causas raíces, se procede a determinar las estaciones en las cuales se va a aplicar el estudio de métodos tomando en cuenta los tres puntos de vista determinados; el humano, el económico y el técnico. El punto de vista humano consta de las estaciones donde puede causar algún problema de salud hacia el trabajador o algún accidente. Luego el punto de vista económico son estaciones donde se genera un

alto valor, tiene un alto costo de operación, donde se cuenta con maquinaria de alto costo y/o estaciones donde se tienen altos desperdicios. Por último, el punto de vista técnico son operaciones que retrasan el proceso de producción o generan cuello de botella, son aquellas estaciones donde se realizan trabajos claves que retrasan la producción.

Es por ello que se analizó las causas raíces determinadas en el diagrama de Ishikawa, y se compraron contra los tres puntos de vista para ver cuál causa raíz podía ser considerada como un factor humano, económico o tecnológico; se tomó en cuenta las características de los problemas encontrados y se analizó en cada factor para ver si podían ser considerados dentro de cada punto de vista. Luego de realizar el estudio se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3.6

Análisis punto de vista vs causas raíces.

Causas Raíces	Costo	Tecnica	Humano	Conteo	Puntaje
Tiempo Ocioso	x	x	x	3	1,00
Procedimiento equivocado	x	x	-	2	0,67
Equipos y/o herramientas obsoletos	x	x	-	2	0,67
Ineficiente puesto de trabajo	x	-	x	2	0,67
Calidad de Materia Prima	x	-	-	1	0,33
Mal plan de Mantenimiento	-	x	-	1	0,33
Capacidad Instalada	-	x	-	1	0,33

Elaboración propia

Una vez obtenido los resultados, podemos apreciar que el tiempo ocioso es considerada la causa raíz más importante al considerarse que puede ser analizada desde los tres puntos de vista. Luego podemos apreciar que el factor más importante es el económico ya que se considera en cinco de las siete causas. También se puede apreciar que hay tres otros factores en los cuales se toman dos de los tres puntos de vista establecidos previamente y hay tres otras causas que solo considera un punto de vista.

Luego para obtener cuales son las principales causas raíces a analizar se tomó el puntaje ponderado obtenido por el ranking de factores y el puntaje obtenido en la comparativa entre causas y puntos de vista, la cual se extrajo los siguientes resultados.

Tabla 3.7

Determinación de causas más importantes

Causas Raíces	Puntaje	Acumulado	Puntaje Final
Tiempo Ocioso	1,00	0,26	0,26
Procedimiento equivocado	0,67	0,22	0,14
Equipos y/o herramientas obsoletos	0,67	0,22	0,14
Ineficiente puesto de trabajo	0,67	0,13	0,09
Calidad de Materia Prima	0,33	0,09	0,03
Mal plan de Mantenimiento	0,33	0,09	0,03
Capacidad Instalada	0,33	-	-

Elaboración propia

En seguida podemos obtener que las principales causas raíces son las de mayor puntaje es decir;

1. Tiempo ocioso (TO)
2. Procedimiento equivocado (PE)
3. Equipos y/o herramientas obsoletas (EHO)
4. Ineficiente puesto de trabajo. (IPT)

Por último, se comparó estas causas raíces con las distintas estaciones dentro de la empresa, para ver en cuales se venía más reflejadas las principales causas raíces para determinar que estaciones de trabajo se deben realizar un estudio a detalle para poder mejorarlas. Este proceso se realiza para reducir las áreas a realizar las mejoras teniendo en cuenta que otras estaciones de trabajo pueden tener otro tipo de problemas.

Para determinarlas se multiplico el puntaje final obtenido para cada causa raíz, resultado obtenido cuando se determinó cuáles eran las más importantes, por uno si la causa es considerada en la estación o cero si no es considerado.

Tabla 3.8

Determinación de las estaciones más importantes

Estaciones	TO	PE	EHO	IPT	Conteo	Puntaje
Torneado / Mecanizado	1	1	0	0	2	0,41
Corte	1	0	0	1	2	0,35
Soldado	1	0	1	1	3	0,49
Pintura	1	0	1	1	3	0,49
Cableado	0	0	0	1	1	0,09
Ensamblado	1	0	0	0	1	0,26

Elaboración propia

Se puede apreciar que las tres estaciones a analizar son; torneado y mecanizado (CNC), soldado y pintura ya que son las que obtienen un mayor puntaje que el resto de estaciones.

3.4 Alcances y limitaciones de la investigación

Alcances:

- El presente estudio explorará una mejora en un proceso de la empresa en cuestión, dedicada a la fabricación de maquinaria de perforación diamantina.
- La investigación tomara en cuenta únicamente a las empresas dedicadas a la fabricación de perforadoras diamantinas en el rubro de la minería y construcción en el Perú.

Limitaciones:

- La falta de registros e información es bastante grande dado al desorden y desorganización de la empresa.
- Al ser pequeñas empresas, las informaciones no son públicas y estas son muy cerradas a brindar su información
- La data recolectada solo toma en cuenta las visitas que se realizaron en el 2016, el resto se asume como data correcta al ser provista por la empresa.
- La empresa cuenta con un espacio alquilado, por lo cual la construcción, destrucción o movilización de elementos en las instalaciones no es posible. Solo se podría mover la maquinaria y mesas de trabajo.

3.5 Planificación del diagnóstico

Para realizar el diagnóstico de las estaciones sujetas a estudio, se planteó de la siguiente manera:

- CNC: Se realizarán observaciones y mediciones del uso de maquinaria y recorridos. Se hablará con el operario para entender de mejor manera el proceso evaluado. Programado para el 24 de Setiembre.
- Soldado: Se realizarán observaciones y mediciones del proceso, enfocando en los movimientos dentro de la estación. Se hablará con el operario para entender de mejor manera el proceso evaluado. Programado para el 24 de Setiembre.
- Pintura: Se realizarán observaciones y mediciones del proceso enfocado en los recorridos y movimientos dentro de la estación. Se hablará con el operario para entender de mejor manera el proceso evaluado. Programado para el 1 de Octubre
- Revisión final: Se realizará un seguimiento y revisión el día 1 de Octubre con las estaciones CNC y soldado por si quedo algún duda sin resolver. Ese día se hablará con el gerente para resolver cualquier duda pendiente.

3.6 Registro de datos de las estaciones objetos de estudio

Estación CNC – Torno y Mecanizado

En referencia a la estación de CNC, se realizó un análisis de diagrama de actividades múltiples, específicamente un diagrama hombre – máquina, para poder registrar y mostrar el trabajo coordinado y simultáneo entre hombre y máquina. Además permite determinar y analizar el porcentaje de eficiencia de uso de los recursos y determinar tiempos improductivos. Por otro lado se realizará un estudio del micro-movimiento, donde se estudiará al operario y los movimientos que hace, dentro de la estación de trabajo para determinar la eficiencia del trabajador en la zona de trabajo. Por último se analizará la cantidad de productos defectuosos en la estación.

Para el registro de micro-movimientos se registró todos los movimientos realizados por el operario utilizando los therbligs. Con esto se determinara que

operaciones son eficientes y cuales son ineficientes. Además se registró el tiempo de las actividades de que se realizó el operario para la fabricación de una pieza.

Tabla 3.9

Registro de micromovimientos en estación CNC

		MATERIAL / OPERARIO / EQUIPO		
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1 de 1		RESUMEN		
Objeto: Operario CNC		ACTIVIDAD		ACTUAL
Actividad: Fabricacion en CNC		Operación		10
		Transporte		03
Método: ACTUAL/PROPUESTO		Espera		03
		Inspección		03
Lugar: Tecdrill SAC - CNC		Almacenamiento		0
Operarios(s): 1 Ficha num:		Eficiencia		57,89%
		Tiempo (seg)		3 379
Movimiento	ACTIVIDAD	Tiempo (seg)	Descripcion	Tipo
Planear	Operación	135	Planificar tarea según requerimientos	Ineficiente
Usar	Operación	287	Programar CNC	Eficiente
Buscar	Transporte	169	Ir a almacen a traer bloque de acero	Ineficiente
Tomar	Operación	5	Coger la pieza	Eficiente
Mover	Transporte	179	Llevar al CNC	Eficiente
Precolocar en posición	Operación	11	Colocar la pieza en la mordaza del torno	Eficiente
Inspeccionar	Inspección	9	Revisar la colocacion	Ineficiente
Colocar	Operación	47	Ajustar la pieza en la mordaza	Eficiente
Usar	Operación	2	Activar programación del CNC	Eficiente
Demora inevitable	Espera	900	Esperar que la pieza se corte	Ineficiente
Usar	Operación	5	Parar CNC	Eficiente
Demora inevitable	Espera	60	Esperar que la pieza se enfrie	Ineficiente
Inspeccionar	Inspección	192	Revisar que se este haciendo de la	Ineficiente
Usar	Operación	2	Activar nuevamente el CNC	Eficiente
Demora inevitable	Espera	900	Esperar que la pieza se corte	Ineficiente
Usar	Operación	71	Desacoplar pieza terminada del CNC	Eficiente
Tomar	Operación	5	Tomar la pieza	Eficiente
Inspeccionar	Inspección	266	Realizar control de calidad	Ineficiente
Mover	Transporte	134	Llevar a siguiente estación	Eficiente

Elaboración propia

Luego del análisis se determinó que la estación de trabajo cuenta con 19 movimientos y cuenta con una eficiencia de 58% al contar con 11 movimientos eficientes y 8 ineficientes. Por otro lado podemos apreciar que la eficiencia de tiempos es mucho menor; 22,13%, ya que el tiempo total es de 3379 segundos y el tiempo de los movimientos eficientes es de 748 segundos.

Tomando los tiempo obtenidos en el estudio de micro-movimientos se realizó un diagrama de hombre maquina donde para determinar la relación entre el operario y la maquina utilizada, así como su utilización y tiempo de ciclo. Todo esto con la finalidad de registrar la actividad actual en la estación y poder determinar mejoras a futuro.

Tabla 3.10

Tareas del operario en la estación CNC

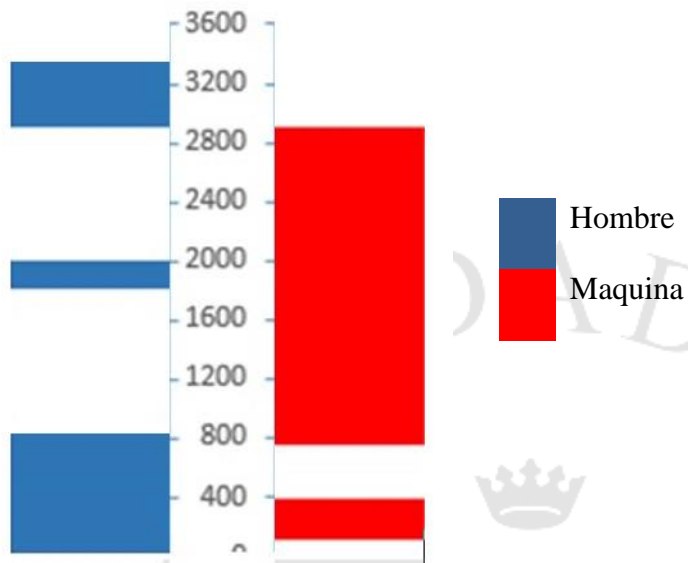
Tarea	H/M	Tiempo Obs
Planificar tarea según requerimientos	H	135
Programar CNC	H/M	287
Ir a almacén a traer bloque de acero	H	169
Coger la pieza	H	5
Llevar al CNC	H	179
Colocar la pieza en la mordaza del torno	H/M	11
Revisar la colocación	H/M	9
Ajustar la pieza en la mordaza	H/M	47
Activar programación del CNC	H/M	2
Esperar que la pieza se corte	M	900
Parar CNC	H/M	5
Esperar que la pieza se enfríe y deje de rotar	M	60
Revisar que se este haciendo de la manera correcta	H/M	192
Activar nuevamente el CNC	H/M	2
Esperar que la pieza se corte	M	900
Desacoplar pieza terminada del CNC	H/M	71
Tomar la pieza	H	5
Realizar control de calidad	H	266
Llevar a siguiente estación	H	134

Elaboración Propia

En esta tabla se puede apreciar las diferentes tareas realizadas además de los tiempos observados. Por otro lado se puede apreciar que tareas son realizadas por el operario (H), que tareas son realizadas por la Máquina (M) individualmente y que tareas son realizadas por ambos el operario y la máquina (H/M)

Figura 3.4

Diagrama hombre – máquina



Elaboración Propia

Luego de obtener los resultados registrados en la estación, se puede apreciar los siguientes resultados:

Tiempo de Ciclo = 3 379 segundos

$$\text{Porcentaje de utilización del operario} = \frac{\text{Tiempo de trabajo del operario}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de utilización del operario} = \frac{1\ 519}{3\ 379} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de utilización del operario} = 44,95\%$$

$$\text{Porcentaje de utilización de la máquina} = \frac{\text{Tiempo de trabajo del operario}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de utilización de la máquina} = \frac{2\ 486}{3\ 379} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de utilización de la máquina} = 73,57\%$$

Por último se analizará los productos defectuosos en la estación analizada, se tomara en cuenta los productos que no siguen los requerimientos y especificaciones técnicas necesarias. La data histórica recogida toma en cuenta las dos semanas previas a la primera visita, Semana 1 se toma en cuenta el registro de la semana de nuestra primera visita y la semana 2 toma en cuenta la semana de nuestra segunda visita

Tabla 3.11

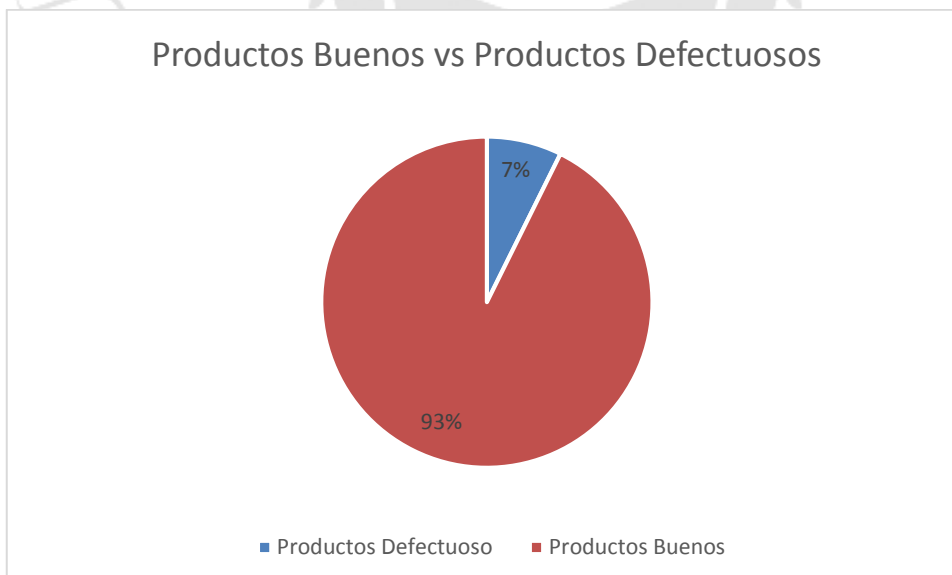
Registro de productos defectuosos en el CNC

	Data Historica	Semana 1	Semana 2	Total	Porcentaje
Productos Defectuoso	6	2	3	11	7%
Productos Buenos	65	34	40	139	93%
Productos Fabricados	71	36	43	150	100%

Elaboración Propia

Figura 3.5

Productos buenos vs productos defectuosos



Elaboración Propia

Podemos apreciar de la tabla 3.7 y Figura 3.8 que existe un 7 % de defectuoso que no siguen las especificaciones requeridas.

