

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

**Diseño del sistema de gestión para la programación y
control de la producción en la empresa Maquinaria**

Industrial JOCA S.A.

AUTOR

Sharon Corrales Hernández

TUTOR

Ing. Allan Maroto Coto

LECTOR

Ing. Loryi Valverde Cordero

San José, diciembre, 2022

RESUMEN EJECUTIVO

La planificación y programación de la producción es un aspecto importante para toda empresa, ya sea en el área de producción o de servicios, ya que esto permite la correcta asignación de las materias primas, procesos y demás recursos para ciertos periodos.

El fin de la programación es que el proceso sea desarrollado con la máxima eficiencia, considerando las necesidades de producción para cumplir con la demanda, haciendo uso de los recursos disponibles de manera que sea lo más rentable posible.

Otro factor por considerar de la programación es buscar que la producción funcione con la menor cantidad de interrupciones, estrés y retrasos posibles.

Maquinaria Industrial JOCA S.A. brinda maquinaria para el procesamiento de granos enfocándose específicamente en el grano de oro, es decir, el café. Dado que la demanda está estrechamente relacionada con el procesamiento del café y los periodos de cosecha, la producción posee ciertos picos de aumento en pedidos.

Considerando esta situación la empresa debe obtener el mejor provecho de los recursos y cumplir con la demanda en los plazos establecidos ya que el incumplimiento por parte de JOCA puede repercutir directamente en los tiempos de cosecha de los clientes, generando pérdidas y desconfianza para los mismos.

La empresa en su actualidad no programa la producción y no posee control de tiempos, esto repercute en pérdidas económicas considerando el desperdicio de material y pago de horas extras con el objetivo de cumplir con los plazos, a pesar del pago excesivo de las horas extras dando como resultado un monto de ¢ 68 356 664,60 la empresa no es capaz de cumplir con los tiempos de entrega ocasionando un 38% de incumplimiento.

Así mismo se determina los reprocesos, los tiempos y movimientos improductivos. Con esto en mente se propone acciones para disminuir traslados innecesarios pasando de 22 desplazamientos a 4 y en consecuencia un ahorro de 46 minutos y 25 segundos (00:46:25) y un ahorro aproximado de ¢ 25 732 356,00 al controlar el desperdicio de material.

Se brindan las herramientas para la planificación, programación y control de la producción como: un plan maestro, pronósticos, inventarios, hojas de control, dashboard, etc. para la realización de la propuesta y en consecuencia la mejora de la situación actual.

CONTENIDO

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
CARTA AUTORIZACIÓN DEL TUTOR.....	3
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA	4
CARTA INCORPORACIÓN DE LAS MODIFICACIONES AL TFG	5
DECLARACIÓN JURADA	6
SOLICITUD DE DEFENSA	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
TABLAS	15
FIGURAS	16
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	21
Generalidades de la Empresa	22
Misión	23
Visión.....	23
Ubicación	23
Planteamiento del Problema	24
Objetivos.....	24
Objetivo general.....	24
Objetivos específicos	24
Justificación	25
Antecedentes	25
Tesis	25
Artículos.....	27

	10
Proyecciones	29
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	30
Conceptos Básicos	30
Ingeniería industrial	30
Mercado y demanda.....	30
Proceso.....	30
Producción	31
Programación y control.....	31
Programación de la producción	31
Planificación de la producción.....	32
Cadena de suministro.....	33
Cadena de valor.....	33
Productividad	33
Eficacia	34
Eficiencia	34
Proceso de control básico.....	34
Metodología DMAIC.....	35
Herramientas para Describir el Problema	37
Diagrama de flujo	37
Diagrama SIPOC	40
Diseño de experimentos.....	41
Prueba de hipótesis estadística.....	41
Análisis de la varianza (ANOVA)	41
Herramientas para Medir las Consecuencias	42

Mapeo de procesos.....	42
Muestreo del trabajo	43
Estudio de métodos.....	44
Cursograma analítico	45
Simbología del cursograma analítico.....	46
Estudio de tiempos.....	47
Herramientas para Analizar las Causas.....	50
Diagrama Ishikawa	50
Diagrama de Pareto.....	52
Cinco porqués	55
Histograma.....	56
Herramientas para el Diseño.....	58
Planificación de requerimientos de material (MRP).....	58
Plan maestro de producción (PMP)	59
Capacidades	60
Pronósticos.....	60
Sistema de inventarios	61
Diagrama de Gantt	63
Análisis de evaluación de proyectos.....	64
Herramientas para el Control de la Propuesta.....	65
Gráficas de control.....	65
Análisis financiero	66
Hoja de verificación.....	67
Kanban	68

	12
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	70
Enfoque.....	70
Enfoque cuantitativo.....	70
Enfoque cualitativo.....	70
Enfoque mixto.....	71
Alcance.....	72
Exploratorio.....	72
Descriptivo.....	72
Correlacional.....	73
Explicativo.....	73
Diseño.....	73
Diseño experimental.....	73
Diseño no experimental.....	74
Variables.....	74
Muestra.....	75
Instrumentos.....	76
Recolección de Datos.....	76
Método de Análisis.....	77
Cronograma.....	78
EDT.....	78
Diagrama de Gantt.....	79
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN.....	80
Descripción del Problema.....	80
Proceso.....	80

Macroproceso.....	80
Diagrama de proceso.....	81
Diagrama de flujo	82
SIPOC	84
Datos históricos.....	84
Personal.....	86
Rotación del personal.....	86
Tiempos proceso	88
Tiempos estándar	88
Capacidad.....	91
Diagrama de PERT	92
Diagrama de distribución de planta	95
Pronósticos	95
Sistema de programación y control de la producción actual	96
Inventarios.....	96
Medición de las Consecuencias	96
Cursograma analítico	96
Tiempos improductivos	97
Cumplimiento de entrega.....	104
Horas extras	105
Análisis de las Causas.....	108
Los 5 ¿Por qué?.....	108
Diagrama de Ishikawa.....	109
Diagrama de Klee	110

	14
Diagrama de Pareto.....	111
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
Conclusiones.....	114
Recomendaciones	115
CAPÍTULO VI PROPUESTA.....	116
Propuesta.....	116
Mejora en los tiempos de desplazamientos.....	116
Mejora en reprocesos	117
Mejora en el cuello de botella.....	118
Horizonte de planeación	119
Modelo de pronósticos.....	119
Plan maestro de producción	121
Planificación de requerimientos de material (MRP).....	130
Inventario	133
Hojas de control	134
Control de calidad.....	137
Dashboard	138
Procedimientos bodega.....	140
Análisis Económico	145
Requerimientos	145
Costos de la implementación	145
Plan de Implementación.....	148
REFERENCIAS.....	150
APÉNDICES.....	154

TABLAS

Tabla 1 Tablero Kanban.....	68
Tabla 2 Variables	74
Tabla 3 Muestra	75
Tabla 4 Instrumentos.....	76
Tabla 5 Recolección de Datos.....	76
Tabla 6 Método de Análisis	77
Tabla 7 Histórico ventas	85
Tabla 8 Personal planta.....	86
Tabla 9 Personal anual	87
Tabla 10 Tiempos	88
Tabla 11 Tiempo estándar.....	89
Tabla 12 Capacidad.....	92
Tabla 13 Descripción diagrama de PERT.....	93
Tabla 14 Tiempos desplazamientos	98
Tabla 15 Tiempos sobrantes	99
Tabla 16 Reprocesos corte	99
Tabla 17 Tiempos reproceso corte.....	100
Tabla 18 Tiempos reproceso soldadura	100
Tabla 19 Tiempos reprocesos soldadura.....	101
Tabla 20 Pérdida material	101
Tabla 21 Pérdida material 2022	102
Tabla 22 Tiempos traslado.....	103

Tabla 23 Espera montacarga.....	103
Tabla 24 Espera ensamble	104
Tabla 25 Porcentaje de incumplimiento	104
Tabla 26 Horas extras	105
Tabla 27 Monto Salarios.....	106
Tabla 28 Relación salario-extras.....	107
Tabla 29 Datos Pareto.....	111
Tabla 30 Tiempos desplazamiento mejora	116
Tabla 31 Tiempos desplazamiento disminución.....	117
Tabla 32 Traslado propuesta.....	117
Tabla 33 Resumen Pronósticos.....	120
Tabla 34 Pérdida material propuesta.....	136
Tabla 35 Costos del estudio	146
Tabla 36 Costo de la Inversión	146
Tabla 37 Comparación ahorro – inversión.....	147
Tabla 38 Costo – Beneficio.....	147
Tabla 39 Flujo de retorno inversión.....	147

FIGURAS

Figura 1 Ubicación.....	23
Figura 2 La productividad y sus componentes	34
Figura 3 Metodología DMAIC	35
Figura 4 Ejemplo diagrama de flujo	39
Figura 5 Simbología diagrama de flujo	39

Figura 6 Ejemplo diagrama SIPOC	40
Figura 7 Mapa de proceso nivel general y mapa específico de una actividad del mismo proceso	43
Figura 8 Etapas del estudio de métodos.....	45
Figura 9 Simbología cursograma analítico	46
Figura 10 Ejemplo cursograma analítico	46
Figura 11 Fórmula tamaño muestra	47
Figura 12 Fórmula tiempo normal	48
Figura 13 Fórmula tiempo estándar	48
Figura 14 Tolerancias	49
Figura 15 Ejemplo diagrama de Ishikawa	51
Figura 16 Multiplicación de frecuencia por costo	53
Figura 17 Diagrama de Pareto	55
Figura 18 Ejemplo 5 ¿por qué?.....	56
Figura 19 Ejemplo histograma.....	57
Figura 20 Gráfico stock seguridad.....	62
Figura 21 Ejemplo diagrama de Gantt.....	63
Figura 22 Razón general beneficio-costo	64
Figura 23 Fórmula beneficio-costo.....	64
Figura 24 Criterios de evaluación.....	65
Figura 25 Ejemplo gráfico de control	66
Figura 26 Ejemplo hoja de verificación.....	67
Figura 27 EDT	78
Figura 28 Diagrama de Gantt.....	79