Estación pintura

En referencia a la estación de pintura, se realizó un registro de micro-movimientos se registró todos los movimientos realizados por el operario utilizando los **therbligs**. Con esto se determinara que operaciones son eficientes y cuales son ineficientes. Además esto permitirá determinar la eficiencia de la operación en general. Por otro lado se realizara un análisis del principio de movimientos y diagrama de recorrido para determinar la eficiencia de los movimientos del operario dentro de la estación de trabajo

Para el registro de micro-movimientos se registró todos los movimientos realizados por el operario utilizando los therbligs. Con esto se determinara que operaciones son eficientes y cuales son ineficientes.

Tabla 3.12

Registro de Micromovimientos en la estación de pintura

		MATERIAL / OPERARIO / EQUIPO	
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1 de 1		RESUMEN	
Objeto: Operario CNC		ACTIVIDAD	ACTUAL
Actividad: Pintado		Operación	15
		Transporte	03
		Espera	01
Método: ACTUAL/PROPUESTO		Inspección	02
Lugar: Tecdrill SAC - CNC		Almacenamiento	0
Operarios(s): 1 Ficha num:		Eficiencia	47,62%
Movimiento	ACTIVIDAD	Descripcion	Tipo
Planear	Operación	Planificar tarea según requerimientos	Ineficiente
Buscar	Operación	Ir a la zona de ensamble a traer las piezas	Ineficiente
Tomar	Operación	Tomar piezas	Eficiente
Mover	Transporte	Mover Piezas a la zona de pintura	Eficiente
Colocar en posición	Operación	Colocar en posición las piezas	Eficiente
Inspeccionar	Inspección	Ver si las piezas esta en condiciones de ser pintadas	Ineficiente
Buscar	Operación	Ir al almacen para buscar la maquina de pintar y pintura	Ineficiente
Seleccionar	Operación	Seleccionar las pinturas a usar	Ineficiente
Tomar	Operación	Tomar pinturas y maquina	Eficiente
Mover	Transporte	Mover pinturas y maquinas al area de pintura	Eficiente
Planear	Operación	Preparar maquina para pintar	Ineficiente
Buscar	Operación	Ir al compresor de la maquina	Ineficiente
Usar	Operación	Prender el compresor	Eficiente
Buscar	Operación	Regresar al area de pintura	Ineficiente
Usar	Operación	Usar maquina de pintura	Eficiente
Buscar	Operación	Ir al compresor	Ineficiente
Usar	Operación	Apagar maquina	Eficiente
Demora Inevitable	Espera	Esperar que la capa de pintura se seque	Ineficiente
Inspeccionar	Inspección	Revisar que el componente este bien pintado	Ineficiente
Tomar	Operación	Tomar las pieza pintada	Eficiente
Mover	Transporte	Mover pieza a la zona de ensamble	Eficiente

Elaboración propia

Luego del análisis se determinó que la estación de trabajo cuenta con 21 movimientos y cuenta con una eficiencia de 48% al contar con 10 movimientos eficientes y 11 ineficientes.

Luego de realizar el estudio de movimientos, se analizó los principios de eficiencia de movimientos. Estos principios se pueden categorizar en tres grupos; los relativos al uso del cuerpo humano, los relativos a la disposición y condiciones del sitio de trabajo y los relativos al diseño del equipo y las herramientas. Cada grupo cuenta con varios principios por los cuales se puede analizar el desempeño del operario y determinar la eficiencia de sus movimientos. A continuación están todos los principios de eficiencia de movimientos:

Los relativos al uso del cuerpo humano

- “Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente. Además estas no deben estar inactivas al mismo tiempo
- Los movimientos de las manos deben ser simétricos y en simultaneo al acercarse y alejarse del cuerpo
- Siempre se debe aprovechar el impulso físico como ayuda para realizar una tarea
- Es preferible realizar movimientos continuos siguiendo una línea recta en vez de utilizar líneas que tengan cambios bruscos.
- Deben emplearse el menor número de elementos o therbligs y éstos se deben limitar a los movimientos más básicos posibles
- Todo trabajo de pies debería ser ejecutado en simultáneo con el trabajo de manos, si es posible.
- Evitar utilizar los dedos índice, el anular y el meñique para manejar cargas pensadas o por periodos de tiempo extendido, es preferible utilizar el dedo cordial y pulgar.
- Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operario está de pie.
- Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.

Los relativos a la disposición y condiciones en el sitio de trabajo

- Se debe destinar sitios fijos para las herramientas y material para permitir la fluidez en la secuencia de operaciones y reducir los movimientos de buscar y seleccionar
 - Utilizar depósitos con alimentación por gravedad y entrega por caída o deslizamiento para reducir los tiempos alcanzar y mover.
 - Todos los materiales y las herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo.
 - Conviene proporcionar un asiento cómodo al operario, en que sea posible tener la altura apropiada para que el trabajo pueda llevarse a cabo eficientemente, alternando las posiciones de sentado y de pie.
 - Se debe contar con el alumbrado, la ventilación y la temperatura adecuados.
 - Deben tenerse en consideración los requisitos visuales o de visibilidad en la estación de trabajo, para reducir al mínimo la fijación de la vista.
 - Un buen ritmo es esencial para llevar a cabo suave y automáticamente una operación y el trabajo debe organizarse de manera que permita obtener un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.

Los relativos al diseño del equipo y las herramientas

- Deben efectuarse, siempre que sea posible, operaciones múltiples con las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola, o bien disponiendo operaciones múltiples en los dispositivos alimentadores
 - Todas las palancas, manijas, volantes y otros elementos de control deben estar fácilmente accesibles al operario y deben proporcionar una ventaja mecánica.
 - Las piezas en trabajo deben sostenerse en posición por medio de dispositivos de sujeción.
 - Siempre que exista la posibilidad de utilizar herramientas mecanizadas o semiautomáticas, debe hacerse. (Gestiopolis.com, 2003)

Si bien en la estación de pintura, el operario sigue correctamente los principios relativos al cuerpo humano y al diseño de equipos y las herramientas, existe un gran problema en los principios relativos al diseño y condiciones del puesto de trabajo. Tomando como referencia el micro-movimiento y flujos del operario podemos que el mayor problema

existe en el diseño del puesto de trabajo al tener varios elementos fuera del perímetro del puesto, no existe sitios fijos para el material o la maquinaria y no cuenta con un puesto de trabajo cómodo para el operario. Además por las visitas realizadas y la medición obtenida, la exposición al ruido actual excede el límite permitido con 91 dB por una exposición promedio de 4 horas al día.

Tabla 3.13

Ruido

RUIDO

Nombre	Actual	Exposición (h)	Status
Pintura	91	4	No cumple

Elaboración Propia

Podemos apreciar que la exposición actual no cumple con el Límite máximo permitido de 88 dB para una exposición de 4 horas establecida por el Ministerio del Trabajo, en la norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico.

Estación corte

En referencia a la estación de corte, se realizó un estudio de micro-movimientos, del proceso en su totalidad, para identificar todos los movimientos que emplea el operario para desempeñar correctamente su trabajo, utilizando los therbligs. Con éste primer estudio, se obtiene un balance de eficiencia de las operaciones que realiza. Además, se empleará la técnica del diagrama bimanual para las actividades correspondientes a la preparación previa al corte en la sierra circular -esto debido a que el diagrama bimanual no aplica en un proceso completo si existe traslado del personal que realiza las actividades-, para también evaluar si el desempeño es el adecuado.

Para el registro de micro-movimientos se registró todos los movimientos realizados por el operario utilizando los therbligs. Con esto se determinara que operaciones son eficientes y cuales son ineficientes.

Tabla 3.14

Registro de micromovimientos en la estación de corte

		MATERIAL / OPERARIO / EQUIPO		
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1 de 1		RESUMEN		
Objeto: Operario Corte	ACTIVIDAD		ACTUAL	
Actividad: Corte	Operación		19	
	Transporte		01	
	Espera		0	
Método: ACTUAL/PROPUESTO	Inspección		04	
Lugar: Tecdrill SAC - Estacion Corte	Almacenamiento		0	
Operarios(s): 1 Ficha num:	Eficiencia		70.83%	
	Tiempo (seg)		1 082	
Movimiento	ACTIVIDAD	Tiempo (seg)	Descripcion	Tipo
Planear	Operación	135	Planificar tarea según requerimientos	Ineficiente
Buscar	Transporte	150	Buscar Barras de acero	Ineficiente
Tomar	Operación	6	Tomar barras de acero	Eficiente
Mover	Operación	168	Llevar barras a la mesa de trabajo	Eficiente
Colocar en posición	Operación	51	Colocar barra sobre la mesa de trabajo	Eficiente
Usar	Operación	145	Usar wincha para medir piezas	Eficiente
Usar	Operación	27	Marcar según las medidas requeridas	Eficiente
Inspeccionar	Inspección	19	Revisar que las medidas sean las correctas	Ineficiente
Tomar	Operación	5	Coger barras	Eficiente
Mover	Operación	28	Llevar barras a la sierra circular	Eficiente
Precolocar en posición	Operación	5	Poner en posición	Ineficiente
Inspeccionar	Inspección	3	Controlar que este en la posición correcta	Ineficiente
Colocar en posición	Operación	6	Ajustar a la posición correcta	Eficiente
Usar	Operación	2	Prender maquina	Eficiente
Usar	Operación	126	Utilizar la maquina para cortar	Eficiente
Usar	Operación	2	Apagar maquina	Eficiente
Inspeccionar	Inspección	23	Controlar que este bien cortado	Ineficiente
Tomar	Operación	5	Tomar pieza	Eficiente
Mover	Operación	12	Llevar pieza a pulidora	Eficiente
Usar	Operación	2	Prender maquina	Eficiente
Usar	Operación	37	Pulir pieza	Eficiente
Usar	Operación	2	Apagar maquina	Eficiente
Inspeccionar	Inspección	14	Revisar que la pieza este bien	Ineficiente
Mover	Operación	109	Llevar pieza area de soldado	Eficiente

Elaboración propia

Al realizar el análisis, se determinó que la estación de trabajo cuenta con 24 movimientos y cuenta con una eficiencia de 70,83% al contar con 19 movimientos eficientes y 5 ineficientes.

Tabla 3.15

Diagrama bimanual de la estación de corte

DIAGRAMA BIMANUAL									
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1 de 1									
Objeto: Operario de Corte									
Actividad: Corte									
Método: ACTUAL/PROPUESTO									
Lugar: Tecdrill SAC - Área de corte									
Descripción de Mano Izquierda	●	→	◀	▼	●	→	◀	▼	Descripción de Mano Derecha
Recoge vernier	x							x	Sostiene barra de acero
Hasta barra de acero en el centro de mesa de trabajo		x			x				Coloca barra de acero centrada en la mesa de trabajo
Sostiene vernier				x	x				Recoge lapiz
Sostiene vernier				x		x			Hasta barra de acero
Realiza medición	x				x				Marca la barra de acero según dimensión requerida
Sostiene vernier				x	x				Mueve barra de acero para sgte medición
Realiza medición	x				x				Marca la barra de acero según dimensión requerida
Sostiene vernier				x	x				Mueve barra de acero para sgte medición
Realiza medición	x				x				Marca la barra de acero según dimensión requerida
Sostiene vernier				x	x				Mueve barra de acero para sgte medición
Realiza medición	x				x				Marca la barra de acero según dimensión requerida
Sostiene vernier				x	x				Mueve barra de acero para sgte medición
Realiza medición	x				x				Marca la barra de acero según dimensión requerida
Lleva vernier hasta lado izq de la mesa		x				x			Lleva lapiz hasta lado derecho de la mesa
Toma barra de acero	x				x				Toma barra de acero

Elaboración Propia

El diagrama Bimanual, debido a que la estación de trabajo no se emplea sobre una sola plataforma de trabajo, se ha realizado en la mesa de medición para posteriormente realizar los cortes.

Teniendo en cuenta los principios relativos del uso del cuerpo, al diseño del equipo y herramientas y a la disposición y condiciones de trabajo; se observa que, si bien en la estación de corte, el operario sigue correctamente los principios relativos tanto al cuerpo humano y al diseño de equipos y las herramientas, la ineficiencia observada en la estación de trabajo se debe dado que existe un problema en los principios relativos al diseño y condiciones del puesto de trabajo. Tomando como referencia los micro movimientos y flujos del operario podemos registrar que el mayor problema existente es en el diseño del puesto de trabajo, al tener que recurrir a numerosos traslados debido a que los materiales para iniciar el proceso están alejados, así como también por la falta de disposición de un vehículo para el traslado de las piezas una vez ya realizado el corte.

Además por las visitas realizadas y la medición obtenida, se puede determinar que la exposición al ruido en ésta estación de trabajo se separa en dos momentos marcados: al utilizar la sierra circular, y cuando realiza la medición y traslado de materiales. En ésta primera, el nivel de ruido alcanza los 94 db, y en la segunda, 83db.

Tomando como supuesto que la sierra eléctrica sólo es utilizada el 25% del tiempo efectivo de trabajo, y el 75% restante es el trabajo de traslado, preparación y medición del material, se determina que el ruido ponderado al que está expuesto el trabajador es de

$$D = 10 * \text{LOG}(1/8 * 2 * 10^{(94 * 0,1)} + 1/8 * 6 * 10^{(83 * 0,1)})$$

$$D = 88,91 \text{ db}$$

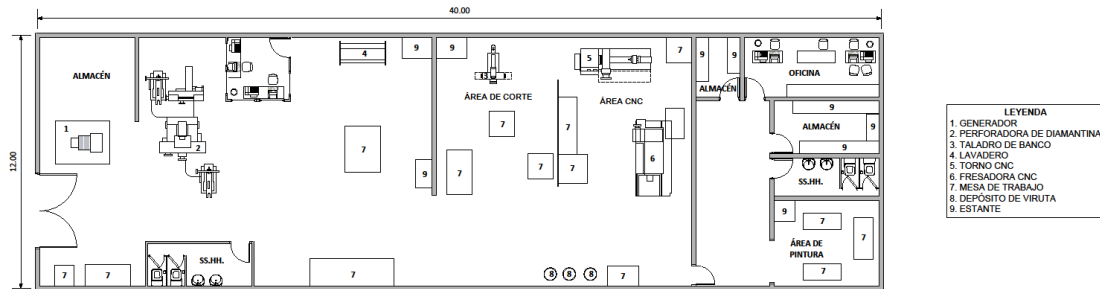
Si bien es cierto, la exposición máxima en 8 horas de jornada laboral es 85 db, se observa que el trabajador cuenta con un EPP Auditivo marca 3M , como referencia el serie 1270, lo cual según las especificaciones del producto, ofrecen una reducción de hasta 25db. De esta manera, se puede concluir que sí cumple con el límite establecido para una jornada laboral de 8 horas.