Figura 29 Macroproceso JOCA	81
Figura 30 Diagrama de proceso JOCA	81
Figura 31 Diagrama de flujo	83
Figura 32 Diagrama SIPOC	84
Figura 33 Gráfico ventas.....	85
Figura 34 Personal	87
Figura 35 Hipótesis.....	89
Figura 36 Resultados hipótesis	90
Figura 37 Prueba rango múltiples.....	90
Figura 38 Gráfico prueba rangos múltiples	91
Figura 39 Diagrama de PERT.....	93
Figura 40 PERT cálculo ruta crítica.....	94
Figura 41 PERT ruta crítica	94
Figura 42 Distribución de planta.....	95
Figura 43 Resumen cursograma analítico.....	97
Figura 44 Gráfico horas extras.....	106
Figura 45 Gráfico salario	107
Figura 46 Gráfico salario-extras	108
Figura 47 Los 5 ¿Por qué?	109
Figura 48 Diagrama Ishikawa.....	110
Figura 49 Diagrama de Klee	111
Figura 50 Diagrama de Pareto	112
Figura 51 Ensamble propuesta.....	117
Figura 52 Planta propuesta.....	118

Figura 53 Horizonte de planeación.....	119
Figura 54 Modelo Promedio Móvil Doble.....	120
Figura 55 Gráfico pronósticos	121
Figura 56 Parámetros	122
Figura 57 Capacidad teórica	123
Figura 58 Resumen capacidad teórica	123
Figura 59 Gráfico capacidad teórica.....	124
Figura 60 Capacidad real	124
Figura 61 Resumen capacidad real	125
Figura 62 Capacidad real	125
Figura 63 Pronósticos PMP	126
Figura 64 Informe capacidad	127
Figura 65 Capacidad simulación.....	128
Figura 66 Informe simulación.....	129
Figura 67 Costos	130
Figura 68 MRP-Inventario.....	131
Figura 69 MRP.....	131
Figura 70 Orden de compra	132
Figura 71 Inventario.....	133
Figura 72 Solicitud de materiales	134
Figura 73 Solicitud de herramientas	135
Figura 74 Control proceso	136
Figura 75 Control de calidad.....	137
Figura 76 Dashboard ventas.....	138

Figura 77 Dashboard reproceso	139
Figura 78 Gráfica de control	139
Figura 79 Dashboard cumplimiento.....	140
Figura 80 Plan de implementación	148
Figura 81 Tablero KANBAN.....	149

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto de investigación se desarrollará en la empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A., la cual se dedica a la elaboración de maquinaria y equipo utilizado en el proceso del beneficiado del café.

La investigación tiene como finalidad el diseño de un sistema de gestión para la programación y control de la producción, con el propósito de solucionar la problemática que presenta la empresa, por lo cual se analizará la situación actual así como la evaluación de las consecuencias que son generadas por el problema que será descrito más adelante y la causa o causas que generan dicho problema.

En la actualidad la empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A. no posee un registro de ensamble de sus procesos los mismos no se encuentran estandarizados, de la misma manera tampoco poseen registro de tiempos ni de movimientos, de igual forma no existen herramientas de control por consecuencia no cuentan con un control de calidad riguroso por lo cual mediante el desarrollo del presente proyecto se pretende suplir las carencias mencionadas con las que cuenta la empresa.

La relevancia de la investigación por parte de Maquinaria Industrial JOCA S.A. es la atención y resolución de la problemática presente así como los ajustes necesarios y los beneficios obtenidos de dichas acciones correctivas.

Tomando en cuenta lo anterior se puede definir que la línea de investigación que enmarca el proyecto es la del diseño, desarrollo o mejoramiento de sistemas productivos.

El proyecto de investigación se compone de seis capítulos cuyo contenido se detalla a continuación:

En el capítulo I introducción se desarrollan los siguientes puntos de la investigación que abarca la información general de la empresa, el planteamiento del problema, la definición de los objetivos; tanto el general como los específicos; la justificación de la investigación, los antecedentes que contienen las metodologías, herramientas, muestras, recolecciones de datos y soluciones de los problemas empleados por otros investigadores en el desarrollo de proyectos similares. Además en este capítulo de la investigación se determinarán las proyecciones de la misma.

Con lo que respecta al capítulo II marco teórico se indican las herramientas a utilizar para la definición del problema, la medición de las consecuencias, el análisis de las causas, el diseño y el control de la propuesta, así como la explicación respectiva de la utilización de cada una de las herramientas.

Por su parte el capítulo III marco metodológico define la metodología de la investigación incluyendo aspectos como enfoque, alcance, diseño, variables, muestra, instrumentos, recolección de datos, método de análisis y el cronograma del proyecto de investigación.

Posteriormente en el capítulo IV análisis de la situación actual como su nombre lo indica se procederá a la realización del análisis correspondiente mediante la utilización de las herramientas indicadas en el capítulo II.

En el capítulo V se procede al planteamiento de las conclusiones y recomendaciones producto del análisis realizado en el capítulo IV.

Y finalmente en el capítulo VI se presenta la propuesta del diseño con la finalidad de alcanzar los objetivos y proyecciones definidas en capítulo I.

Generalidades de la Empresa

Según la página web de Maquinaria JOCA S.A., es una compañía dedicada a la elaboración de maquinaria y equipo utilizado en el proceso del beneficiado del café, al igual que hornos para tratamiento térmico para tarimas de embalaje. Los orígenes de la empresa se dan cuando el Sr. José Joaquín Castro Aguilera fue contratado como bodeguero en “FAMAC” Fabrica Maquinaria Centroamericana en el año 1966 (en ese momento ellos eran la empresa sólida para la construcción de maquinaria para el proceso de café). En 1968 ascendió al puesto de jefe de personal y en 1970 a jefe de planta lo cual le permitió adquirir mucha experiencia en la fabricación de equipo para beneficios. Debido a la gran cartera de clientes que FAMAC contaba, especialmente a nivel Centroamericano, le permitió al Sr. Castro un amplio conocimiento del mercado, durante los siete años que trabajó en ese puesto.

FAMAC se vio obligado a cerrar, por lo tanto en 1975 y teniendo como objetivo alcanzar la independencia económica, se dedicó a crear una reserva monetaria que le permitiera posteriormente instalar un pequeño taller, el cual alcanzó en 1977.

Debido al conocimiento y fama del Sr. Castro en Centroamérica, varias empresas importantes le concedieron contratos para la fabricación de maquinaria, con los adelantos de los mismos permitió a Maquinaria Industrial JOCA contar con capital de trabajo para iniciar sus pedidos.

En 1978 se iniciaron importantes ventas en Costa Rica, Panamá, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala, Uganda, Puerto Rico, República Dominicana, México, Perú, Bolivia entre otros.

Misión

Investigar, diseñar y desarrollar maquinaria con la más alta tecnología en el ámbito ecológico para el proceso del beneficiado del grano del café, adaptándonos a las necesidades específicas de cada cliente por medio de un servicio profesional y especializado, ofreciendo la gama de maquinaria más amplia del mercado con los materiales de máxima calidad y durabilidad.

Visión

Satisfacer las necesidades del ámbito cafetalero a nivel nacional como internacional por medio de soluciones específicas y eficientes, logrando el mejoramiento de los procesos productivos que aseguren el bienestar con el medio ambiente y la calidad del grano del café.

Ubicación

En la Figura 1 se puede observar la ubicación, la empresa se encuentra 800 m este del Liceo de San Antonio, San José, San Antonio de Desamparados, Costa Rica

Figura 1 Ubicación



Nota: Google Maps

Planteamiento del Problema

La empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A. como se menciona anteriormente se encarga de la elaboración de maquinaria y equipo utilizado en el proceso del beneficiado de café, la empresa cuenta con ciertas deficiencias o carencias dentro de su proceso que dan como resultado ciertas inconformidades por parte de los clientes con respecto al acabado final y calidad del producto entregado.

Lo anterior genera la realización de correcciones y reprocesos de las inconformidades que presente la maquinaria de ser posible ya que inclusive ciertas máquinas dependiendo de la ubicación del cliente final este deberá hacer las modificaciones con el objetivo de ajustar la maquinaria, lo que genera una mala imagen con lo que respecta a la calidad de la empresa y sus productos. Tomando en cuenta que la maquinaria es de gran tamaño esto produce un aumento de costos, tiempos y trabajo extra para los empleados.

Sin mencionar que la empresa no posee un proceso estandarizado por lo cual los tiempos de la elaboración de la maquinaria varían y no se sabe con seguridad si los costos establecidos de la mano de obra corresponden realmente con lo que se debería pagar o si por el contrario la empresa está teniendo pérdidas por medio de este rubro.

Dado lo anterior se llega a plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo diseñar un sistema de gestión para la programación y control de la producción?

Objetivos

A continuación, se plantean los objetivos, tanto el objetivo general como los específicos, que contribuirán a la resolución del problema que presenta Maquinaria Industrial JOCA S.A. descrito anteriormente.