3.7 Disposición actual de los puestos de trabajo

A continuación se muestra la disposición de planta y de los puestos de trabajo

Figura 3.6

Disposición de Planta



Elaboración Propia

3.8 Revisión a detalle de las estaciones objetos de estudio

Luego de hacer registrado toda la información necesaria dentro de la estación de estudio, se procedió a examinar con un mayor detalle el funcionamiento de la estación. Para esto se le realizaron una serie de preguntas al operario para poder determinar y entender de mejor manera el porqué de la estación y la forma que se hacen las cosas. El análisis fue realizado en dos etapas; la primera en donde se hacen preguntas generales, preguntas preliminares, de la estación y con esas respuestas luego se profundizó sobre estas respuestas.

A continuación se muestra el cuestionario y respuestas del operario o técnico especializado de cada estación en estudio:

Estación CNC

Preguntas preliminares:

- Propósito - *¿Qué se hace en realidad? ¿Por qué hay que hacerlo?*

Se fabrican piezas especializadas, las cuales son componentes de la máquina de perforación diamantina. Se debe realizar dado que según las especificaciones de la máquina solicitada, estos componentes varían.

- Lugar - *¿Dónde se hace? ¿Por qué se hace allí?*

La fabricación es especializada, para lo cual es indispensable realizarse en un CNC, el cual está ubicado en el área CNC de la empresa.

- Sucesión - *¿Cuándo se hace? ¿Por qué se hace en ese momento?*

La fabricación de los componentes a utilizar, se inician por requerimiento del área comercial. Se comienza el proceso luego del requerimiento, dado que según las especificaciones de la máquina a entregar, estos componentes varían, especialmente en las dimensiones y tratamientos que impactan en las propiedades físicas de cada pieza.

- Persona - *¿Quién lo hace, y por qué?*

La persona responsable del CNC es el técnico especializado, dado que cuenta con los conocimientos, estudios y experiencia necesaria para desempeñarse en el puesto de trabajo. No se terciariza este proceso, dado que es un factor diferenciador de la empresa, lo cual brinda un valor agregado a los trabajos que le solicitan sus clientes.

- Medios - *¿Cómo se hace? ¿Por qué se hace de ese modo?*

Se fabrican los componentes empleando la máquina CNC propia para garantizar los altos niveles de calidad requeridas, dado que son productos especializados, con dimensiones que requieren alta precisión.

Preguntas de Fondo

1. ¿Por qué se fabrican las piezas en la empresa y no se terceriza con un proveedor?

La empresa, adicional a la fabricación de máquinas especializadas para perforación diamantina, brinda un servicio post-venta basado en atender el requerimiento de repuestos de sus clientes de manera oportuna; por tal sentido, la fabricación de piezas claves las realiza la empresa.

2. ¿Por qué se fabrican las piezas cuando el área comercial lo solicita?

Se inicia la fabricación de los componentes al recibir la orden de comercial luego de cerrar una venta, dado que recién en ése momento se tienen las especificaciones exactas de las piezas a realizar.

3. ¿Qué se podría hacer para anticiparse al requerimiento del área comercial?

El área comercial podría brindar un reporte cuando las negociaciones están avanzadas, con una probabilidad alta de concretarse la venta, para verificar si existe stock de lo solicitado, o debe fabricarse uno nuevo.

4. ¿Cómo se realiza la fabricación de las piezas?

El área comercial envía una orden, la cual el modelo de la máquina. El área de producción al saber cuáles son las máquinas y/o componentes que deben realizar, solicita los detalles y propiedades requeridas.

5. ¿Cómo se comunican las especificaciones de cada pieza según requerimiento?

Cuando el área comercial envía la orden, se detalla la máquina solicitada por el cliente; el área de producción es responsable de la correcta elaboración de plan de trabajo.

6. ¿Por qué se observan reprocesos en cuanto a la fabricación de los componentes?

Las especificaciones de cada pieza no tienen el detalle requerido, sino más bien por la experiencia de los técnicos especializados; dado que existe la ausencia de un

procedimiento claro establecido. Los técnicos se apoyaban en los modelos ya ingresados al CNC; cualquier variación, se comunicaba de manera muy vaga en la orden de trabajo.

7. ¿Cómo podría realizarse?

Realizar una base de datos para completar fichas técnicas simples, según el requerimiento de cada máquina a fabricar, de tal manera que los reprocesos por falta de información precisa se reducen en su totalidad.

8. ¿Qué debería hacerse?

Generar la información requerida con las áreas involucradas, e iniciar implementación de propuesta de ficha técnica.

9. ¿Cómo se inicia el proceso en sí de fabricación de piezas?

Al ya tener la solicitud, se procede a retirar bloque por bloque de acero, para cada una de las piezas a realizar.

10. ¿Por qué se retira uno por uno los bloques, generando viajes al almacén innecesarios?

Porque no se dispone de un medio para trasladar más de un bloque, así como tampoco existe un área designada como almacenamiento en tránsito.

11. ¿Cómo se podrían reducir los viajes al almacén?

Disponiendo tanto de un medio para el traslado de materiales (bloques de acero), como también una pequeña área designada como almacén en tránsito.

12. ¿Qué debería realizarse?

Comprar un carrito que sirva como medio de traslado de los bloques de acero, y diseñar un almacén en tránsito en el área CNC, para reducir los viajes al almacén, tanto para las piezas del torno como de la fresa.

Estación Pintura

Preguntas preliminares:

- Propósito - *¿Qué se hace en realidad? ¿Por qué hay que hacerlo?*

Se realiza el pintado de las piezas que conforman la máquina. Se realiza para darle la imagen requerida y protegerla de los elementos externos como agua, humedad, lodo, etc.

- Lugar - *¿Dónde se hace? ¿Por qué se hace allí?*

Se realiza en la empresa, en el área de pintado, para poder garantizar la calidad del pintado. Se realiza en la empresa dado se trata de maquinaria especializada y de gran volumen por lo que su transporte es algo complicado.

- Sucesión - *¿Cuándo se hace? ¿Por qué se hace en ese momento?*

Es uno de los últimos pasos del proceso de fabricación, para no arruinar la pintura y por qué se necesita los elementos semi- ensamblados.

- Persona - *¿Quién lo hace, y por qué?*

La persona responsable del taller de pintura es el técnico especializado, dado que cuenta con los conocimientos y experiencia necesaria para desempeñarse en el puesto de trabajo.

- Medios - *¿Cómo se hace? ¿Por qué se hace de ese modo?*

Se pintan los componentes empleando la máquina de pintura, aunque esta es un poco antigua.

Preguntas de Fondo

1. ¿Por qué se realiza el pintado dentro de la empresa y no se terceriza?

El proceso de pintado es uno de los últimos en el proceso de fabricación, y además de incurrir en gastos elevados en logística por las dimensiones de las piezas de la máquina en fabricación, también resultaría en incrementar el tiempo del proceso, debido a que se incurriría en un tiempo de transporte hacia la empresa que brinde el servicio, y el correspondiente retorno.

2. ¿Se puede anticipar el proceso de pintado?

No, ya que para un buen acabado, éstas piezas necesariamente ya pasaron por un proceso de semi-ensamblado.

3. ¿Cómo se comunican las especificaciones/indicaciones de cada pieza según requerimiento?

Al estar las piezas listas para ingresar al área de pintado, son entregadas junto con las indicaciones necesarias. Al recibir las indicaciones, se inicia el proceso correspondiente del puesto de trabajo.

4. ¿Se podría adelantar la comunicación de las indicaciones?

Sí es posible. Con un tiempo adecuado previo a que se culmine el trabajo en la estación anterior, se podría comunicar las indicaciones para la máquina que está en proceso de fabricación, para así ir adelantando la selección de la pintura, y la preparación de la máquina de pintado.

5. ¿Qué debería realizarse?

Se debería comunicar anticipadamente las indicaciones para lograr un proceso más eficiente.

6. ¿Cómo se realiza el pintado?

La tarea de pintado en sí, se realiza empleando una máquina de pintado, y ésta a su vez, utiliza un compresor externo.

7. ¿De dónde se traen los materiales para el pintado?

La pintura y los diversos materiales son recogidos directamente del almacén de materias primas; se realiza un viaje por cada requerimiento que se reciba.

8. ¿Cómo se podrían reducir estos viajes al almacén?

Disponiendo de los materiales en un lugar más cerca del puesto de trabajo.

9. ¿Podría implementarse un almacén de adecuada dimensión en el área de trabajo?

Si, existe espacio disponible para una implementación de un almacén, en el cual se pongan los materiales para el pintado.

10. ¿Qué debería hacerse?

Implementar un almacén en el área.

11. ¿La máquina de pintado está en óptimas condiciones?

La máquina de pintado y el compresor cuentan con más de 10 años de antigüedad, con lo cual la potencia y precisión no son los óptimos, lo cual se traduce en un mayor número de pasadas para obtener un pintado adecuado.

12. ¿Cómo se podría mejorar?

Adquiriendo un nuevo sistema de pintado, conformado por una nueva máquina y compresor, de ser necesario, para reducir el tiempo y número de pasadas requeridos, así como también incrementar la productividad y calidad del pintado realizado, debido a que se contaría con una mayor precisión que generaría menor desperdicio de pintura.

13. ¿Qué debería realizarse?

Implementar una nueva máquina de pintado –con el sistema necesario- para mejorar el tiempo y calidad del trabajo que se realiza en éste área de trabajo. Con una mejor máquina, el número de pasadas se reduciría, y el pintado obtenido sería mejor, y el desperdicio de pintura se reduciría.

Estación Corte

Preguntas preliminares:

- Propósito - *¿Qué se hace en realidad? ¿Por qué hay que hacerlo?*

Se realiza el cortado de las piezas, las cuales forman parte de la estructura misma de la máquina en producción. Es necesario dado que conforman una parte fundamental de la máquina de perforación diamantina.

- Lugar - *¿Dónde se hace? ¿Por qué se hace allí?*

Se realiza en el área de cortado, dado que el área está implementada con el equipo y herramientas necesarios para realizar un trabajo correcto.

- Sucesión - *¿Cuándo se hace? ¿Por qué se hace en ese momento?*

Éste proceso de cortado es una de las primeras etapas del proceso; se inicia una vez se ha recibido la orden de compra por parte del área comercial.

- Persona - *¿Quién lo hace, y por qué?*

La persona responsable del área de cortado es el técnico capacitado, dado que cuenta con la destreza y capacitación requerida por la máquina de corte, así como también con la experiencia necesaria para desempeñarse en el puesto de trabajo.

- Medios - ¿Cómo se hace? ¿Por qué se hace de ese modo?

Se realiza la medición según las especificaciones de la máquina a fabricar, y se procede a cortar las piezas con la sierra circular. Se hace de ésta manera dado que la sierra circular es un equipo adecuado para elaborar el trabajo, y todo trabajo requiere que se realicen las medidas con detenimiento para evitar algún producto defectuoso.

Preguntas de Fondo

1. ¿Por qué se realiza el corte dentro de la empresa y no se terceriza?

El proceso de corte es uno de las etapas iniciales de fabricación, y además de incurrir en gastos elevados en logística por las dimensiones de las piezas de la máquina en fabricación, también resultaría en incrementar el tiempo del proceso, debido a que se incurriría en un tiempo de transporte hacia la empresa que brinde el servicio, y el correspondiente retorno.

Así mismo, se cuenta con personal capacitado para realizar el trabajo de manera correcta, sin incurrir en costos y gastos elevados para la empresa.

2. ¿Se puede anticipar el proceso de corte?

Esto no es posible, dado que es la etapa inicial de todo el proceso.

3. ¿Cómo se comunican las especificaciones/indicaciones de cada pieza según requerimiento?

Al recibir la orden de compra, se define el modelo de la máquina y sus especificaciones, con lo cual se procede a la fabricación.

4. ¿De dónde se traen los materiales para el corte?

Las barras de acero son traídas del almacén de materia prima. Éstos son traídos uno a uno, debido al peso de éstos.

5. ¿Cómo se podrían reducir estos viajes al almacén?

Podrían diseñarse un lugar más cercano al área de corte, o realizar la compra de un dispositivo de traslado.

6. ¿Existe disponibilidad en el área de corte, para implementar un almacén para las barras de acero?

Sería complicado, debido a que son materiales que si ocuparían un espacio importante en el área, dificultando el tránsito en la misma.

7. ¿Qué debería implementarse?

Realizar la compra de un carro para el traslado de materiales.

Solución: De tal manera que se reducen el nº de viajes del encargado, como también se evita que esté expuesto a un sobreesfuerzo físico

8. Luego de realizar el trabajo de corte, ¿a dónde se llevan las piezas, y cómo?

Las piezas se dejan en la mesa de piezas acabadas, donde están a disposición del área de soldadura para la siguiente etapa del proceso de fabricación.

9. ¿Cómo se lleva desde la mesa de trabajo a la mesa de piezas acabadas?

Se va descargando según se van culminando, es decir, se van cargando 1 o 2 piezas por traslado.

10. ¿Qué debería realizarse?

Implementar un dispositivo de transporte para ir acumulando las piezas, y realizar el traslado cuando el vehículo se encuentre al tope de su capacidad, o se haya terminado el proceso de corte.

11. ¿Se podría utilizar el mismo vehículo que se emplearía para el traslado de la materia prima desde el almacén?

Si, dado que solo estaría ocupado cuando se recoge la materia prima, previo al inicio del trabajo



CAPÍTULO IV: Determinación de la propuesta de solución

4.1 Planteamiento de alternativas de solución a la problemática encontrada

Estación CNC

Teniendo como objetivo la optimización del proceso de fabricación en el que forma parte en la estación de mecanizado o CNC, se plantean las siguientes soluciones:

Solución 1 - Identificación y reducción de therbligs ineficientes

Al verificar el proceso de fabricación, se encontraron varios micro-movimientos clasificados como ineficientes por lo cual se plantea revisar estos y aplicar una reducción para optimizar los movimientos de la estación y así incrementar la eficiencia de los puestos en análisis.

Solución 2 - Optimización en el procedimiento en el CNC.