Objetivo general

Diseñar el sistema de gestión para la programación y control de la producción en la empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A.

Objetivos específicos

- Describir la problemática que está afectando la elaboración de la maquinaria.
- Medir la afectación de la problemática actual en la elaboración de maquinaria.

- Analizar las causas de las inconformidades generadas.
- Definir el sistema de gestión para la programación y control de la producción.
- Determinar los indicadores adecuados que permitan el control del diseño propuesto.

Justificación

La elaboración del proyecto de investigación le permitirá a Maquinaria Industrial JOCA S.A. contar con un sistema de programación y control de la producción con la finalidad de realizar la identificación y análisis de las causas que ocasionan las inconformidades del producto, lo cual permitirá la evaluación del proceso y su rendimiento así como mediciones de tiempos y de movimientos que darán paso a la estandarización de los procesos y la generación de indicadores que controlen el proceso como tal y el sistema propuesto dando un respaldo a la calidad de los productos finales que son entregados al cliente.

Lo anterior permite asegurar la calidad, calcular los costos adecuados a los tiempos de elaboración de los productos y una vez definidos tanto los costos como el tiempo, se pueden buscar las formas de minimizar esos indicadores mediante la eliminación de actividades que no generan valor o el replanteamiento de las mismas que se estén realizando de manera errónea que permitirá un aprovechamiento del tiempo productivo lo cual ayudará a maximizar la utilización del recurso humano y los equipos.

Antecedentes

En este apartado se puede observar a continuación los resúmenes correspondientes de diversas tesis y artículos referentes al tema de investigación.

Tesis

Balcazar (2016) en su tesis titulada Implementación de un sistema de planeamiento y control de producción: caso empresa packaging productions del Perú, para optar por el título de Ingeniero Empresarial y de Sistemas en la Universidad San Ignacio de Loyola, utiliza la metodología SCRUM y los fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK) además de la técnica de entrevista mediante cuestionarios para la recaudación de información.

Balcazar (2016) concluye que los siguientes gastos se han reducido: de almacenaje en 66.82%, en el uso de material alternativo en 76.80%, sobre costos de personal 48.57%, en merma en

94.36%, en reproceso en 97.78% y sobretiempo en producción en 43.57%. Además de que el costo beneficio de la implementación es rentable y brinda ventajas significativas.

Ponce de León (2016) en su tesis titulada Propuesta de implementación de un sistema de planeamiento y control de la producción (PCP) para una empresa del sector gráfico, para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), implementa las herramientas de estudio de métodos, medición del trabajo, programación de los materiales (MRP), diagrama de relaciones, diagrama de Ishikawa, diagrama de flujo, simulación en ARENA.

Ponce de León (2016) llega a las conclusiones de que el 46% de las causas de los retrasos están relacionados al método esto gracias al diagrama de Ishikawa además mediante la simulación pudo constatar las implicaciones de la propuesta a la hora de su implementación como lo es la disminución de tiempo en el sistema de 41.75 a 17.05 horas, disminución de tamaño de cola de 2.75 a 0.12 horas y aumento de cantidad de órdenes terminadas conformes de 194 a 249.

Córdoba y González (2019) en su tesis titulada Propuesta de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas, para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad el Bosque, utilizan métodos de pronóstico de la demanda, método ABC, modelos de inventarios como modelo EOQ simple, inventario de seguridad, punto de reorden, plan maestro de producción (MPS), diagrama de Gantt, estudio de tiempos, diagrama de Ishikawa, diagrama de flujo, diagrama de procesos, lista de materiales (Bill Of Materials) además consideran la metodología del control de la producción.

Córdoba y González (2019) establecen que la mayoría de las causas pertenecen al área de administración o medición, que realizan procesos consecutivos, el recurso humano realiza tareas semejantes y se encontró los porcentajes de fallas de las máquinas definiendo las que poseen mayor porcentaje.

Ramírez y Espinosa (2019) en su tesis titulada Propuesta e implementación de un modelo de planeación, programación y control de la producción en una empresa fabricante de productos para el sector eléctrico, para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad de San Buenaventura Colombia, utilizan las herramientas de planeación y control de la producción (MPC), S.O.P (Sales and Operation Planning), plan maestro de producción (MPS), planeación de

recursos de manufactura (MRP II), planeación de requerimiento de materiales (MRP), reglas de secuenciación.

Ramírez y Espinosa (2019) utilizan las siguientes técnicas de recolección de datos: revisión documental, observación directa e informes diarios de producción además las fuentes de información utilizadas corresponden a la exploración interna, las bases de datos y el apoyo en información bibliográfica como libros. La implementación produce un mejoramiento del cumplimiento de las órdenes en un 43% reduciendo el impacto negativo en un 5% y se redujo el retraso promedio de trabajos a 0 días.

Rodríguez (2021) en su tesis titulada Diseño del sistema de programación y control de la producción de rótulos de la empresa Impresiones Amerrique S.A. para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas (UIA) hace uso de las siguientes herramientas diagrama de flujo, análisis FODA, 5W y 2H, diagrama Ishikawa y diagrama de Pareto para poder analizar la situación actual de la empresa, posteriormente mediante la implementación de indicadores, la determinación de la capacidad instalada, control de inventario y el diagrama de Gantt realiza la propuesta del diseño.

Rodríguez (2021) concluye que un 15% de los trabajos mensuales presentan problemas de entrega lo que genera pérdidas e insatisfacción, adicionalmente pierde en materia prima que repercute en pérdidas monetarias de \$35 000 mensuales, se incurre en el pago de horas extras por un monto de \$102 500 al mes por falta de capacitación, además el 10% de los trabajos presentan algún tipo de error que incurre en reprocesos.

Artículos

Forero y Ovalle (2013) en su artículo titulado Análisis de los Sistemas de Programación de la Producción en la Gran Empresa de la Región Centro Sur de Caldas-Colombia, publicado en la revista Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias los autores plantean un análisis de la programación identificando métodos usados en diversas empresas y contrastándolos con los modelos teóricos MRP, JIT y TOC a través de herramientas de ingeniería industrial.

Forero y Ovalle (2013) determinan que gracias a la flexibilidad y adaptabilidad de las empresas a los entornos y a las necesidades que se generan y mediante la evaluación de los modelos anteriores además de la información recabada se establece que existe un sistema híbrido de

programación que combinan características de los tres sistemas, contemplando la dominancia de uno de ellos el MRP dada la necesidad de adaptación.

Ortiz y Caicedo (2014) en su artículo titulado Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado, publicado en la revista *Scientia et Technica*, explica un diseño de un procedimiento planteado para la programación y control de la producción. Desarrollaron la programación mediante el uso de la metodología de investigación de operaciones específicamente la técnica de programación lineal junto con la teoría de restricciones (TOC). Para la realización del modelo matemático procedieron a identificar restricciones del sistema productivo como tal.

Ortiz y Caicedo (2014) determinaron las cantidades óptimas de fabricación con el fin de maximizar el throughput para un período dado. Se concluye que el programa de producción constituye una herramienta que puede generar una ventaja competitiva y ser más productivo, mientras maximiza las utilidades, además dicho procedimiento desarrollado puede ser utilizado por empresas que cuenten con características similares.

Arredondo et al. (2017) en su artículo titulado Modelo de planeación y control de la producción a mediano plazo para una industria textil en un ambiente make to order publicado en la revista *Ingenierías Universidad de Medellín* proponen una metodología de planeación y control de la producción. Dicha metodología se basa en dos fases, la primera un modelo de planeación agregada, lo cual permite calcular las cantidades a producir para maximizar el beneficio; en la segunda el modelo de programación de operaciones para secuenciar las cantidades a fabricar.

Arredondo et al. (2017) concluyen que la herramienta permite la toma de decisiones referentes al servicio, a la programación de turnos, compra de maquinaria y programación del inicio de las operaciones que disminuirá la inactividad.

Hernández et al. (2017) en su artículo *Planificación de la producción industrial con enfoque integrador asistido por las tecnologías de la información*, publicado en la revista *Retos de la Dirección* implementan la utilización de la modelación matemática para obtener los valores óptimos de las variables asociadas a los productos por elaborar y los recursos limitantes.

Hernández et al. (2017) finalizan que el proceso de planificación, programación y control de la producción se integra y automatiza mediante la aplicación informática desarrollada, mediante los

métodos de planificación de balance, normativo, económico-matemáticos y una variante para el cálculo de las capacidades de producción.

Silva et al. (2017) en su artículo titulado Herramientas cuantitativas para la planeación y programación de la producción: estado del arte, publicado en la revista Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias muestran la tendencia de investigaciones al respecto de la planeación y programación de la producción ejemplificando las facilidades de la aplicación de los modelos matemáticos.

Silva et al. (2017) categorizan los modelos en matemáticos determinísticos y matemáticos estocásticos el primer modelo cuenta con programación lineal, programación lineal entera mixta, algoritmos y por su parte dentro del segundo modelo se encuentran la programación estocástica y métodos de aproximación. Los autores concluyen que la gran mayoría de estudios se realizan en empresas manufactureras y muy poco en empresas industriales. Se puede notar la importancia de su implementación dado los beneficios que conlleva su aplicación como lo es la rentabilidad económica.

Proyecciones

A continuación se establecen los resultados que se esperan alcanzar mediante la realización de la investigación y sus objetivos.