Para esta solución se propone tres cambios al proceso empleado actualmente para así reducir los viajes ineficientes entre el almacén y la estación de trabajo, optimizar el tiempo de trabajo del operario y reducir los productos defectuosos. Los cambios a aplicar son los siguientes:

1. Crear un almacén en tránsito, en la estación, para reducir los viajes ineficientes al almacén para traer los bloques de acero o dejar los productos terminados.
2. Modificar el procedimiento para aprovechar los tiempos ociosos del técnico especializado, optimizando los tiempos de carga y uso de maquinaria para así reducir el ciclo de carga de la máquina y aumentar los porcentajes de utilización.
3. Crear una ficha técnica para evitar errores de diseño y fabricación y así reducir los productos defectuosos y como consecuencia reducir los costos de operación.

Estación pintura

1. Rediseño de la estación de trabajo

Se plantea distribuir y mejorar la disposición y condiciones de trabajo dentro de la estación, para obtener un mejor flujo de operaciones y condiciones de trabajo y reducir therbligs ineficientes:

a. Compra de nuevo equipo

Compra de un equipo más pequeño y portátil para evitar realizar tantos movimientos innecesarios, dado que la maquina se encontraría en la misma área de trabajo. Con esto también se busca reducir el ruido realizado por el compresor y reducir la exposición del operario y trabajadores aledaños.

b. Almacén de materia prima

Se pretende que los materiales necesarios para realizar las tareas se encuentren en la estación de trabajo y no en un almacén fuera de la zona de trabajo. Para este almacén se prevé que el responsable del almacén principal se haga cargo, realizando controles al comienzo y al final del día. El almacén contara con las siguientes características; 180 cm de alto, 120 cm de largo y 50 cm de ancho. Por otro lado deberá soportar 900 Kg de carga.

c. Optimizar Proceso

Modificar el procedimiento para optimizar el proceso usando tiempos inoperativos para adelantar el preparado de piezas y máquina.

2. Tercerizar

Evaluar la posibilidad de tercerizar los servicios de pintura para la maquinaria evitando así los problemas de ineficiencia, altos niveles de ruido por parte del compresor, y demás problemas.

Estación Corte

1. Adquisición de un vehículo de transporte

Se plantea adquirir un vehículo de transporte, tanto para recoger la materia prima, como también trasladar las piezas terminadas.

2. Almacén de barras de acero

Diseñar un almacén dentro o cerca del área, el cual reduciría el tiempo de traslado de la materia prima para iniciar el proceso de corte. Para este almacén se prevé que el responsable del almacén principal se haga cargo, realizando controles al comienzo y al final del día.

El almacén contara con las siguientes especificaciones:

- i. Altura total del estante 238 cm
- ii. Longitud total del estante 450 cm
- iii. Carga Total = 2000 kg
- iv. Brazo a un ángulo = 20°
- v. Carga por brazo = 400 kg

Figura 4.1

Propuesta almacén área de corte



Fuente: OHRA Sistemas de almacenamiento, (2017)

4.1 Selección de alternativas de solución

4.1.1 Determinación y ponderación de criterios evaluación de las alternativas

Para determinar qué solución aplicar para cada problema, se plantea utilizar la técnica de ranking de factores. Para esto se consideraran cuatro factores principales para todos los problemas:

A = Costo de implementación

B = Tiempo de implementación

C = Impacto de implementación

D = Dificultad de implementación

Estos serán ponderados dependiendo el problema para determina que factor es mas importantes para la solución del problema.

Luego, de ponderar los cuatros factores se pasar a analizar las soluciones propuestas donde se calificara cada factor para cada solución utilizando la siguiente escala:

2 = Muy Malo

4 = Malo

6 = Regular

8 = Bueno

10 = Excelente

Posteriormente se realizara la sumatoria del peso por la calificación de cada factor, siendo la solución elegida la de mayor puntaje entre las soluciones.

4.1.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de alternativas de solución

Utilizando la opinión del experto, Gerente General de la empresa, para determinar qué factores son más importantes en cada estación.

Estación CNC

Tabla 4.1

Ranking de factores de soluciones a la estación CNC

Factores	A	B	C	D	Conteo	Acumulado	Ranking
A	x	1	1	1	3	43%	1
B	0	x	0	1	1	14%	3
C	1	1	x	0	2	29%	2
D	0	1	0	x	1	14%	3
					7	100%	

Elaboración propia

Luego de realizar el análisis, se determinó que el factor más importante es el costo que generaría esta solución para la empresa para lograr ser implementada y mantenerla funcionando. Luego siguen el impacto y por ultimo está el tiempo de implementación y la dificultad de implementación.

Tabla 4.2

Elección de solución al problema de la estación CNC

Factores	W	Solucion 1		Solucion 2	
		C	W x C	C	W x C
A	43%	8	3,43	8	3,43
B	14%	6	0,86	6	0,86
C	29%	8	2,29	6	1,71
D	14%	4	0,57	6	0,86
	100%		7,14		6,86

Elaboración propia

Una vez propuesta ambas soluciones, se cree que la mejor solución es el aplicar ambas soluciones debido a la poca diferencia entre ambas soluciones. Además se puede apreciar que ambas propuestas más que excluyentes son complementarias

Estación pintura

Tabla 4.3

Ranking de factores de soluciones a la estación pintura

Factores	A	B	C	D	CONTEO	Acumulado	Ranking
A	x	1	1	1	3	50%	1
B	0	x	0	0	0	0%	4
C	0	1	x	1	2	33%	2
D	0	1	0	x	1	17%	3
					6	100%	

Elaboración propia

Luego de realizar el análisis, se determinó que el factor más importante es el costo que generaría esta solución para la empresa para lograr ser implementada y mantenerla funcionando. Luego siguen el impacto, en tercer lugar está el dificultad de implementación y por último la dificultad de implementación.

Tabla 4.4

Elección de solución al problema de la estación pintura

Factores	W	Solucion 1		Solucion 2	
		C	W x C	C	W x C
A	50%	6	3,00	2	1,00
B	0%	8	-	6	-
C	33%	6	2,00	6	2,00
D	17%	8	1,33	4	0,67
	100%		6,33		3,67

Elaboración propia

Una vez propuesta ambas soluciones, se cree que la mejor solución es la primera al obtener casi el doble del puntaje que la segunda solución propuesta.

Estación Corte

Tabla 4.5

Ranking de factores de soluciones a la estación de Corte

Factores	A	B	C	D	CONTEO	Acumulado	Ranking
A	x	1	1	1	3	33%	1
B	0	x	1	1	2	22%	2
C	0	1	x	1	2	22%	2
D	0	1	1	x	2	22%	2
					9	100%	

Elaboración propia

Luego de realizar el análisis, se determinó que el factor más importante es el costo que generaría esta solución para la empresa para lograr ser implementada y mantenerla funcionando. Luego con el mismo puntaje, el impacto, tiempo y dificultad de implementación.

Tabla 4.6

Elección de solución al problema de diseño de la estación corte

Factores	W	Solucion 1		Solucion 2	
		C	W x C	C	W x C
A	33%	8	2,67	8	2,67
B	22%	6	1,33	4	0,89
C	22%	6	1,33	6	1,33
D	22%	8	1,78	4	0,89
	100%		7,11		5,78

Elaboración propia

Una vez propuestas ambas soluciones, se obtiene que la mejor solución es la primera, realizando la adquisición de un vehículo para transportar la materia prima, siendo los factores determinantes el tiempo y dificultad de implementación.

4.1.3 Evaluación del alcance y limitaciones de la solución propuesta

Estación CNC

Solución1 - Reducción de therbligs ineficientes

Debido a que ésta solución es muy específica, en razón que busca lograr optimización en sí del procedimiento a partir de eliminar therbligs ineficientes que son origen de los tiempos ociosos del proceso; el alcance es puntual, directo en ésta estación de trabajo y al personal que se desempeña en ella, modificando los pasos establecidos y seguidos hasta el momento por el trabajador.

Sin embargo, existen limitaciones para esta solución, dado que hay therbligs que, pese a ser ineficientes, en la práctica no pueden ser removidos del proceso dado que son necesarios y en ciertos casos, indispensables (por ejemplo, planear el trabajo a realizar antes de iniciarlo).

Solución 2 - Optimización en el procedimiento en el CNC.

Esta solución optimizara el tiempo de operación del proceso involucrado en la estación de CNC haciendo que se eleve la eficiencia y se reduzca los tiempos ociosos y tiempos muertos en la fabricación de piezas. Además como consecuencia se reducirá el tiempo total de fabricación lo que reducirá el costo por pieza lo que generara un mayor margen sobre el producto final.

Sin embargo, encontramos que esto llevará un periodo de adaptación dado que los operarios están acostumbrados a la forma actual de trabajar, donde se tiene tiempos muertos donde el operario puede descansar. Por otro lado se tendrá explicar y convencer al operario que en los tiempos de uso de la maquinaria, antes tiempos inoperativos para el trabajador, que apoye con otras tareas que puedan surgir, lo que puede generar cierta resistencia y desagrado.

Estación pintura

Solución1 - Rediseño de la estación de trabajo

Esta solución es abarca los principales aspectos negativos que se encontró en la estación de trabajo, por lo que busca mejorar las ineficiencias, al reducir los therbligs y recorridos ineficientes, mejorar los rendimientos obtenidos de la maquinaria y mejorar las condiciones de trabajo del operario. Con esto se busca mejorar y optimizar las operaciones lo que reflejaría una reducción en el costo y un incremento en el margen de ganancia del proceso.

Sin embargo, existen limitaciones para esta solución, dado que existirá una curva de aprendizaje del operario al tener una nueva máquina, en la cual tendrá que aprender cómo funciona y cómo manejar todas sus características. Por lo que al comienzo podría tomar más tiempo e incluso existir varios reprocesos debido a este tema

Estación corte

Solución1 - Adquisición de vehículo para traslado de materiales.

Esta solución es abarca el elemento negativo más notorio de la estación de trabajo: el número de viajes, tanto al inicio como al finalizar el proceso.

Si bien es cierto, la adquisición de un vehículo para el traslado de materiales se originó por el número de viajes al llevar las piezas ya cortadas a la siguiente área de trabajo, se determina que éste también puede ser empleado para llevar los materiales del almacén al área de trabajo; de ésta manera, ambas etapas del proceso son tomadas en cuenta y optimizadas, reduciendo el número de viajes, y por ende, el tiempo empleado para realizar éstas acciones.

4.1.4 Priorización y programación de soluciones seleccionadas

Para el tema de priorización y programación de las soluciones seleccionadas, en conversación con la empresa, se decidió no aplicar una priorización entre las soluciones, dado que las soluciones se aplican en distintas áreas. Lo que si se determinó fue que cada solución se realizará individualmente, es decir, que solo se ejecutaría una solución a la vez, luego de terminar una se comenzaría con la siguiente y así hasta concluir con todas las soluciones.

Por otro lado se determinó que la primera solución a ser implementada iba a ser en la estación CNC.

CAPÍTULO V: DESARROLLO Y PLANIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES

5.1 Ingeniería de la solución

Estación CNC

Se tomara ambas soluciones como una sola implementación, además en una primera etapa se realizaran tres mejoras en simultáneo; reducción de movimientos ineficientes, implementación del almacén en tránsito y la implementación de una ficha técnica

A. Micro-movimientos (Therbligs):

1. Comunicar al trabajador therbligs o movimientos ineficientes a eliminar:

Luego de identificar los therbligs ineficientes de la estación de trabajo, trabajando de la mano con los operarios y miembros de la empleados, se pasa a evaluar cuales pueden ser removidos sin perjudicar el procedimiento, se comunica al trabajador el nuevo procedimiento a seguir.

B. Almacén en tránsito:

2. Diseño de Almacén en transito

Para la creación del almacén en tránsito para la estación del CNC, se tomaran las medidas disponibles en la estación de trabajo y se diseñara un almacén para poder guardar la materia prima necesaria para realizar las labores del día y poner las piezas terminadas del día para evitar tantos tránsitos al almacén.

Figura 5.1

Estante de materiales para el área de CNC



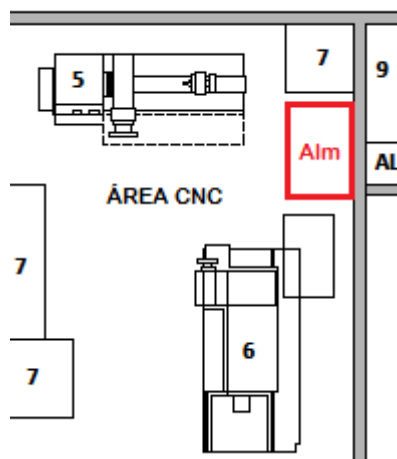
Fuente: Sódimac, (2018)

3. Implementación de almacén

Luego de haber definido el espacio, se procederá a armar un estante donde se puedan almacenar las piezas fabricadas y los bloques de acero a utilizar. Se le comentará al técnico sobre el almacén para que evite tantos recorridos.

Figura 5.2

Estante de materiales para el área de CNC



Elaboración Propia

C. Ficha técnica:

1. Reunir con trabajadores para definir necesidades de la ficha técnica

Se reunirá a todos los involucrados dentro del proceso de producción para poder determinar las necesidades y características necesarias de la ficha técnica.

2. Diseño de ficha técnica

Luego de haber escuchado todas las ideas y necesidades por parte de los trabajadores involucrados, se procederá a realizar el diseño de la ficha, esta contará principalmente con foto de la pieza ciertas descripciones y medidas y alguna idea más brindada por el equipo.

3. Capacitación sobre la ficha técnica

Luego de tener el diseño final de la ficha técnica, se procederá a capacitar al personal de sus características, diseño y la información que esta lleva para evitar confusiones. Además se capacitará del flujo de esta ficha a lo largo del proceso dentro y fuera de la estación.

4. Implementación de ficha técnica

Luego de realizar la capacitación, se procederá a realizar la implementación de la ficha.

D. Optimización de tiempos

Luego de implementar estas tres sub soluciones (a, b, c), se procederá a optimizar la eficiencia del uso de la máquina, ver acápite 5.3 implementación de soluciones donde se desarrolla la mejora de H-M, donde se recortará los tiempos ociosos y se aprovecharán con actividades que pueden ser realizadas en esos momentos, es decir que se busque reducir el tiempo de ciclo de la máquina.

E. Entrega de nuevo procedimiento

Luego de hacer todas las mejoras se procederá a realizar un nuevo procedimiento que abarque todos los cambios. Para una comunicación precisa de lo que se tiene como objetivo, se le entrega al trabajador un nuevo documento con lo explicado anteriormente, para facilitar la adaptación a las modificaciones realizadas.

F. Implementación de nuevo procedimiento

Se define con el técnico especializado, jefe de planta, la fecha de inicio de trabajo mediante el nuevo procedimiento, este procedimiento contará con todos los cambios realizados.

G. Medición y Control

Luego de implementar todas las soluciones se realizará para un correcto seguimiento y medición de los resultados obtenidos por la implementación de ésta solución, realizando nuevamente las mediciones hechas en el diagnóstico para hacer el comparativo y ver la mejora en la estación.

Estación Pintura

A. Compra de Nuevo equipo

1. Definición de características

Esta etapa, consta en reunirse con el personal del área de pintura para determinar las capacidades actuales de los equipos y sus necesidades para poder realizar su trabajo de manera más productiva. Luego de recopilar la información necesaria se podrá determinar las características necesarias de las nuevas máquinas.

- 1 KW de potencia
- Presión 200-250 bar
- Caudal 2 litros / minuto
- Elemento debe tener movilidad

Figura 5.3

Máquina de Pintura



Fuente: Wagner-group, (2018)

2. Estudio de Mercado

Luego se realizará un estudio de mercado de estos equipos a nivel local e internacional, para esto se contactara diversos proveedores de distintas marcas para realizar las cotizaciones de los equipos siguiendo las características determinadas. También se tomara en cuenta temas como mantenimiento, disponibilidad de repuestos, servicio postventa, etc.

3. Determinación de la mejor opción

Luego de recibir todas cotizaciones, se procederá a evaluar todas las opciones del mercado. Para esto se tendrá en cuenta el precio, ventajas y desventajas de los equipos seleccionados, costo de mantenimiento, reparación, portabilidad, eficiencia de energía y material etc. Luego de evaluar y hacer un análisis de beneficio y costo, se tomara la decisión.

4. Compra de maquinaria

Luego de determinar qué equipo de pintura se van a comprar, se procederá a realizar la compra con el proveedor seleccionado.

5. Capacitación

Luego de recibir los equipos, se pasara por un periodo de capacitación y curva de aprendizaje donde los operarios podrán probar y acostumbrarse a las nuevas máquinas.

B. Almacén de materia prima

a) Diseño de almacén de materia prima

Para la creación del almacén de materia prima dentro de la estación de pintura, se tomaran las medidas disponibles en la estación de trabajo y se diseñara un almacén para poder guardar la materia prima necesaria.

Figura 5.4

Estante de materiales para el área de pintura



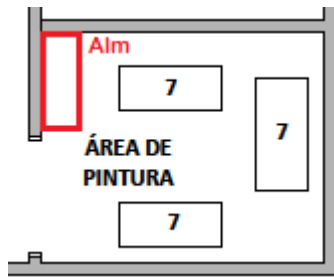
Fuente: Sódimac, (2018)

b) Implementación de almacén

Luego de haber definido el espacio, se procederá a armar un estante donde se puedan almacenar las piezas fabricadas y los bloques de acero a utilizar. Se le comentará al técnico sobre el almacén para que evite tantos recorridos.

Figura 5.5

Croquis Estante de materiales para el área de pintura



Elaboración Propia

C. Modificación de procedimiento

Se actualizara el procedimiento, eliminando los recorridos innecesarios y se les comunicara a los trabajadores.

D. Monitoreo y control

El paso final de la implementación es el monitoreo y control de la solución. Esto consiste en llevar una revisión regular de los procesos para determinar que los equipos estén funcionando de una manera correcta, además de garantizar que los operarios los están utilizando de manera correcta y eficiente. Por otro lado se llevara un control estadístico para determinar y controlar la mejoría en el proceso por la implementación de la solución.

Estación Corte

A. Compra de vehículo para transporte

1. Definición de características

Esta etapa, consta en dimensionar el requerimiento y volumen que se traslada usualmente tanto del almacén al área de trabajo, como el traslado de las barras cortadas a la siguiente estación.

El vehículo de transporte deberá contar como mínimo con una capacidad de carga de 1000 kg, timón de 70 cm de alto, superficie antideslizante y con sistema de bloqueo de ruedas. Se adjunta una imagen referencial de un carro de transporte con las características mínimas:

Figura 5.6

Carro de transporte



Fuente: Dissetodiseo.com, (2018)

2. Estudio de Mercado

Dado a que es un vehículo no sofisticado el que se requiere, se procede a solicitar cotizaciones a tres talleres para la fabricación del vehículo, y se compara con las opciones del mercado.

3. Determinación de la mejor opción

Luego de recibir todas cotizaciones, se procederá a evaluar todas las opciones del mercado. Para esto se tendrá en cuenta el precio, ventajas y desventajas de los equipos seleccionados, costo de mantenimiento, reparación, portabilidad, eficiencia de energía y material etc. Luego de evaluar y hacer un análisis de beneficio y costo, se tomara la decisión.

4. Compra de vehículo

Luego de determinar qué vehículo se va a comprar, se procederá a realizar la compra con el proveedor seleccionado.

5. Capacitación

Luego de la adquisición del vehículo, se realiza una capacitación para que el empleo sea el correcto.

B. Modificación de procedimiento

En cuanto al procedimiento, la única modificación es que, al implementarse un vehículo para el traslado de materiales, éstos se deberán acumular en el vehículo, para luego ser trasladados.

C. Monitoreo y control

Luego de implementar todas las soluciones se realizara para un correcto seguimiento y medición de los resultados obtenidos por la implementación de ésta solución, realizando nuevamente las mediciones hechas en el diagnóstico para hacer el comparativo y ver la mejora en la estación.

5.1.1 Propuesta de indicadores de gestión.

Debido a que al realizar el estudio de métodos, el objetivo como tal es optimizar el proceso de fabricación, en cada uno de sus etapas y puestos responsables. Por tal motivo, los indicadores específicos son:

Productividad de mano de obra:

Se busca determinar la productividad de los empleados y determinar la cantidad de tiempo ocioso dentro de la empresa.

$$\text{Productividad} = \text{Productos Terminados} / \text{H-H Trabajadas}$$

Productividad de materia prima:

Se busca determinar la productividad del material y determinar la cantidad de tiempo ocioso dentro de la empresa.

$$\text{Productividad} = \text{productos terminados} / \text{cantidad de materia prima}$$

Nº de horas extra

Adicionalmente, un indicador que nos permitirá medir un mejor rendimiento de los trabajadores, es llevar la cuenta de las horas extras, en función a las piezas y productos realizados.

$$\text{Nº de horas extra} = \text{horas total trabajadas} - \text{horas de trabajo}$$

Nº de reprocesos

Se deberá registrar también, los reprocesos incurridos luego de la implementación de las soluciones, para llevar un adecuado control de los mismos. Se detallará además, el motivo del reproceso.

$$\text{Nº reprocesos} = \text{Nº de piezas defectuosas} / \text{Nº de piezas fabricadas}$$

5.2 Planificación de la implementación de la solución

5.2.1 Determinación de objetivos y metas

Estación CNC

- Incrementar la eficiencia de los micro movimientos de 58% a más del 70%
- Reducir el tiempo de ciclo de la maquina en 10 %
- Aumentar el porcentaje de utilización del operario en 10%
- Reducción de los productos defectuosos en 5%

Estación pintura

1. Aumentar la eficiencia de movimientos al 70%
2. Tener niveles de ruido dentro de los estándares OSHA
3. Aumentar la satisfacción del personal de la estación

Estación corte

1. Reducir el número de viajes almacén/área de corte a 1 o 2 por máquina a fabricar.
2. Reducir el número de viajes área de corte/área de soldado a 1 o 2 por máquina a fabricar.
3. Tener niveles de Iluminación y ruido dentro de los estándares OSHA

5.2.2 Elaboración del presupuesto general requerido para la ejecución de la solución

Estación CNC

Tabla: 5.1

Presupuesto general para la estación CNC

Rubro	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Estante	S/. 1 500,00	1	S/. 1 500,00
Carro Transporte	S/. 378,00	1	S/. 378,00
		Total	S/. 1 878,00

Elaboración Propia

Se puede apreciar que el presupuesto general para la solución integral es de 1878 soles, un precio bastante reducido debido a que la gran mayoría de cambios están referidos al accionar del operario dentro de la estación y alrededor de la empresa.

Estación pintura

Tabla: 5.2

Presupuesto general para la estación Pintura

Rubro	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Estante	S/. 1 500,00	1	S/. 1 500,00
Maquina de Pintura - Wagner	S/. 11 898,63	1	S/. 11 898,63
		Total	S/. 13 398,63

Elaboración Propia

Se puede apreciar que el presupuesto general para la solución es de S/ 13 398,63, un precio bastante alto debido a la compra de la máquina de pintura, el resto de los cambios son bastante económicos ya que son cambios menores.

Tabla: 5.3

Presupuesto general para la estación Corte

Rubro	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Carro Transporte	S/. 1 020,00	1	S/. 1 020,00
		Total	S/. 1 020,00

Elaboración propia

Se puede apreciar que el presupuesto general para la solución es de S/ 1,020.00, un precio mayor al carro de transporte propuesto en el área de CNC, debido a que el peso a trasladar en éste vehículo es mayor.

5.2.3 Cronograma de implementación de la solución

Estación CNC

Tabla: 5.4

Cronograma de implementación para la estación CNC

#	Nombre de Tarea	Duración	Comienzo	Fin	Requisito	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	Comunicar mov ineficientes a eliminar	1	05/01/17	12/01/17	-						
2	Diseño de Almacén en tránsito	0,5	05/01/16	08/01/16	-						
3	Implementación de almacén	0,5	09/01/16	12/01/16	2						
4	Definir necesidades de la ficha técnica	0,5	05/01/16	08/01/16	-						
5	Diseño de ficha técnica	0,5	09/01/16	12/01/16	4						
6	Capacitación sobre la ficha técnica	0,5	13/01/16	16/01/16	5						
7	Implementación de ficha técnica	0,5	17/01/16	20/01/16	6						
8	Optimización de tiempos	1	21/01/16	28/01/16	1,3,7						
9	Entrega de nuevo procedimiento	0,5	29/01/16	01/02/16	8						
10	Implementación de nuevo procedimiento	1	02/02/16	09/02/16	9						
11	Medición y Control	1	10/02/16	17/02/16	10						

Elaboración Propia

Como podemos apreciar del cronograma, la implementación total de las soluciones tomará alrededor de dos meses. Tomando en cuenta que se comenzaría el 5 de Enero del 2017 se estaría terminado de implementar el día 17 de Febrero de ese mismo año.

Estación Pintura

Tabla: 5.5

Cronograma de implementación para la estación de Pintura

#	Nombre de Tarea	Duracion	Comienzo	Fin	Requisito	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	Definición de Características	0,5	08/03/17	11/03/17	-	■							
2	Estudio de Mercado	2	12/03/17	26/03/17	1		■	■					
3	Determinación de la mejor opción	0,5	27/03/17	30/03/17	2			■					
4	Compra de Maquinaria	1	31/03/17	07/04/17	3				■				
5	Capacitación	1	08/04/17	15/04/17	4					■			
6	Diseño de Almacén	1	08/03/17	15/03/17	-	■							
7	Implementación de Almacén	1	16/03/17	23/03/17	6		■						
8	Modificación del Procedimiento	1	16/04/17	23/04/17	5, 7						■		
9	Monitoreo y Control	2	24/04/17	08/05/17	10,11							■	■

Elaboración Propia

Como podemos apreciar del cronograma, la implementación total de la solución tomará alrededor de dos meses. Tomando en cuenta que se comenzaría el 8 de Marzo del 2017 se estaría terminado de implementar el día 8 de mayo de ese mismo año.

Estación de Corte

Tabla: 5.6

#	Nombre de Tarea	Duracion	Comienzo	Fin	Requisito	S1	S2	S3	S4
1	Definición de Características	0,5	08/03/17	11/03/17	-	■			
2	Compra de vehículo	0,5	12/03/17	16/03/17	1		■		
3	Capacitación	0,5	17/03/17	20/03/17	2			■	
4	Modificación del procedimiento	1	21/03/17	28/03/17	3				■
5	Monitoreo y control	1	29/03/17	05/04/17	4				■

Cronograma de implementación para la estación de Corte

Elaboración Propia

Como podemos apreciar del cronograma, la implementación total de la solución tomará alrededor de cinco semanas. Tomando en cuenta que se comenzaría el 8 de Marzo del 2017 se estaría terminado de implementar el día 5 de Abril de ese mismo año.

5.3 Implementación de las soluciones

Estación CNC

Luego de realizar la implementación total en esta estación se pasó a realizar el control de las mejoras, volviendo a hacer los diagramas de micro movimientos y diagrama de actividades múltiples; diagrama Hombre – Máquina. Con estas nuevas mediciones se aprecia las mejoras que se han realizado y los puntos que quedan aún por seguir mejorando.

En primer control que se realizó fue en anotar el nuevo micro-movimiento que realiza el operario en la estación realizado, luego de la capacitación sobre la nueva forma de trabajar y el nuevo procedimiento.

Tabla 5.7

Estudio de Micro-movimientos en la estación CNC

MATERIAL / OPERARIO / EQUIPO				
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1 de 1	RESUMEN			
Objeto: Operario CNC	ACTIVIDAD		ACTUAL	
Actividad: Fabricacion en CNC	Operación		10	
Método: PROPUESTO/ACTUAL	Transporte		03	
	Espera		03	
	Inspección		03	
Lugar: Tecdrill SAC - CNC	Almacenamiento		0	
Operarios(s): 1 Ficha num:	Eficiencia		70,00%	
	Tiempo (seg)		2 650	
Movimiento	ACTIVIDAD	Tiempo (seg)	Descripcion	Tipo
Planear	Operación	120	Planificar tarea según	Ineficiente
Usar	Operación	294	Programar CNC	Eficiente
Tomar	Operación	5	Coger la pieza	Eficiente
Colocar en posicion	Operación	46	Ajustar la pieza en la mordaza	Eficiente
Usar	Operación	3	Activar programación del CNC	Eficiente
Demora inevitable	Espera	1800	Esperar que la pieza se corte	Ineficiente
Usar	Operación	73	Desacoplar pieza terminada del	Eficiente
Tomar	Operación	5	Tomar la pieza	Eficiente
Inspeccionar	Inspección	253	Realizar control de calidad	Ineficiente
Mover	Transporte	50	Llevar a siguiente estación	Eficiente

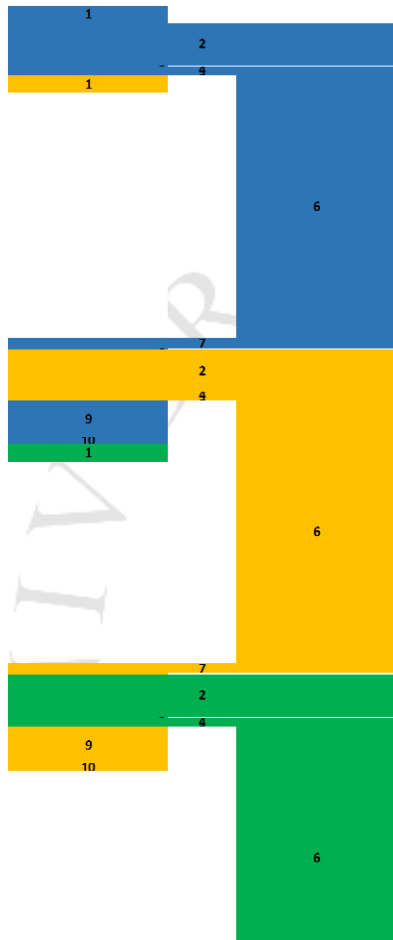
Elaboración Propia

Podemos apreciar que se logró reducir el número de actividades, se pasó de 19 movimientos a solo 10 movimientos, reduciendo la cantidad de tiempo por operación de 3379 segundos a 2650 segundos, lo que implica que se mejoró en casi un 23 %, también se aumentó la eficiencia en un 12% al eliminar la gran mayoría de movimientos y demoras ineficientes del proceso.