- Evidenciar los aspectos que influyen en la afectación del proceso.
- Establecer los tiempos del proceso de producción.
- Se pretende brindar las herramientas que permitan abordar y corregir las deficiencias del proceso.
- Determinar el diagrama de flujo de procesos que mejor se adecue a las necesidades del sistema y que permita la mejora continua del mismo.
- Generar el sistema y los indicadores que provean el control del proceso de producción.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

El desarrollo del siguiente capítulo “implica analizar y exponer de una manera organizada las teorías, investigaciones previas y los antecedentes en general que se consideren válidos y adecuados para contextualizar y orientar tu estudio” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 70). Por lo cual, se procederá a describir conceptos básicos, metodologías y herramientas que permitan comprender y desarrollar el tema de investigación propuesto.

Conceptos Básicos

A continuación, se presentan una serie de conceptos básicos que permitirán una mejor comprensión del proyecto de investigación desarrollado.

Ingeniería industrial

Baca (2015) indica que:

De acuerdo con la definición del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos de América, la ingeniería es la profesión en la que los conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad (p. 1).

Mercado y demanda

Sellers y Casado (2013) definen el concepto de mercado como “un conjunto de consumidores (individuales u organizados) que tienen una necesidad, poseen capacidad de compra y, además, están dispuestos a comprar” (p. 101).

El mismo autor indica que la demanda es “la formulación o exteriorización de las necesidades y deseos de los consumidores (mercado) y está condicionada por los recursos disponibles del comprador y por los estímulos de marketing recibidos” (p. 101).

Proceso

Se puede comprender como un proceso lo establecido por Gutiérrez (2010):

Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Por lo general, en una

organización interactúan muchos procesos para al final producir o entregar un producto o servicio, de tal forma que los elementos de entrada para un proceso son generalmente resultado de otros procesos (p. 64).

Producción

Se plantea como una serie de actividades que se realizan de forma continua que dan como resultado el producto o productos que se desarrollan mediante el manejo de recursos, los cuales son necesarios en el proceso de producción, estos recursos deben ser escogidos de forma conveniente (Cuatrecasas, 2012, p. 16).

Programación y control

En relación con la programación y control Cuatrecasas (2012) estipula:

La planificación se plasmará en un programa, que a su vez implicará:

- Determinar las necesidades de recursos productivos y su disponibilidad.
- Determinar las necesidades de personal y en su caso, de subcontratación y otros recursos.
- Establecer la secuencia de lanzamiento de órdenes de producción (p. 51).

Programación de la producción

Tejeda (2007) plantea que “esta actividad consiste en determinar por quién, cuándo, cómo, en cuánto y dónde se elaborarán las preparaciones cuya producción ha sido proyectada” (p. 404). Además el mismo autor menciona que “para hacer esta programación se deben utilizar tablas de producción y hojas de programación de producción, en las cuales se consigne toda la información pertinente” (p. 404).

Según González (2006) “la programación de las distintas operaciones tiene características muy distintas en función del tipo de producción determinada por el número y complejidad del proceso” (p. 46).

El autor anterior menciona que:

Para producción en línea, con productos estandarizados y series largas la programación es lo más simple, ya que solo es preciso determinar el ritmo de producción de la línea en unidades/hora necesario para cumplir el plan de producción. Sin embargo, para procesos muy diferentes donde coexisten

numerosas órdenes de fabricación de artículos distintos compitiendo por la utilización de las distintas máquinas, la programación se vuelve más compleja y, en este caso, imprescindible para mantener un mínimo orden en la producción (p. 46).

Heizer y Render (2004) argumentan que “sin importar si el sistema de programación es manual o automatizado, siempre debe ser exacto y relevante. Esto requiere una base de datos de producción, con archivos de control y de planeación” (p. 563).

Continuando con los autores anteriores ellos mencionan los siguientes archivos de planeación:

1. Archivo maestro de elementos, que contiene información acerca de cada componente que la empresa produce o adquiere.
2. Archivo de rutas, que indica el flujo de cada componente por el taller.
3. Archivo maestro del centro de trabajo, que contiene información del centro de trabajo, como capacidad y eficiencia. (p. 563).

Planificación de la producción

Según Higuera (2009) dicho concepto “consiste en definir el volumen y el momento de fabricación de los productos, estableciendo un equilibrio entre la producción y la capacidad de los distintos niveles, en busca de la competitividad deseada” (p. 13)

Higuera (2009) expone la siguiente división de la planificación de la producción:

- La planificación estratégica: este plan es elaborado por los niveles ejecutivos de la empresa.
- La planificación agregada: expresa la fijación de la porción de producción de la empresa.
- Sistema maestra [sic] de producción (MSP): satisfacer las demandas de cada de [sic] uno de los productos dentro de las líneas de familias.
- Planeación de requerimientos de materiales (MRP): es el plan que mueve el sistema de planeación de materiales e inventarios.
- Programación de la producción: establece siguiendo los lineamientos anteriores, la coordinación, seguimiento y control de las actividades semanales o diarias utilizando los procedimientos de asignación, secuenciación y temporización de la producción adecuadas al tipo de proceso productivo que se desarrolle en cada empresa (p. 13).

Cadena de suministro

Chase y Jacobs (2014) estipulan que la cadena de suministro:

Se refiere a procesos que desplazan información y material con destino y origen en los procesos de manufactura y servicio de la empresa; entre estos se cuentan los procesos de logística, que mueven físicamente los productos para su rápida entrega al cliente (p. 6).

Cadena de valor

Chase y Jacobs (2014) consideran que la cadena de valor permite visualizar cuáles son las actividades que están generando valor y beneficio tanto para la empresa como el cliente (pp. 455-456)

Productividad

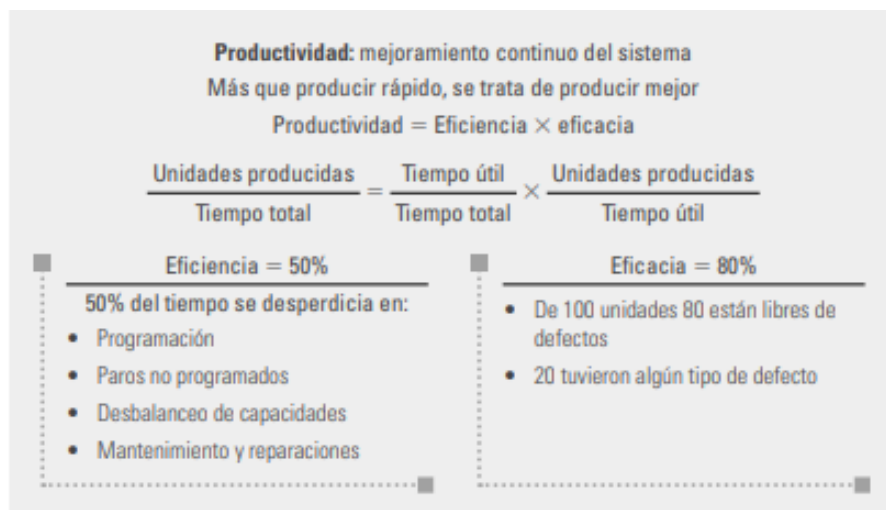
Con respecto a la productividad se menciona que:

Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados. (Gutiérrez, 2010, p. 21).

El autor anterior indica que “es usual ver la productividad a través de dos componentes: eficiencia y eficacia” (Gutiérrez, 2010, p. 21).

En la Figura 2 se puede observar un ejemplo de la productividad y sus respectivos componentes de eficacia y eficiencia.

Figura 2 La productividad y sus componentes



Nota: Gutiérrez, (2010)

Eficacia

La eficacia busca el logro de lo planteado mediante la utilización de recursos, mientras se cumplan los objetivos planeados se es eficaz (Gutiérrez, 2010, p. 21).

Eficiencia

Por su parte la eficiencia busca que los recursos utilizados para el alcance de los resultados planificados no se desperdicien y en consecuencia también buscar la manera de utilizarlos de la mejor forma posible optimizándolos (Gutiérrez, 2010, p. 21).

Proceso de control básico

“La función general de control es la medición y corrección del desempeño para garantizar que los objetivos de la empresa se alcancen” (Koontz et al, 2012, p. 496).

Continuando con el mismo autor:

Las técnicas y los sistemas de control son en esencia los mismos para controlar el efectivo, los procedimientos administrativos, la ética organizacional, la calidad del producto y cualquier otra cosa. El proceso de control básico, en cualquier lugar y para lo que sea que se controle, incluye tres pasos (p. 496).