Luego de obtener los resultados se pasó a realizar el diagrama de Hombre – Máquina en la estación en la cual se obtuvo los siguientes resultados:

Figura 5.7

Diagrama Hombre – Máquina



Elaboración Propia

Tabla 5.8

Micromovimientos Estación CNC- Mejora

	Movimientos	Tarea	Eficiencia	H/M	Tiempo Obs
1	Planear	Planificar tarea según requerimientos	Ineficiente	H	120
2	Usar	Programar CNC	Eficiente	H/M	294
3	Tomar	Coger la pieza	Eficiente	H	5
4	Colocar en posición	Ajustar la pieza en la mordaza	Eficiente	H/M	46
5	Usar	Activar programación del CNC	Eficiente	H/M	3
6	Demora inevitable	Esperar que la pieza se corte	Ineficiente	M	1 800
7	Usar	Desacoplar pieza terminada del CNC	Eficiente	H/M	73
8	Tomar	Tomar la pieza	Eficiente	H	5
9	Inspeccionar	Realizar control de calidad	Ineficiente	H	254
10	Mover	Llevar al almacén en tránsito	Eficiente	H	50
Total de Movimientos			11		
Total de Movimientos eficientes			8		

Elaboración Propia

*Nota: De manera continua el proceso, el tiempo que se considera para hallar el tiempo del ciclo de máquina es la sumatoria del total de elementos, a excepción del 1, 9 y 10, ya que éstas actividades son completamente viables de adelantar o realizar en el tiempo muerto de la máquina. De modo tal que, tomando en cuenta lo anterior señalado, la eficiencia incrementaría hasta 87,5% (7 actividades eficientes de 8 en total).

Luego de obtener los resultados registrados en la estación, se puede apreciar los siguientes resultados:

Tiempo de Ciclo = 2226 segundos

$$\text{Porcentaje de utilización del operario} = \frac{\text{Tiempo de trabajo del operario}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de utilización del operario} = \frac{850}{2226} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de utilización del operario} = 38,19\%$$

$$\text{Porcentaje de utilización de la máquina} = \frac{\text{Tiempo de trabajo del Maquina}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de utilización de la máquina} = \frac{2216}{2226} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de utilización de la máquina} = 99,55\%$$

Después de registrar los resultados del tabla, podemos apreciar que se redujo en más de 30% el tiempo de ciclo de la máquina al reducir las actividades innecesarias e ineficientes del proceso, trayendo como consecuencia una mayor utilización de la maquina CNC, aumentado en más de 20%, y se reducir la utilización del operario en un poco más de 7%. Además se logró reducir en cierta medida el tiempo ocioso del operario al poner actividades durante el ciclo de fabricación de la pieza, como el control de la pieza anterior, las piezas normalmente sino pasan el control de calidad son desechadas al necesitar una gran precisión, y la planeación de la próxima pieza a fabricar.

Aún más, podríamos decir que la eficiencia de la estación sería mucho mayor de 70% dado que algunas actividades no pertenecen al flujo lineal del proceso, si removemos las actividades que son realizadas mientras que maquina trabaja, la eficiencia del operario sería de 88%, lo que supondría una mejora del 35% del escenario original y una mejora de 18% del escenario mejorado.

Por último, se realizó nuevamente un estudio de tiempo para determinar la mejora en la estación de trabajo, luego de obtener el tiempo estándar podemos apreciar que el tiempo de fabricación de cada eje es de 0,77 horas, lo que representa una mejora del 63 %, ya que se redujo en casi 0,45 horas la fabricación de cada eje y como consiguiente se mejoró la productividad de la estación de 7,37 unidades por día a 11,69 unidades por día.

Tabla 5.9

Estudio de tiempo propuesta de mejora

	Tareas	T Obs (s)	Val	T Nor (s)	Sup	T Std (s)
1	Programar CNC	289,88	1,19	344,96	1,23	423,62
2	Coger la pieza	4,47	1,14	5,10	1,24	6,31
3	Ajustar la pieza en la mordaza	42,44	1,16	49,24	1,24	60,96
4	Activar programación del CNC	3,42	1,00	3,42	1,21	4,13
5	Esperar que la pieza se corte	1 800,00	1,00	1 800,00	1,21	2 174,47
6	Desacoplar pieza terminada del CNC	77,94	1,14	88,86	1,22	108,23
7	Tomar la pieza	5,00	1,14	5,70	1,22	6,94
Total segundos/eje						2 784,67
Total minutos/eje						46,41
Total horas/eje						0,77

Elaboración Propia

Estación Pintura y Corte

Estas soluciones aún no están implementadas en la empresa, pero se realizara el mismo control hecho a la estación de CNC, para ver las mejoras realizadas y los puntos aun por mejorar.

Sin embargo, se espera que se repitan los resultados como en la estación CNC, donde se demuestra que la mejora es eficiente, por lo que esperamos que en la estación Pintura se reduzca de 21 movimientos a solo 13 movimientos, aumentó la eficiencia en un 29%, llegando a un 77 % al eliminar la gran mayoría de movimientos y demoras ineficientes del proceso.

Tabla 5.10

Propuesta de mejora en la estación de pintura

MATERIAL / OPERARIO / EQUIPO			
RESUMEN			
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1 de 1	ACTIVIDAD		ACTUAL
Objeto: Operario CNC	Operación		09
Actividad: Pintado	Transporte		03
Método: ACTUAL/PROPUESTO	Espera		01
	Inspección		0
Lugar: Tecdrill SAC - CNC	Almacenamiento		0
Operarios(s): 1 Ficha num:	Eficiencia		76.92%
Movimiento	ACTIVIDAD	Descripcion	Tipo
Planear	Operación	Planificar tarea según requerimientos	Ineficiente
Buscar	Operación	Ir a la zona de ensamblaje a traer las piezas	Ineficiente
Tomar	Operación	Tomar piezas	Eficiente
Mover	Transporte	Mover Piezas a la zona de pintura	Eficiente
Colocar en posición	Operación	Colocar en posición las piezas	Eficiente
Tomar	Operación	Tomar pinturas y maquina	Eficiente
Mover	Transporte	Mover pinturas y maquinas al area de pintura	Eficiente
Usar	Operación	Prender el compresor	Eficiente
Usar	Operación	Usar maquina de pintura	Eficiente
Usar	Operación	Apagar maquina	Eficiente
Demora Inevitable	Espera	Esperar que la capa de pintura se seque	Ineficiente
Tomar	Operación	Tomar las pieza pintada	Eficiente
Mover	Transporte	Mover pieza a la zona de ensamblaje	Eficiente

Elaboración Propia

Por último en la estación corte se espera que se repitan los resultados como en la estación CNC, donde se demuestra que la mejora es eficiente, por lo que esperamos que en la estación Pintura se reduzca de 24 movimientos a solo 20 movimientos, aumentó la eficiencia en un 15%, llegando a un 85% al eliminar la gran mayoría de movimientos y demoras ineficientes del proceso.

Tabla 5.11

Propuesta de mejora en la estación de corte

MATERIAL / OPERARIO / EQUIPO			
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1 de 1			
Objeto: Operario Corte			
RESUMEN			
ACTIVIDAD		ACTUAL	
Operación		15	
Transporte		04	
Espera		0	
Inspección		01	
Almacenamiento		0	
Método: ACTUAL/PROPUESTO			
Lugar: Tecdrill SAC - Estacion Corte			
Operarios(s): 1 Ficha num:		Eficiencia 85,00%	
Movimiento	ACTIVIDAD	Descripcion	Tipo
Planear	Operación	requerimientos	Ineficiente
Buscar	Transporte	Buscar Barras de acero	Ineficiente
Tomar	Operación	Tomar barras de acero	Eficiente
Mover	Transporte	Llevar barras a la mesa de	Eficiente
Colocar en posición	Operación	Colocar barra sobre la mesa de	Eficiente
Usar	Operación	Usar wincha para medir piezas	Eficiente
Usar	Operación	Marcar según las medidas	Eficiente
Tomar	Operación	Coger barras	Eficiente
Mover	Operación	Llevar barras a la sierra circular	Eficiente
Colocar en posición	Operación	Ajustar a la posicion correcta	Eficiente
Usar	Operación	Prender maquina	Eficiente
Usar	Operación	Utilizar la maquina para cortar	Eficiente
Usar	Operación	Apagar maquina	Eficiente
Tomar	Operación	Tomar pieza	Eficiente
Mover	Transporte	Llevar pieza a pulidora	Eficiente
Usar	Operación	Prender maquina	Eficiente
Usar	Operación	Pulir pieza	Eficiente
Usar	Operación	Apagar maquina	Eficiente
Inspeccionar	Inspección	Revisar que la pieza este bien	Ineficiente
Mover	Transporte	Llevar pieza area de soldado	Eficiente

Elaboración Propia



5.4 Control de resolución del problema

5.4.1 Control de eliminación de consecuencias del problema identificado

Las ineficiencias y consecuencias generadas por el problema tratado en la presente tesis, derivan en sobrecostos, explicados a su vez por horas extras del personal, y un uso alto de pintura. Con la aplicación de estudio de métodos, logrando consigo obtener mayores eficiencias en las áreas de alcance, se recomiendan los siguientes indicadores para monitorear el desempeño.

Para efectos de los costos generados por mano de obra, se realizará un muestreo con frecuencia de 01 por semana, en los primeros 3 meses, posteriormente 01 por mes, en los siguientes 03 meses; para pasar a hacer 02 por trimestre. Se medirá el tiempo efectivo empleado para la fabricación de una pieza/máquina.

Como registro histórico, para realizar una medición continua, se analizará también las horas extras de los trabajadores, así como también el uso de pintura por cada máquina fabricada. Éste último se verificará con la salida y entrada de éste insumo.

5.4.2 Control de solución

Para asegurar de que la nueva metodología se aplique correctamente, se realizaran muestreos y estudios de tiempo en la estación de CNC, los cuales tendrán que realizarse 1 vez cada dos semanas por el primer trimestre de haberse implementado el nuevo proceso. Luego por los siguientes 3 meses se realizaran 1 vez al mes. Por último se realizaran como mínimo 1 vez cada trimestre.

En el caso del muestreo, se realizaran controles del proceso analizado la operativa del operario en la estación viendo si sigue el proceso y se realizarán preguntas al operario de cómo se realiza el proceso para ver si cumple con el procedimiento. En el caso del estudio de tiempo, se realizará el estudio total del proceso y determinar si el operario está realizando las tareas adecuadamente y en los tiempos previamente establecidos.

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIÓN Y BENEFICIOS ESPERADOS

6.1 Determinación de escenarios que afectarían la solución

Se desarrollarán tres escenarios distintos Para la evaluación de los posibles resultados a obtener en cada una de las soluciones propuestas se; optimista, conservador y pesimista.

Tabla 6.1

Posibles escenarios de resultados

	Optimista	Conservador	Pesimista
CNC	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de Eficiencia de movimiento a 75% -Reducción de 7% a 1% en producto defectuoso. -Reducción del ciclo de carga en 10% 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de Eficiencia de movimiento a 65% - Reducción de 7% a 4% en producto defectuoso - Reducción del ciclo de carga en 5% 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia de movimiento a se mantiene igual o se reduce. - Porcentaje de producto defectuoso se reduce de 7% a 5%. - Reducción del ciclo se mantiene o aumenta
Pintura	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de Eficiencia de movimiento a 70% - Reducir niveles de ruido a niveles por debajo del límite permisible. - Reducir las distancias de traslado en 10% - Cumplir con todos los principios de disposición y condiciones en el sitio de trabajo - Reducir el uso de pintura en 30% 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de Eficiencia de movimiento a 60% - Reducir niveles de ruido al límite permisible. - Reducir las distancias de traslado en 5% - Cumplir con el 85 % de los principios de disposición y condiciones en el sitio de trabajo - Reducir el uso de pintura en 20% 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia de movimiento a se mantiene igual o se reduce. - Niveles de ruido se mantienen por encima del límite permisible. - Distancia recorrida por el operario se mantiene o aumenta. - No se cumple con los principios de disposición y condiciones en el sitio de trabajo - Reducir el uso de pintura en 10%
Corte	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de Eficiencia de movimiento a 85% - Reducir las distancias de traslado en 20% - Reducir la cantidad de peso a cargar por parte del operario. - Reducir niveles de ruido e iluminación a niveles por debajo del límite permisible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de Eficiencia de movimiento a 80% - Reducir las distancias de traslado en 10% - Reducir la cantidad de peso a cargar por parte del operario. - Reducir niveles de ruido e iluminación al límite permisible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia de movimiento a se mantiene igual o se reduce. - Niveles de ruido e iluminación se mantienen por encima del límite permisible. - Distancia recorrida por el operario se mantiene o aumenta. - Cantidad de peso a cargar por parte del operario se mantiene.

Elaboración Propia

6.2 Evaluación económica financiera de la solución

Para realizar una evaluación económica financiera, para medir el impacto de la inversión de las soluciones planteadas, se tomará como base el escenario conservador detallado en el punto previo.

Tabla 6.2.