Con respecto a los pasos mencionados por Koontz et al. (2012) argumentan los siguientes:

1. Establecer estándares.
2. Medir el desempeño contra estos estándares.
3. Corregir las variaciones de los estándares y planes. (p. 496)

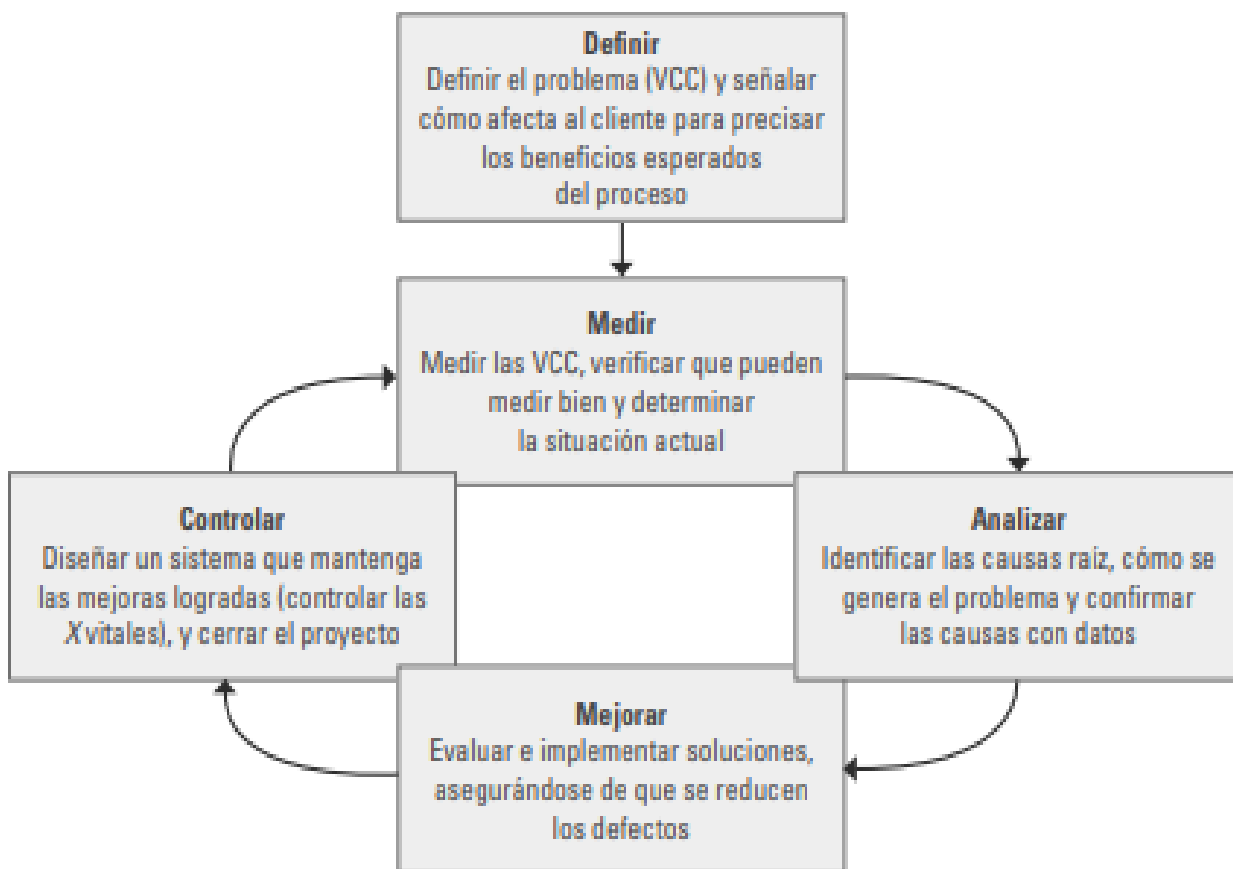
Metodología DMAIC

Esta metodología es necesaria ya que orienta al proyecto para que se desarrolle de manera rigurosa dado que los datos por sí solos no son capaces de dar una solución al problema como tal. (Gutiérrez, 2010, p. 284).

DMAIC proviene del inglés Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analizar), Improve (Mejorar) y Control (Control). (Gutiérrez, 2010, p. 284).

Se puede observar la metodología DMAIC en la Figura 3 para el desarrollo de proyectos.

Figura 3 Metodología DMAIC



Nota: (Gutiérrez, 2010)

Ampliando las fases que se ejemplifican en la Figura 3 Gutiérrez (2010) define las etapas de la metodología de la siguiente manera:

Definir:

En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en el proyecto.

Medir:

El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Por ello, se define el proceso a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento; se establecen con mayor detalle las métricas (las Y9s) con las que se evaluará el éxito del proyecto, y se analiza y valida el sistema de medición para garantizar que las Y9s puedan medirse en forma consistente. Además, con el sistema de medición validado se mide la situación actual (o línea base) para clarificar el punto de arranque del proyecto respecto a las Y9s.

Analizar:

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Se trata entonces de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmar éstas con datos. Obviamente, para encontrar las X vitales, primero será necesario identificar todas las variables de entrada y/o posibles causas del problema.

Mejorar:

El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz y asegurarse de que se corrija o reduzca el problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de

creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke, etc. La clave es pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto.

Controlar:

Una vez que se alcanzaron las mejoras deseadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto. Muchas veces esta etapa es la más dolorosa o difícil, puesto que se trata de que los cambios hechos para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. Esto implica la participación y adaptación a los cambios de toda la gente que participa en el proceso, lo que puede tener sus resistencias y complicaciones. Al final de cuentas, el reto de la etapa de control es que las mejoras soporten la prueba del tiempo. (pp. 291-292-293).

Herramientas para Describir el Problema

Con el fin de identificar y describir el problema que presenta la empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A. se procederá a conceptualizar las herramientas que se utilizarán para dicho fin.

Diagrama de flujo

“Se refiere a la creación de un diagrama visual para describir un proceso de transformación” (Schroeder et al, 2011, p. 111). Mediante esta herramienta es posible mapear un proceso específico paso a paso de todas las actividades que conllevan a un resultado final.

Por su parte Cadena (2018) lo define como:

Una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso útil para determinar cómo funciona realmente el proceso para producir un resultado. El resultado puede ser un producto, servicio, información o una combinación de los tres (p. 60)

El mismo autor agrega que su aplicación se da cuando se requiere ver el proceso como tal y su funcionamiento, el diagrama permite la detección de ciertos problemas que se pueden estar presentando en la realización del proceso (p. 62).

Cadena (2018) sugiere las siguientes aplicaciones para el diagrama:

- Definición de proyectos
- Identificación de las causas principales
- Diseño de soluciones
- Aplicación de soluciones
- Control (Retener las Ganancias) (p. 62)

Además Cadena (2018) menciona la siguiente metodología:

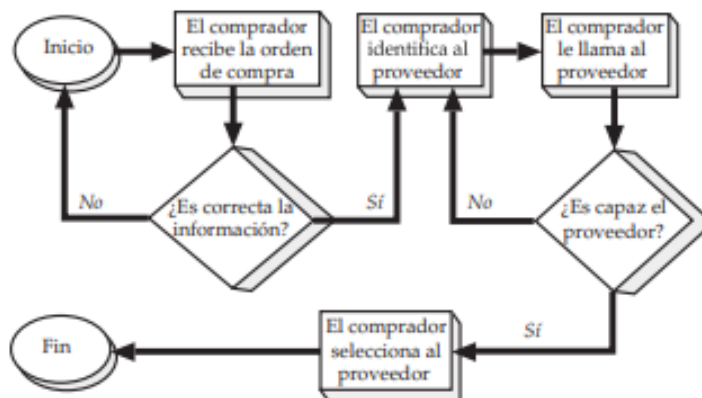
- 1) PROPÓSITO.- Analiza cómo se pretende utilizar el Diagrama de Flujo. Exhibir esta hoja en la pared y consultarla en cualquier momento para verificar que su diagrama es apropiado para las aplicaciones que se pretenden
- 2) IDENTIFICAR EL NIVEL DE DETALLE
- 3) DEFINIR LOS LIMITES [sic]. -Después de establecer los límites del proceso, enumerar los resultados y los clientes en el extremo derecho del diagrama
- 4) UTILIZAR SÍMBOLOS APROPIADOS.-Presentar las respuestas como los primeros pasos del diagrama
- 5) HACER PREGUNTAS.- Para cualquier input, hacer preguntas como:
 - ¿Quién recibe el input?
 - ¿Qué es lo primero que se hace con el input?
- 6) DOCUMENTAR.- Documentar cada paso en la secuencia, empezando con el primer (o último [sic]) paso. Para cada paso hacer las preguntas como:
 - ¿Qué produce este paso?
 - ¿Quién recibe este resultado?
 - ¿Qué pasa después?
 - ¿Alguno de los pasos requieren inputs que actualmente no se muestran?
- 7) COMPLETAR.- Continuar la construcción del diagrama hasta que se conecten todos los resultados (outputs) definidos en el extremo derecho del diagrama. Si se encuentra un segmento del proceso que es extraño para todos en la sala se deberá tomar nota y continuar haciendo el diagrama.
- 8) REVISIÓN.- Preguntar:
 - ¿Todos los flujos de información encajan en los inputs y outputs del proceso?
 - ¿El diagrama muestra la naturaleza serial y paralela de los pasos?

¿El diagrama capta en forma exacta lo que realmente ocurrió a diferencia de la forma como se piensa que las cosas deberían pasar o como fueron diseñadas originalmente?

9) DETERMINAR OPORTUNIDADES DE MEJORA (pp. 62-63).

A continuación, en la Figura 4 se puede observar un diagrama de flujo.

Figura 4 Ejemplo diagrama de flujo



Nota: (Schroeder et al, 2011)

En la Figura 5 se visualiza la simbología del diagrama con su respectivo nombre y función.

Figura 5 Simbología diagrama de flujo

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Nota: Google imágenes

Diagrama SIPOC

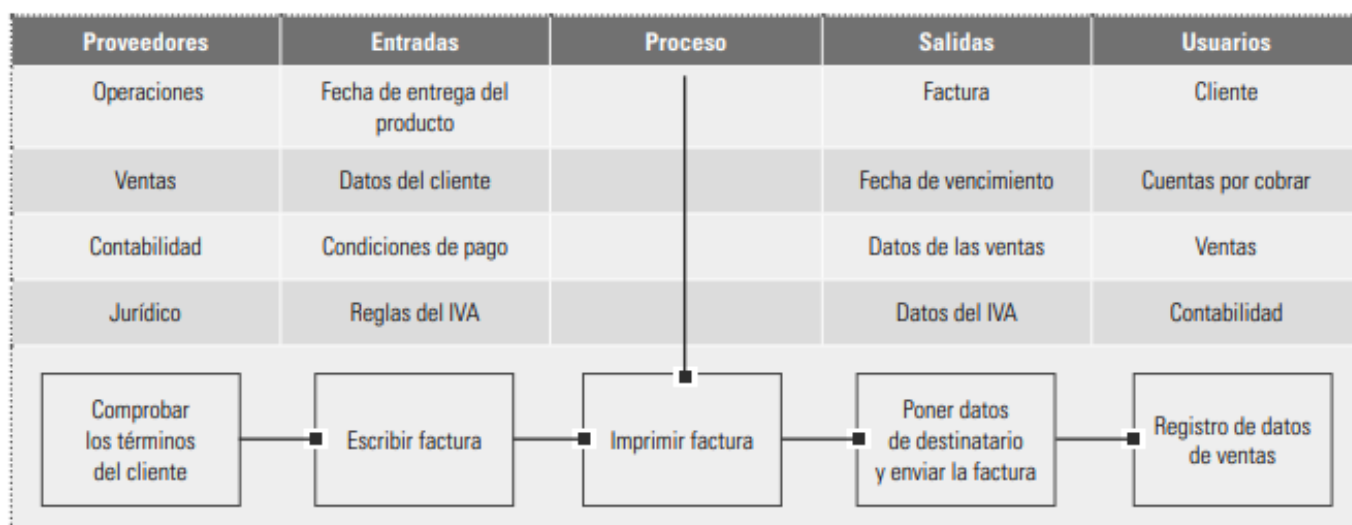
El diagrama SIPOC (siglas en inglés) también conocido como diagrama PEPSU (siglas en español) busca analizar el proceso y entorno tomando e identificando ciertos aspectos como: suppliers S (proveedores), inputs (entradas), process (proceso), outputs (salidas) y customers (clientes) (Gutiérrez, 2010, p. 200).

Para realizar este diagrama Gutiérrez (2010) determina los siguientes pasos:

- Delimitar el proceso al que se le va a hacer el diagrama y se hace un diagrama de flujo general, en el que se especifican las cuatro o cinco etapas principales.
- Identificar las Salidas del proceso, que son los resultados (bienes o servicios) que genera el proceso.
- Especificar a los Usuarios/clientes, que son quienes reciben o se benefician con las salidas del proceso.
- Establecer las Entradas (materiales, información, etc.), que son necesarias para que el proceso funcione adecuadamente.
- Por último, identificar a los Proveedores, que son quienes proporcionan las entradas. (pp. 200-201).

En la Figura 6 se puede apreciar un ejemplo del diagrama SIPOC.

Figura 6 Ejemplo diagrama SIPOC



Nota: (Gutiérrez, 2010)

Diseño de experimentos

“Consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación”. (Gutiérrez y De la Vara, 2012, p. 2).

Prueba de hipótesis estadística

Gutiérrez y De la Vara (2012) explican que “una hipótesis estadística es una afirmación sobre los valores de los parámetros de una población o proceso, que es susceptible de probarse a partir de la información contenida en una muestra representativa que es obtenida de la población” (p.22).

Según Gutiérrez y De la Vara (2012) una forma de plantear una prueba de hipótesis para comparación de medias se puede representar mediante la declaración de la hipótesis nula $H_0: \mu_x = \mu_y$ y la hipótesis alternativa como $H_A: \mu_x \neq \mu_y$. Con este planteamiento se decide rechazar la hipótesis nula si el valor $p < \alpha$ (pp. 22-30).

Gutiérrez y De la Vara (2012) explican lo que significa el signo “ α ”:

También se le conoce como la significancia dada de la prueba y es la probabilidad de la región o intervalo de rechazo; su valor se especifica por parte del investigador desde que planea el estudio. Por lo general se utilizan los valores $\alpha = 0.05$ o 0.01 , dependiendo del riesgo que se quiera admitir en la conclusión. Mientras más pequeño es el valor de α , se requiere más evidencia en los datos para rechazar H_0 (p. 25).

El uso de la significancia caerá sobre la inversión que represente aceptar o rechazar una hipótesis; sin embargo, para una mayor confianza se trabajaría con el valor de 0.01 ; no obstante, la más utilizada es el valor de 0.05 , que lo que significa es que de cada 100 veces que se aplica un trabajo 95 estarán en criterio de aceptación (Gutiérrez y De la Vara, 2012, p. 25).

Análisis de la varianza (ANOVA)

“Es la técnica central en el análisis de datos experimentales. Consiste en separar la variación total observada en cada una de las fuentes que contribuye a la misma”. (Gutiérrez y De la Vara, 2012, p. 65).

Gutiérrez y De la Vara (2012) mencionan que “el objetivo del análisis de varianza es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta”. (p. 66).

Los mismos autores mencionan que “para probar la hipótesis dada lo primero es descomponer la variabilidad total de los datos en sus dos componentes: la variabilidad debida a los tratamientos y la que corresponde al error aleatorio”. (p. 67).

Herramientas para Medir las Consecuencias

De igual forma a continuación se describirán las herramientas que ayudarán a la medición de las consecuencias del problema descrito.

Mapeo de procesos

Según Gutiérrez (2010) “la función del mapeo de procesos es hacer un diagrama de flujo del proceso más apegado a la realidad, en el que se especifique las actividades que realmente se hacen en el proceso (actividades principales, inspecciones, esperas, transportes, reprocesos)” (p. 201).

El diagrama puede desarrollarse a un nivel general del proceso o a un nivel más específico, en el caso del primero permite analizar el proceso sin la necesidad de entrar en detalles mientras que en el segundo sí se consideran detalles con el fin de analizar las partes del proceso a un nivel más específico. (Gutiérrez, 2010, p. 201).

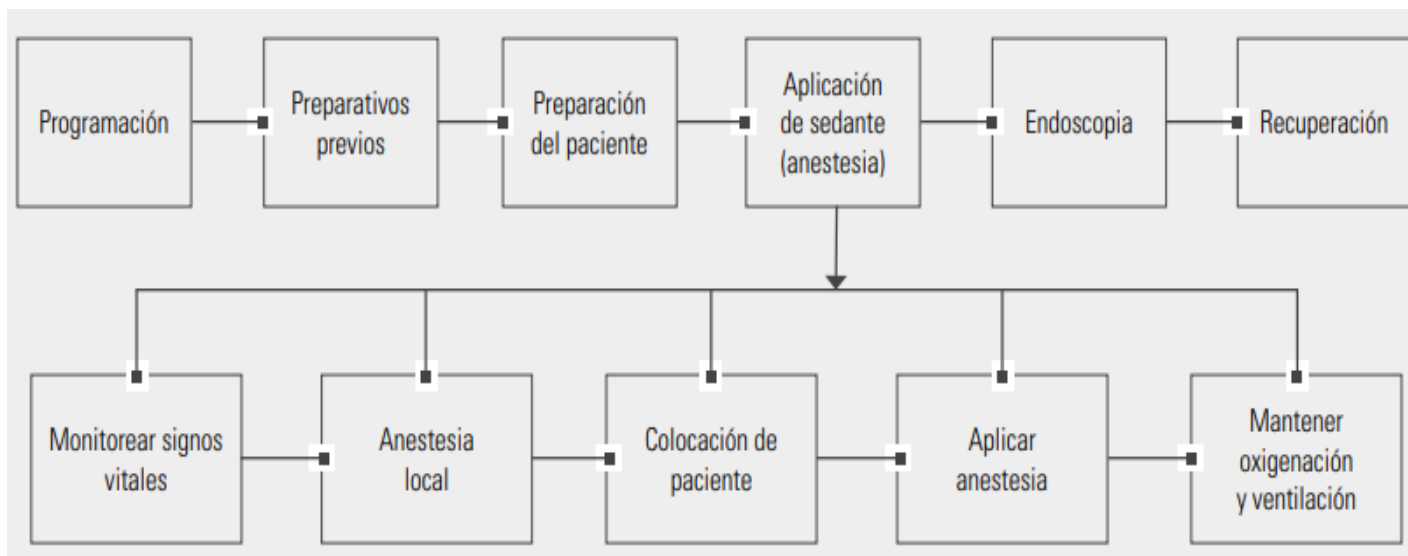
Gutiérrez (2010) considera que al realizar el mapeo de procesos a un nivel más específico o micro se puede determinar los siguientes detalles:

- Las principales variables de salida y entrada de cada etapa del proceso.
- Los pasos que agregan valor y los que no aportan nada al producto.
- Las entradas clave en cada paso del proceso, las cuales pueden clasificarse con los siguientes: crítico (*), controlable (o) y de ruido (□).
- Las especificaciones de operaciones actuales y los objetivos de proceso para las entradas controlables y críticas. (p. 201).

Se puede observar en la Figura 7 un ejemplo de un mapa de procesos más general o de alto nivel para el proceso de la realización de un procedimiento de endoscopia y a su vez un mapa de

procesos más específico centrándose en la etapa o actividad de la aplicación de la anestesia como tal.

Figura 7 Mapa de proceso nivel general y mapa específico de una actividad del mismo proceso



Nota: (Gutiérrez, 2010)

Muestreo del trabajo

Como Chase y Jacobs (2014) señalan “el muestreo del trabajo implica observar una parte o muestra de la actividad laboral. Después, con base en lo que se encuentre en la muestra, se establecen afirmaciones respecto de la actividad” (p. 144).