Detalle de inversión de las 3 estaciones estudiadas

Inversión Inicial		
CNC	Estante	\$ 555,00
	Carro de Transporte	\$ 343,09
Pintura	Estante	\$ 504,55
	Máquina de Pintura - Wagner	\$ 4 002,27
Corte	Carro de transporte	\$ 343,09
		\$ 5 747,99

Elaboración propia

Tabla 6.3

Ahorro Anual

Ahorro anual		
CNC	Reducción de % de productos defectuosos	\$ 1 636,36
Pintura	Reducción de % de pintura utilizada	\$ 1 280,00
		\$ 2 916,36

Elaboración propia

Tabla 6.4

Flujo de ahorro

	Mes												Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Venta	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 83 333	\$ 1 000 000
CV actual	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 50 000	\$ 600 000
MO actual	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 12 917	\$ 155 000
MO ajustado	\$ 12 271	\$ 12 157	\$ 12 042	\$ 11 929	\$ 11 815	\$ 11 700	\$ 11 586	\$ 11 471	\$ 11 358	\$ 11 244	\$ 11 129	\$ 11 015	\$ 10 901	\$ 139 717
Ahorro MO	\$ 646	\$ 760	\$ 874	\$ 988	\$ 1 102	\$ 1 217	\$ 1 330	\$ 1 445	\$ 1 559	\$ 1 673	\$ 1 788	\$ 1 901	\$ 1 901	\$ 15 283
CNC	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 136	\$ 1 636
Pintura	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 107	\$ 1 280
CV ajustado	\$ 49 111	\$ 48 997	\$ 48 883	\$ 48 769	\$ 48 655	\$ 48 540	\$ 48 427	\$ 48 312	\$ 48 198	\$ 48 084	\$ 47 969	\$ 47 856	\$ 47 742	\$ 581 801
Margen	41,07%	41,20%	41,34%	41,48%	41,61%	41,75%	41,89%	42,03%	42,16%	42,30%	42,44%	42,57%	42,71%	41,82%
Eficiencia H-H	5,00%	5,88%	6,77%	7,65%	8,53%	9,42%	10,30%	11,19%	12,07%	12,95%	13,84%	14,72%	15,60%	9,86%

*El monto de venta es referencial, dado que no se tuvo acceso a la información financiera de la empresa

Elaboración propia

El estudio y las mejoras propuestas, tienen como resultado generar eficiencias en reducción de costos de Mano de Obra, en la estación del CNC y reducción de pintura.

La eficiencia de H-H lograda, por la reducción de horas extras trabajadas, se plantea que se vaya logre alcanzar, de manera conservadora, 90% de eficiencia (el objetivo que tiene la empresa como política es de 95%) de manera gradual, teniendo como primer mes una reducción del 5%, hasta alcanzar el objetivo con 14,73% luego de haber transcurrido 12 meses; con lo cual se obtiene que como promedio en el primer año, se reduciría en 9,87%. Los ahorros generados en el CNC y por reducción de pintura, se distribuyen homogéneamente en los 12 meses.

Con este escenario, existe una mejora de 1,82% en Utilidad Neta, con un monto nominal de US\$ 22 958,21.

Tabla 6.5

Flujo de Efectivo

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inversión	\$ (5 747,99)					
Inversión 2	\$(10 000,00)	\$ (8 023,58)	\$ (7 895,60)	\$ (3 992,80)		
Depreciación		\$ (1 150)	\$ (1 150)	\$ (1 150)		
Ahorro		\$18 199,36	\$25 732,36	\$25 732,36	\$25 732,36	\$25 732,36
Eficiencia		\$15 283,00	\$22 816,00	\$22 816,00	\$22 816,00	\$22 816,00
CNC		\$ 1 636,36	\$ 1 636,36	\$ 1 636,36	\$ 1 636,36	\$ 1 636,36
Pintura		\$ 1 280,00	\$ 1 280,00	\$ 1 280,00	\$ 1 280,00	\$ 1 280,00
IR		\$(2 707,68)	\$(4 979,15)	\$(6 176,99)	\$(7 374,83)	\$(7 374,83)
Neto	\$(15 747,99)	\$ 6 318,33	\$11 618,02	\$14 412,98	\$17 208,94	\$17 208,94

Elaboración Propia

En el flujo de efectivo, se toma en cuenta dos tipos de inversión. La "Inversión 1" corresponde a la compra de los activos fijos detallados en la tabla 6.2; mientras que la "Inversión 2", corresponde al costo que incurre la empresa por el estudio y ahorro como resultado del mismo. Éste modelo, se planteó de manera tal que existe un costo en el primer año de US\$ 10000; y luego, en los primeros tres años, se paga el 75%, 50% y 25% del monto anual ahorrado, luego del efecto de IR.

Tabla 6.5

Indicadores de retorno a la inversión

Inversión	\$15 747,99
TIR	62,04%
VNA	\$22 959,15

Elaboración Propia

Para el cálculo del VNA de ésta inversión, se tomó como referencia el 15%, tasa de descuento adecuada para el tipo de inversión, origen y destino de fondos; así como también el propietario de la empresa está de acuerdo con la tasa de descuento planteada. Cabe mencionar que se financiará con capital propio de la empresa.

De esta manera, se obtiene una TIR de 62,04% y VNA de US\$22 958,21, con lo cual se confirma que es viable y favorable realizar la inversión.



6.3 Análisis del impacto social y ambiental de la solución

Tabla 6.6

Impacto ambiental de la solución

Estación	Salidas	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Medidas correctivas
CNC	Refrigerante Esquirlas Merma	Métodos de trabajos ineficientes Muchos desplazamientos	Estrés laboral Cansancio, fatiga.	Aplicar un almacén temporal para reducir viajes. Optimización del tiempo de uso de la máquina.
Pintura	Pintura Polvo	Desorden en el puesto de trabajo Altos índices de ruido Muchos desplazamientos	Afectación a la salud de los trabajadores: enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), infecciones. Golpes y accidentes por mal manejo y desorden de los repuestos y materiales	Mejora de equipos para reducir merma de pintura y reducción de ruido Optimizar los movimientos del operario
Corte	Polvo Esquirlas	Métodos de trabajos ineficientes Muchos desplazamientos	Estrés laboral Cansancio, fatiga. Golpes y accidentes por mal manejo y desorden de los repuestos y materiales	Aplicar un almacén temporal

Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- El proceso, dentro del marco establecido, analizado posee varios puntos de mejora en áreas claves en el proceso de producción, por lo que la mejora en estos puestos elevará la productividad y eficiencia de la empresa y reducirá la carga de trabajo en los operarios. Por otro lado se reducirán costos innecesarios por ejemplo las horas extras y los costos por reprocesos.
- Se realizó el estudio de movimientos en los puestos analizados, determinando los movimientos eficientes e ineficientes realizados por los operarios, los cuales pueden ser usados para realizar controles y determinar si el proceso está siendo realizado de una manera correcta.
- Se requiere precisar el desglose total de cada actividad realizada en los puestos y áreas de trabajo involucradas, de manera tal que al realizar las propuestas de cambio en el proceso, es correctamente cuantificable la mejora en la eficiencia de los pasos a seguir de cada tarea, así como también en la productividad de cada puesto y área de trabajo.
- Se determinó los tiempos estándares de los puestos analizados para luego usarlos como referencia para futuras mejoras y puntos de control para determinar si el proceso se está realizado de una manera correcta.
- Al desarrollar un correcto procedimiento de evaluación y diagnóstico del problema en la situación previa a la investigación, se obtiene mejor perspectiva de la funcionalidad entre cada puesto y área de trabajo, lo cual es determinante para desarrollar optimizaciones o modificaciones que sean aplicables dentro de la empresa.
- Existen elementos mínimos y puntuales que al modificarlos, repercuten en gran manera en la mejora propuesta; con lo cual la primera alternativa debe siempre ser una opción sencilla sobre una compleja, tanto de desarrollar como de implementar.

RECOMENDACIONES

- Para llevar a cabo un correcto estudio de métodos, el primer paso es identificar el problema a tratar, lo cual derivará en las causas del mismo, y así se obtendrá un enfoque claro de la investigación a realizarse.
- Al realizar un estudio de métodos, es de relevancia mayor delimitar el alcance del proyecto, para poder cuantificar correctamente las optimizaciones que resulten de la implementación de las modificaciones y mejoras a plantear.
- Al no contar con los recursos suficientes, ya sea económicos o disponibilidad de tiempo por parte de la empresa a evaluar, para implementar todas las mejoras planteadas, es necesario evaluar correctamente las áreas involucradas, para que, en caso requerir elegir desarrollar soluciones no en el total de áreas evaluadas, las elegidas deben ser representativas dentro del problema a resolver.
- Implementar las soluciones pendientes, utilizando las propuestas de cambio establecidas a lo largo del trabajo dado que estas generaran una mayor eficiencia y productividad dentro de la empresa
- Realizar el estudio de movimientos y tiempo en los puestos faltantes dado que eso va a brindar un mejor resultado, reduciendo los costos del proceso y mejorando la eficiencia dado que se eliminarían todos los movimientos ineficientes y se realizaran mejoras en el proceso.
- Establecer controles mensuales para asegurar que el nuevo proceso sea establecido y se utilice de manera correcta, una vez que la metodología sea adoptada y se utilice de manera natural, realizar nuevamente el estudio para mejorar aún más las estaciones y como consecuencia el proceso en general.
- La capacitación e implementación son fases cruciales en la propuesta de mejora a realizarse; por tal sentido es crucial que las personas involucradas en los procesos objeto de estudio, participen activamente en el proceso.

REFERENCIAS

- Acosta Loreña, Jorge Wilson (2013) – Mejora en el área logística de la empresa JyW Repuestos S.A.C. Lima.
- Alejandro Franco Dávila Torres (2015) – Análisis y propuesta de mejora de procesos en una empresa productora de jaulas para gallinas ponedoras. Lima.
- Análisis de los Diferentes Métodos de Mejora Continua. Herrera Jonathan, D'Armas Mayra y Arzola Minerva. UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz.
- Atarama, E. (2015). Un mínimo de distancia del cuerpo de agua a los componentes mineros. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, - Lima.
- Celestino, A. (2013, Septiembre 21). Diagrama Hombre Maquina (Slideshare, Ed.). Extraído Mayo 17, 2017. Recuperado de <https://es.slideshare.net/alecan56/diagrama-hombre-maquina>
- Chang, R. Y. (1996). Mejora continúa de procesos: guía práctica para mejorar procesos y lograr resultados medibles. Barcelona: Granica
- Claudio Loayza, Pedro Joseph (2011) – Diseño y propuesta de mejora de los procesos de un taller mecánico de una empresa comercializadora de maquinaria. Lima
- Wordpress(2010) Distribución en planta – Página 33 y 34, Recuperado de https://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego_mas_distribucion_en_planta.pdf
- Flores Cortes, P. J. (2012, Octubre 16). DAÑOS PARA EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA. Agosto 19, 2016, de <http://www.istas.net/fittema/att/di5.htm>
- Gestión, Septiembre 2016. Recuperado de <http://gestion.pe/economia/cartera-proyectos-mineros-peru-asciende-us-45596-millones-que-situacion-esta-2170852>
- GestioPolis.com Experto. (2003, Marzo 11). ¿Cuáles son los 12 principios de la eficiencia de Emerson?. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/cuales-son-los-12-principios-de-la-eficiencia-de-emerson/>
- Michael E Porter (2008) Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia.
- Laura Mansilla (s.f.) Apoyo Teórico N°1 - Estudio del Trabajo

- Metal Actual. (2012, Febrero). Alternativas a la Utilización de Aceites y Refrigerantes de Corte. Bogotá D. C., Colombia: Editores Industriales SAS. - http://www.metalactual.com/revista/23/procesos_aceites.pdf
- MÉTODO DE LOS FACTORES PONDERADOS. (n.d.). Extraído Mayo 17, 2017. Recuperado de https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/5075/mod_resource/content/1/Problemas/Met-Local-Ponderado-ejemplo.pdf
- Ministerio de Salud del Perú (n.d.). Diagrama Causa Efecto. Revisado Mayo 17, 2017, Recuperado de www.minsa.gob.pe/dgsp/observatorio/documentos/.../DiagramaCausaEfecto.pdf
- Nathalia Alzate Guzmán, Julián Eduardo Sánchez Castaño (2013) – Estudio de métodos y tiempos de línea de producción de calzado tipo “Clásico de Dama” en la empresa de calzado caprichosa para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación. Colombia
- Nuestros Servicios de Consultoría. (n.d.). Extraído en junio 15, 2016. Recuperado de <http://www.maximixe.com/>
- Pereda Jaquehua, Estefanía Daniela - Estudio de mejora integral en la empresa Transportes Pereda S.R.L – Lima 2013
- Talancón, H. P. (2006). La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales. Contribuciones a la Economía, 2.

BIBLIOGRAFÍA

Kanawaty, G., Donald, W. J., Andersen, L., Donald, K. B., Linday, E. K., MRWJ Donald, L. P., ...&Abramo, L. (2011). Introducción al estudio del trabajo (No. 65.015). OIT.

Porter, M. E. (2009). Estrategia competitiva técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia. Madrid: Pirámide.



ANEXOS

ANEXO 1: RANKING DE FACTORES

- 1 Capacidad Instalada
- 2 Ineficiente puesto de trabajo
- 3 Procedimiento equivocado
- 4 Equipos y/o herramientas obsoletos
- 5 Calidad de Materia Prima
- 6 Tiempo Ocioso
- 7 Mal plan de Mantenimiento

Factores	1	2	3	4	5	6	7	CONTEO	Acumulado	Ranking
1	x	0	0	0	0	0	0	0	0%	7
2	1	x	0	0	1	0	1	3	13%	4
3	1	1	x	1	1	0	1	5	22%	2
4	1	1	1	x	1	0	1	5	22%	2
5	1	0	0	0	x	0	1	2	9%	5
6	1	1	1	1	1	x	1	6	26%	1
7	1	0	0	0	1	0	x	2	9%	5
								23	100%	

Factores	1	2	3	4	5	6	7	CONTEO	Acumulado	Ranking	Costo	Tecnica	Humano
Tiempo Ocioso	1	1	1	1	1	x	1	6	26%	1	x	-	x
Procedimiento equivocado	1	1	x	1	1	0	1	5	22%	2	x	x	-
Equipos y/o herramientas obsoletos	1	1	1	x	1	0	1	5	22%	2	x	x	-
Ineficiente puesto de trabajo	1	x	0	0	1	0	1	3	13%	4	x	-	x
Calidad de Materia Prima	1	0	0	0	x	0	1	2	9%	5	x	-	-
Mal plan de Mantenimiento	1	0	0	0	1	0	x	2	9%	5	-	x	-
Capacidad Instalada	x	0	0	0	0	0	0	0	0%	7	-	x	-
								23	100%				

Causas Raices	Costo	Tecnica	Humano	Conteo	Puntaje	Acumulado	Puntaje Final
Tiempo Ocioso	x	x	x	3	1,00	0,26	0,26
Procedimiento equivocado	x	x	-	2	0,67	0,22	0,14
Equipos y/o herramientas obsoletos	x	x	-	2	0,67	0,22	0,14
Ineficiente puesto de trabajo	x	-	x	2	0,67	0,13	0,09
Calidad de Materia Prima	x	-	-	1	0,33	0,09	0,03
Mal plan de Mantenimiento	-	x	-	1	0,33	0,09	0,03
Capacidad Instalada	-	x	-	1	0,33	-	-

Estaciones	TO	PE	EHO	IPT	Conteo	Puntaje
Torneado / Mecanizado	1	1	0	0	2	0,41
Corte	1	0	0	1	2	0,35
Soldado	1	0	1	1	3	0,49
Pintura	1	0	1	1	3	0,49
Cableado	0	0	0	1	1	0,09
Ensamblado	1	0	0	0	1	0,26