Los autores anteriores afirman que “observar una actividad hasta 100 veces tal vez no proporcione la exactitud deseada para el cálculo”

Chase y Jacobs (2014) estipulan los siguientes puntos:

1. ¿Con qué grado de confiabilidad estadística se desean los resultados?
2. ¿Cuántas observaciones se necesitan?
3. ¿En qué momento preciso se deben hacer las observaciones? (p. 144)

El muestreo puede contar con diversas aplicaciones Chase y Jacobs (2014) mencionan a continuación las que consideran las tres principales:

1. Proporción de la demora para determinar el porcentaje de tiempo de la actividad correspondiente al personal o al equipamiento. Por ejemplo, la gerencia tal vez quiera saber cuánto tiempo funciona o está detenida una máquina.
2. Medición del desempeño para elaborar el índice de desempeño de los trabajadores. Cuando el tiempo de la labor se relaciona con la cantidad de producto, se prepara una medida de desempeño, la cual resulta muy útil para evaluar un desempeño periódico.
3. Estándares de tiempo para obtener el propio de una labor. Cuando se aplica el muestreo del trabajo para este efecto, el observador debe ser experimentado porque debe adjudicar un índice de desempeño a sus observaciones. (pp. 144-145).

De igual forma Chase y Jacobs (2014) sugieren los pasos para la preparación del estudio:

1. Identificar la o las actividades específicas que son el objeto central del estudio. Por ejemplo, determinar el porcentaje de tiempo que funciona el equipo, está detenido o en reparación.
2. Calcular la proporción de tiempo de la actividad en cuestión en relación con el tiempo total (por ejemplo, que el equipo trabaja 80% del tiempo). El analista puede hacer estos cálculos a partir de su conocimiento, datos históricos, supuestos confiables de terceros o un estudio piloto de muestreo del trabajo.
3. Establecer la exactitud deseada de los resultados del estudio.
4. Establecer las horas específicas de cada observación.
5. Durante el periodo del estudio, cada dos o tres intervalos se debe calcular de nuevo el tamaño que requiere la muestra con los datos recopilados hasta ese momento. De ser necesario, se debe ajustar el número de observaciones (p. 145).

Las observaciones deben de dividirse equitativamente a lo largo del periodo del estudio. Después, con una tabla de números aleatorios, se asigna un periodo específico a las observaciones de cada día. (Chase y Jacobs, 2014, p. 145).

Estudio de métodos

(Baca, 2015) define este estudio como el “registro y el examen crítico-sistemático que se efectúa a las maneras de realizar actividades, con el fin de proponer mejoras que incrementen el rendimiento de los empleados y la calidad de los productos y/o servicios resultado de su trabajo” (p. 177).

El mismo autor menciona que el estudio “se centra en determinar cómo se realiza un trabajo, considerando que las tareas o actividades pueden ser realizadas por un solo operario o por un grupo de ellos, utilizando herramientas, equipo o maquinaria” (p. 176).

A continuación, en la

Figura 8 se pueden observar las etapas del estudio de métodos

Figura 8 Etapas del estudio de métodos



Nota: (Baca, 2015)

Una vez seleccionado el trabajo, se identifica a profundidad los detalles vigentes de la ejecución del proceso esto mediante la observación directa. Se entenderá de que trata la operación, la secuencia realizada y se considerará si es posible dividir en partes más pequeñas y sencillas; se conocerá el lugar, materiales, herramientas y equipo utilizados además de las personas que realizan las actividades. Posteriormente, la información deberá registrarse lo que permitirá una correcta organización y esto facilitará el análisis posterior. (Baca, 2015, pp. 177-178)

Cursograma analítico

Este diagrama permite visualizar y detallar la secuencia de los elementos que conforman un proceso, esto mediante descripciones de cada paso utilizando una simbología que corresponde a cada actividad, a su vez este permite el registro de duración por cada elemento (actividad) como las distancias que se adjudican a los diversos transportes. Se puede utilizar este diagrama en el operario, materiales y equipo; y la estructura no variaría la única diferencia es el objeto de estudio. Adicional a esto el cursograma debe contar con un resumen de todas las actividades realizadas, es decir, número total de los elementos que se realizaron en el proceso, así como especificar si es un método actual o propuesta. (Baca, 2015, pp. 178-179)

Simbología del cursograma analítico

Para comprender mejor la herramienta del cursograma analítico y cómo utilizarla se presenta a continuación, la respectiva simbología que se puede visualizar en la Figura 9.

Figura 9 Simbología cursograma analítico

Actividad	Símbolo	Resultado Predominante
Operación	○	Se produce o se realiza algo.
Transporte	➔	Se cambia de lugar o se mueve un objeto.
Inspección	□	Se verifica la calidad o la cantidad del producto.
Demora	⌒	Se interfiere o se retrasa el paso siguiente.
Almacenaje	▽	Se guarda o se protege el producto o los materiales.
Actividad combinada	○□	Operación combinada con una inspección.

Nota: Google imágenes

De la misma forma en la Figura 10 se presenta la estructura general del cursograma analítico.

Figura 10 Ejemplo cursograma analítico

Cursograma analítico				Operario/Material/Equipo						
Diagrama número:		Hoja número:		Resumen						
Operación analizada:				Actividad:	Actual	Propuesto				
Actividad:				Operaciones						
				Transporte						
Método actual				Demoras						
				Inspecciones						
Lugar:				Almacenajes						
Operario:				Tiempo						
Hecho por:				Distancia						
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	➔	⌒	□	▽		
Operación 1										
Operación 2										
Inspección 1										
Transporte 1										
Demora 1										
Inspección 2										
Operación 3										
Transporte 2										
Inspección 3										
Operación 3										
Transporte 3										
Almacenaje 1										

Nota: (Baca, 2015)

Estudio de tiempos

Baca (2015) explica que un estudio de tiempo:

Es la técnica básica (y principal) de la MT. Su objetivo es registrar los tiempos de ejecución de las actividades de los empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo (por lo general cronometro, aunque también se utiliza el video y el cronógrafo), evaluando su desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas (p. 187).

Entiéndase MT como la medición del trabajo.

Baca (2015) indica los pasos para realizar este estudio:

1. Seleccionar el trabajo.
2. Seleccionar un operario “calificado”: el objetivo debe ser el trabajador promedio, es decir, que trabaje de manera constante y con un ritmo normal.
3. Análisis del trabajo: Se deberá describir detalladamente el método a estudiar, incluyendo el área de trabajo, materiales e insumos y las herramientas y/o equipo utilizado.
4. Dividir el trabajo en elementos: con el objetivo de efectuar mediciones de una manera más sencilla, identificar y separar actividades improductivas, observar condiciones que originen fatiga.
5. Efectuar mediciones de prueba y ejecutar una muestra inicial: además de servir de práctica permite determinar parámetros para establecer el número real de observaciones (tamaño de muestra).
6. Determinar el tamaño de la muestra: con los parámetros de la muestra inicial y el nivel de confianza determinar el tamaño de la muestra.

Se puede observar la fórmula para la determinación de la muestra en la Figura 11

Figura 11 Fórmula tamaño muestra

$$\text{Número de observaciones} = \left(\frac{40 * \sqrt{\text{tamaño muestra inicial} * \text{sumatoria (observaciones}^2) - (\text{sumatoria obs})^2}}{\text{sumatoria de las observaciones}} \right)^2$$

Nota: (Baca, 2015)

7. Cronometrar
8. Calificar la actuación del operario: se valora el ritmo de trabajo
9. Estimación de tolerancias: Después de calcular el tiempo básico se deben agregar las tolerancias para determinar el tiempo estándar
10. Cálculo del estándar: se realiza con el cálculo del tiempo básico y añadir las tolerancias. (pp. 187-188-189-190).

En un estudio de tiempos se tiene el tiempo normal y el tiempo estándar.

El tiempo normal Chase y Jacobs (2014) lo definen como “una medida de la velocidad, o índice de desempeño, que será “lo normal” para ese trabajo” (p. 142)

Mientras que el tiempo estándar los mismos autores argumentan que “se encuentra mediante la suma del tiempo normal más ciertas permisibilidades para necesidades personales (descansos para ir al baño o tomar café), demoras inevitables (descomposturas del equipo o falta de materiales y fatiga del trabajador (física o mental)” (p. 143)

A continuación se presenta la fórmula para el tiempo normal Figura 12.

Figura 12 Fórmula tiempo normal

$$TN = \frac{\text{Tiempo trabajado}}{\text{Cantidad de unidades producidas}} \times \text{Índice del desempeño}$$

Nota: Chase y Jacobs (2014)

Por su parte la fórmula del tiempo estándar se observa en la Figura 13.

Figura 13 Fórmula tiempo estándar

$$TE = \frac{TN}{1 - \text{Tolerancias}}$$

Nota: Chase y Jacobs (2014)

Se pueden observar las tolerancias en la Figura 14.