ANEXO 2: TOMA DE TIEMPOS Y VALORACIONES

SITUACIÓN ACTUAL VS MEJORA

Situación actual

Toma de tiempos

Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Planificar tarea según requerimientos	135	114	142	157	127	133	163	135	135	134
2 Programar CNC	287	341	334	253	241	277	227	317	343	358
3 Ir a almacén a traer bloque de acero	169	204	159	139	145	167	154	148	169	171
4 Coger la pieza	5	5	3	5	6	5	5	4	4	5
5 Llevar al CNC	179	190	167	199	144	154	192	195	217	168
6 Colocar la pieza en la mordaza del torno	11	9	10	13	9	9	12	10	13	10
7 Revisar la colocación	9	8	8	7	8	26	6	8	7	7
8 Ajustar la pieza en la mordaza	47	48	39	50	43	76	45	46	53	48
9 Activar programación del CNC	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10 Esperar que la pieza se corte	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
11 Parar CNC	5	4	5	4	5	6	5	5	4	4
12 Esperar que la pieza se enfríe y deje de rotar	60	70	45	49	62	45	62	79	53	50
13 Revisar que se este haciendo de la manera correcta	192	154	213	173	195	167	186	162	217	165
14 Activar nuevamente el CNC	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15 Esperar que la pieza se corte	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
16 Desacoplar pieza terminada del CNC	71	84	81	71	63	73	84	70	67	63
17 Tomar la pieza	5	5	5	4	5	5	4	6	4	6
18 Realizar control de calidad	266	268	251	211	287	316	281	280	234	305
19 Llevar a siguiente estación	134	131	102	145	145	116	103	118	154	136

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio	MIN	MAX	Desv Est
119	133	155	137	113	121	111	140	166	138	135,4	115	156	15,79
340	289	259	345	344	256	313	311	271	309	300,75	256	346	40,10
156	124	161	145	161	153	202	215	185	169	164,8	140	190	22,64
4	4	4	4	6	4	5	5	5	5	4,65	4	5	0,75
176	201	201	196	167	194	153	190	188	137	180,4	153	207	21,45
11	9	10	9	12	12	11	9	11	11	10,55	9	12	1,36
8	4	7	6	8	9	7	9	9	7	8,4	7	10	4,32
38	46	39	46	39	49	48	55	46	38	46,95	40	54	8,38
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0,00
900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	765	1035	0,00
6	5	4	6	6	4	4	5	6	5	4,9	4	6	0,79
51	47	61	61	49	46	56	60	65	70	57,05	48	66	9,53
145	178	236	208	163	189	238	235	205	182	190,15	162	219	27,89
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0,00
900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	765	1035	0,00
54	59	76	78	71	63	82	65	57	63	69,75	59	80	9,01
5	5	5	4	4	4	5	4	6	5	4,8	4	6	0,70
224	211	299	265	256	202	237	243	291	321	262,4	223	302	35,54
112	146	138	126	145	134	103	131	163	135	130,85	111	150	17,26

Retiro de elementos extraordinarios

Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Planificar tarea según requerimientos	135		142		127	133		135	135	134
2 Programar CNC	287	341	334			277		317	343	
3 Ir a almacén a traer bloque de acero	169		159		145	167	154	148	169	171
4 Coger la pieza	5	5		5	6	5	5	4	4	5
5 Llevar al CNC	179	190	167	199		154	192	195		168
6 Colocar la pieza en la mordaza del torno	11	9	10		9	9	12	10		10
7 Revisar la colocación	9	8	8	7	8			8	7	7
8 Ajustar la pieza en la mordaza	47	48		50	43		45	46	53	48
9 Activar programación del CNC	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10 Esperar que la pieza se corte	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
11 Parar CNC	5	4	5	4	5	6	5	5	4	4
12 Esperar que la pieza se enfríe y deje de rotar	60			49	62		62		53	50
13 Revisar que se este haciendo de la manera correcta	192		213	173	195	167	186	162	217	165
14 Activar nuevamente el CNC	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15 Esperar que la pieza se corte	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
16 Desacoplar pieza terminada del CNC	71			71	63	73		70	67	63
17 Tomar la pieza	5	5	5	4	5	5	4	6	4	6
18 Realizar control de calidad	266	268	251		287		281	280	234	
19 Llevar a siguiente estación	134	131		145	145	116		118		136

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio	MIN	MAX	Desv Est
119	133	155	137		121		140		138	134,57	114	155	8,81
340	289	259	345	344	256	313	311	271	309	308,50	262	355	31,65
156		161	145	161	153			185	169	160,80	137	185	11,10
4	4	4	4		4	5	5	5	5	4,67	4	5	0,59
176	201	201	196	167	194	153	190	188		182,94	156	210	15,98
11	9	10	9	12	12	11	9	11	11	10,28	9	12	1,13
8		7		8	9	7	9	9	7	7,88	7	9	0,81
	46		46		49	48		46		47,31	40	54	2,50
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	2	2	0,00
900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900,00	765	1035	0,00
6	5	4	6	6	4	4	5	6	5	4,90	4	6	0,79
51		61	61	49		56	60		65	56,85	48	65	5,73
	178		208	163	189			205	182	186,33	158	214	18,55
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	2	2	0,00
900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900,00	765	1035	0,00
	59	76	78	71	63		65		63	68,07	58	78	5,62
5	5	5	4	4	4	5	4	6	5	4,80	4	6	0,70
224		299	265	256		237	243	291		263,00	224	302	23,10
112	146	138	126	145	134		131		135	132,80	113	153	10,86

Resultados

Tareas	T Obs (s)	Val	T Nor (s)	Sup	T Std (s)
1 Planificar tarea según requerimientos	134,57	1,16	156,10	1,23	191,70
2 Programar CNC	308,50	1,19	367,12	1,25	458,17
3 Ir a almacén a traer bloque de acero	160,80	1,11	178,49	1,23	219,19
4 Coger la pieza	4,67	1,08	5,04	1,24	6,24
5 Llevar al CNC	182,94	1,08	197,58	1,24	244,61
6 Colocar la pieza en la mordaza del torno	10,28	1,14	11,72	1,24	14,51
7 Revisar la colocación	7,88	1,14	8,98	1,23	11,02
8 Ajustar la pieza en la mordaza	47,31	1,14	53,93	1,23	66,23
9 Activar programación del CNC	2,00	1,00	2,00	1,23	2,46
10 Esperar que la pieza se corte	900,00	1,00	900,00	1,21	1 087,24
11 Parar CNC	4,90	1,00	4,90	1,23	6,02
12 Esperar que la pieza se enfríe y deje de rotar	56,85	1,00	56,85	1,21	68,67
13 Revisar que se este haciendo de la mandera correcta	186,33	1,16	216,15	1,23	265,44
14 Activar nuevamente el CNC	2,00	1,00	2,00	1,23	2,46
15 Esperar que la pieza se corte	900,00	1,00	900,00	1,21	1 087,24
16 Desacoplar pieza terminada del CNC	68,07	1,14	77,60	1,23	95,30
17 Tomar la pieza	4,80	1,14	5,47	1,23	6,72
18 Realizar control de calidad	263,00	1,22	320,86	1,25	400,45
19 Llevar a siguiente estación	132,80	1,08	143,42	1,23	176,13
Total segundos/eje					4 409,77
Total minutos/eje					73,50
Total horas/eje					1,22

Valoración

Tareas	Habilidad	Esfuerzo	Condicion	Consistencia
1 Planificar tarea según requerimientos	B2	C1	C	C
2 Programar CNC	B1	C1	C	C
3 Ir a almacén a traer bloque de acero	D	B2	C	C
4 Coger la pieza	D	C1	C	C
5 Llevar al CNC	D	C1	C	C
6 Colocar la pieza en la mordaza del torno	C1	C1	C	C
7 Revisar la colocación	C1	C1	C	C
8 Ajustar la pieza en la mordaza	C1	C1	C	C
9 Activar programación del CNC	D	D	D	D
10 Esperar que la pieza se corte	D	D	D	D
11 Parar CNC	D	D	D	D
12 Esperar que la pieza se enfríe y deje de rotar	D	D	D	D
13 Revisar que se este haciendo de la mandera correcta	B2	C1	C	C
14 Activar nuevamente el CNC	D	D	D	D
15 Esperar que la pieza se corte	D	D	D	D
16 Desacoplar pieza terminada del CNC	C1	C1	C	C
17 Tomar la pieza	C1	C1	C	C
18 Realizar control de calidad	B1	B2	C	C
19 Llevar a siguiente estación	D	C1	C	C

Tareas		Habilidad	Esfuerzo	Condicion	Consistencia	Fw
1	Planificar tarea según requerimientos	0,08	0,05	0,02	0,01	0,16
2	Programar CNC	0,11	0,05	0,02	0,01	0,19
3	Ir a almacen a traer bloque de acero	0,00	0,08	0,02	0,01	0,11
4	Coger la pieza	0,00	0,05	0,02	0,01	0,08
5	Llevar al CNC	0,00	0,05	0,02	0,01	0,08
6	Colocar la pieza en la mordaza del torno	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14
7	Revisar la colocacion	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14
8	Ajustar la pieza en la mordaza	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14
9	Activar programación del CNC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Esperar que la pieza se corte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Parar CNC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Esperar que la pieza se enfríe y deje de rotar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Revisar que se este haciendo de la mandera correcta	0,08	0,05	0,02	0,01	0,16
14	Activar nuevamente el CNC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	Esperar que la pieza se corte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Desacoplar pieza terminada del CNC	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14
17	Tomar la pieza	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14
18	Realizar control de calidad	0,11	0,08	0,02	0,01	0,22
19	Llevar a siguiente estación	0,00	0,05	0,02	0,01	0,08

Suplementos variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Por necesidades personales	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Básicos por fatiga	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Por trabajar de pie	0,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Peso levantado o fuerza ejercida	0,00%	0,00%	0,00%	1,00%	1,00%	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Por calidad del aire	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sonido intermitente y fuerte	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Por monotonía física	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Tension mental	2,00%	2,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	13,00%	15,00%	13,00%	14,00%	14,00%	14,00%	13,00%	13,00%	13,00%

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
	0,00%	2,00%	0,00%	2,00%	2,00%	0,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00%	0,00%
Total	11,00%	13,00%	11,00%	13,00%	13,00%	11,00%	13,00%	13,00%	15,00%	13,00%

Suplementos fijos

Turno	10
Refrigerio	1,5
Tiempo Efectivo	510
Tiempo en Otras Tareas	50
Sup	10%

Situación mejora

Toma de tiempos

Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Programar CNC	294	316	255	260	324	275	286	253	326	308
2 Coger la pieza	5	5	4	4	5	4	5	6	4	5
3 Ajustar la pieza en la mordaza	46	45	39	43	45	42	48	38	38	48
4 Activar programación del CNC	3	4	3	4	3	4	5	3	3	4
5 Esperar que la pieza se corte	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
6 Desacoplar pieza terminada del CNC	73	87	66	59	76	80	87	69	79	75
7 Tomar la pieza	5	5	6	4	4	4	5	4	6	5

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio	MIN	MAX	Desv Est
325	305	349	269	248	281	274	341	282	295	293,30	249,00	337,00	30,04
4	6	4	4	4	4	5	5	6	5	4,70	4,00	5,00	0,73
42	40	40	51	42	55	49	39	37	43	43,50	37,00	50,00	4,84
3	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3,50	3,00	4,00	0,61
1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800,00	1 530,00	2 070,00	-
61	78	68	66	85	78	86	80	83	87	76,15	65,00	88,00	8,82
4	6	4	6	4	5	6	5	6	6	5,00	4,00	6,00	0,86

Retiro de elementos extraordinarios

Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Programar CNC	294	316	255	260	324	275	286	253	326	308
2 Coger la pieza	5	5	4	4	5	4	5		4	5
3 Ajustar la pieza en la mordaza	46	45	39	43	45	42	48	38	38	48
4 Activar programación del CNC	3	4	3	4	3	4		3	3	4
5 Esperar que la pieza se corte	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
6 Desacoplar pieza terminada del CNC	73	87	66		76	80	87	69	79	75
7 Tomar la pieza	5	5	6	4	4	4	5	4	6	5

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio	MIN	MAX	Desv Est
325	305		269		281	274		282	295	289,88	246,00	333,00	24,39
4		4	4	4	4	5	5		5	4,47	4,00	5,00	0,51
42	40	40		42		49	39	37	43	42,44	36,00	49,00	3,73
3	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3,42	3,00	4,00	0,51
1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800,00	1 530,00	2 070,00	-
	78	68	66	85	78	86	80	83	87	77,94	66,00	90,00	7,26
4	6	4	6	4	5	6	5	6	6	5,00	4,00	6,00	0,86

Resultados

Tareas	T Obs (s)	Val	T Nor (s)	Sup	T Std (s)
1 Programar CNC	289,88	1,19	344,96	1,23	423,62
2 Coger la pieza	4,47	1,14	5,10	1,24	6,31
3 Ajustar la pieza en la mordaza	42,44	1,16	49,24	1,24	60,96
4 Activar programación del CNC	3,42	1,00	3,42	1,21	4,13
5 Esperar que la pieza se corte	1 800,00	1,00	1 800,00	1,21	2 174,47
6 Desacoplar pieza terminada del CNC	77,94	1,14	88,86	1,22	108,23
7 Tomar la pieza	5,00	1,14	5,70	1,22	6,94
Total segundos/eje					2 784,67
Total minutos/eje					46,41
Total horas/eje					0,77

Valoraciones

	Tareas	Habilidad	Esfuerzo	Condicion	Cons
1	Programar CNC	B1	C1	C	C
2	Coger la pieza	C1	C1	C	C
3	Ajustar la pieza en la mordaza	B2	C1	C	C
4	Activar programación del CNC	C1	C1	D	D
5	Esperar que la pieza se corte	D	D	D	D
6	Desacoplar pieza terminada del CNC	C1	C1	C	C
7	Tomar la pieza	C1	C1	C	C

	Tareas	Habilidad	Esfuerzo	Condicion	Cons	Fw
1	Programar CNC	0,11	0,05	0,02	0,01	0,19
2	Coger la pieza	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14
3	Ajustar la pieza en la mordaza	0,08	0,05	0,02	0,01	0,16
4	Activar programación del CNC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Esperar que la pieza se corte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Desacoplar pieza terminada del CNC	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14
7	Tomar la pieza	0,06	0,05	0,02	0,01	0,14

Suplementos variables

	1	2	3	4	5	6	7
Por necesidades personales	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Básicos por fatiga	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Por trabajar de pie	0,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Peso levantado o fuerza ejercida	0,00%	1,00%	1,00%	0,00%	0,00%	1,00%	1,00%
Por calidad del aire	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sonido intermitente y fuerte	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Por monotonía física	2,00%	2,00%	2,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Tension mental	2,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	13,00%	14,00%	14,00%	11,00%	11,00%	12,00%	12,00%

Suplementos fijos

Turno	10
Refrigerio	1,5
Tiempo Efectivo	510
Tiempo en Otras Tareas	50
Sup	10%