Figura 14 Tolerancias

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos¹

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombres	Mujeres			Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales		5	7				
B. Suplemento base por fatiga		4	4				
2. SUPLEMENTOS VARIABLES		Hombres	Mujeres			Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4	4			45
B. Suplemento por postura anormal				2			100
Ligeramente incómoda		0	1	F. Concentración intensa			
incómoda (inclinado)		2	3	Trabajos de cierta precisión		0	0
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7	Trabajos precisos o fatigosos		2	2
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)				Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5	5
Peso levantado [kg]				G. Ruido			
2,5		0	1	Continuo		0	0
5		1	2	Intermitente y fuerte		2	2
10		3	4	Intermitente y muy fuerte		5	5
25		9	20	Estridente y fuerte			
35,5		22	máx	H. Tensión mental			
D. Mala iluminación				Proceso bastante complejo		1	1
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		4	4
Bastante por debajo		2	2	Muy complejo		8	8
Absolutamente insuficiente		5	5	I. Monotonía			
E. Condiciones atmosféricas				Trabajo algo monótono		0	0
Índice de enfriamiento Kata				Trabajo bastante monótono		1	1
16		0		Trabajo muy monótono		4	4
8		10		J. Tedio			
				Trabajo algo aburrido		0	0
				Trabajo bastante aburrido		2	1
				Trabajo muy aburrido		5	2

Nota: Google imágenes

Herramientas para Analizar las Causas

Se describirán a continuación las herramientas necesarias para el análisis de las causas que se desarrollarán más adelante.

Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa también conocido como diagrama de causa efecto es “un método gráfico mediante el cual se representa y analiza la relación entre un efecto (problema) y sus posibles causas” (Gutiérrez, 2010, p. 192).

Según Gutiérrez (2010) existen 3 tipos:

- Método de las 6M: es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente.
- Método de flujo del proceso: la línea principal del diagrama de Ishikawa sigue la secuencia normal del proceso en la que se da el problema analizado. Se anotan las principales etapas del proceso, y los factores o aspectos que pueden influir en el problema se agregan según la etapa en la que intervienen. Para ir agregando las causas potenciales, se parte de la pregunta: ¿La variabilidad en esta parte del proceso afecta el problema especificado?
- Método de estratificación o enumeración de causas: las principales causas potenciales, sin agrupar de acuerdo a las 6M. Se profundiza en la búsqueda de las causas, y la construcción del diagrama de Ishikawa parte de este análisis previo, con lo que el abanico de búsqueda es más reducido. El método de estratificación contrasta con el método 6M, ya que en éste se va de lo general a lo particular, mientras que en el primero se va directamente a las causas potenciales del problema (pp. 192-196-197).

Según Baca (2015) el diagrama tiene como objetivos esenciales:

- a) La detección de soluciones a problemas.
- b) La detección de causas raíces.
- c) Las propuestas de mejora en algún proceso. (p. 119).

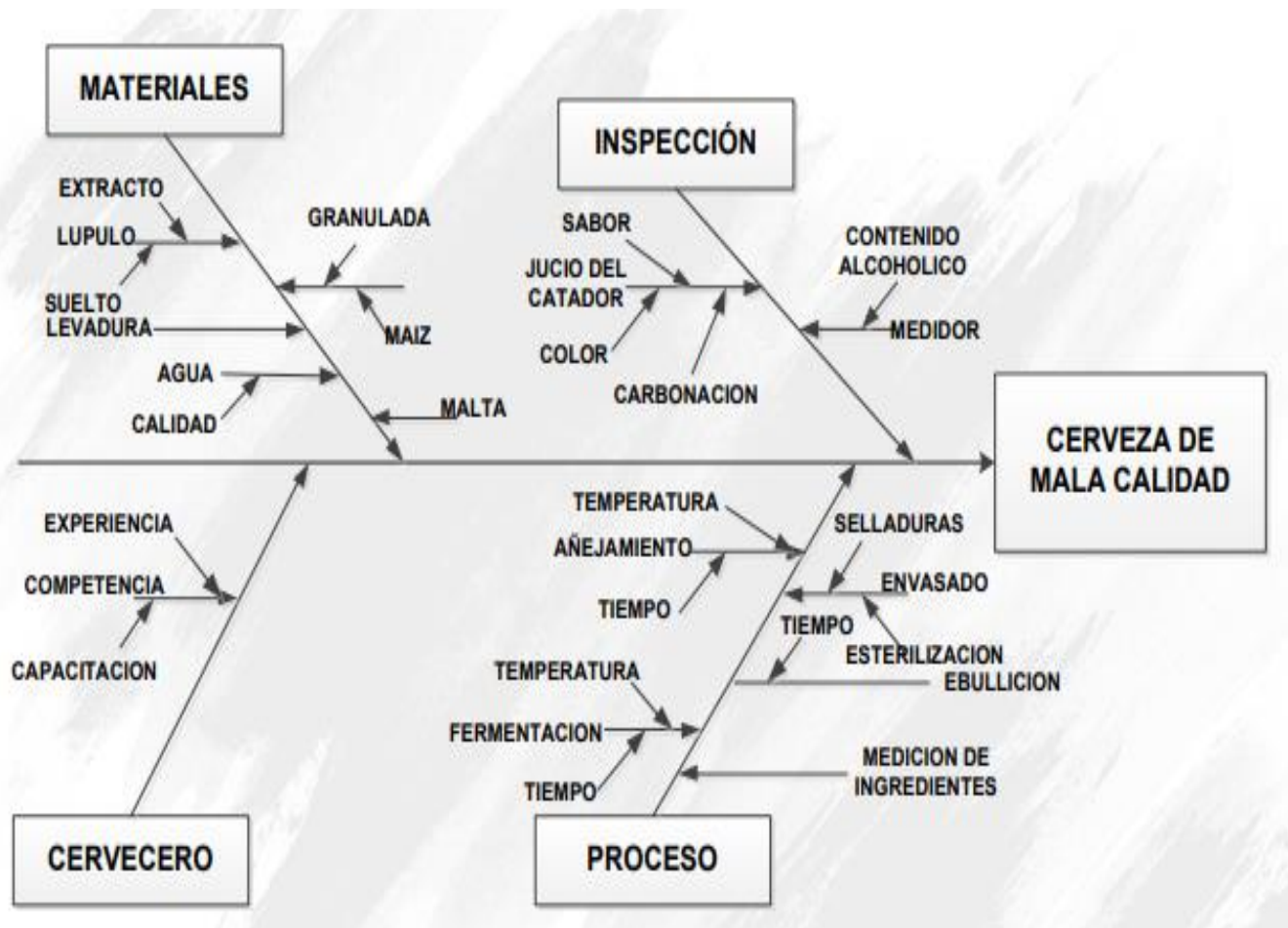
Para este diagrama Cadena (2018) plantea el procedimiento de elaboración:

- 1) Elaborar un enunciado claro del efecto (problema), datos de soporte.

- 2) Dibujar el diagrama del esqueleto de pescado colocando el efecto (problema) en un cuadro en el lado derecho.
- 3) Identificar de los [sic] 3 a 6 espinas mayores.
- 4) Dibujar las espinas mayores como flechas inclinadas dirigidas a la flecha principal.
- 5) Identificar causas de primer nivel relacionadas con cada espina mayor.
- 6) Identificar causa de segundo nivel para cada causa de primer nivel.
- 7) Identificar causas de tercer nivel para cada causa de segundo nivel, y así sucesivamente.
- 8) Identificar causa raíz potenciales que le permitan llegar a conclusiones. (pp. 68-69).

Seguidamente se presenta un ejemplo del diagrama de Ishikawa en la Figura 15.

Figura 15 Ejemplo diagrama de Ishikawa



Nota: (Cadena, 2018)

Diagrama de Pareto

Gutiérrez (2010) da a conocer que el diagrama de Pareto es:

Un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo. (p. 179).

Por su parte Cadena (2018) describe el diagrama como una:

Herramienta que se utilizará con el propósito de priorizar los problemas o las causas que los genera. Joseph Juran (1904 – 2008) fue quien le dio el nombre a esta herramienta de la calidad en honor a Vilfredo Pareto (París, 1848 - Céligny, Suiza, 1923), sociólogo y economista italiano que demostró que el 20% de la población italiana tenía el 80% de las riquezas (p. 49).

El autor anterior menciona que “en la aplicación de esta herramienta Juran en su aporte a la calidad, la definió como la regla 80/20. Donde especifica que el 20% de las causas resuelven el 80% de los problemas” (p. 49).

Gutiérrez (2010) proporciona las características que debe contener un buen diagrama las cuales se enumeran a continuación:

1. La clasificación por categorías del eje horizontal puede abarcar diferentes tipos de variables. Por ejemplo: tipo de defectos, producto, máquina, obrero, turno, métodos de trabajo, etc. Cada clasificación corresponde a una aplicación distinta del DP.
2. El eje vertical izquierdo debe representar unidades de medida que den una idea clara de la contribución de cada categoría a la problemática global. De esta forma, si la gravedad o el costo de cada defecto o categoría es muy diferente, entonces el Pareto no debe hacerse sobre la frecuencia de defectos, como se hizo en el ejemplo 10.2. Es decir, si en una empresa se han detectado seis tipos básicos de defectos, los cuales se han presentado con la siguiente frecuencia: A (12%), B (18%), C (30%), D (11%), E (19%) y F (10%), y si el costo unitario de reparar cada defecto es muy diferente: A 5 3, B 5 6, C 5 2, D 5 3, E 5 4 y F 5 7, queda claro que C es el defecto más frecuente y que su costo unitario de reparación es bajo. En contraste, el defecto F es el de mayor costo unitario, pero su frecuencia de ocurrencia es relativamente

baja. De aquí que el análisis de Pareto deba partir de la multiplicación de frecuencia por costo, con lo que se obtiene que el impacto global de cada defecto es:

Los resultados de la multiplicación de la frecuencia se presentan a continuación en la Figura 16:

Figura 16 Multiplicación de frecuencia por costo

A → 36; B → 108; C → 60; D → 33; E → 76; F → 70

Nota: (Gutiérrez, 2010)

A partir de este resultado se aprecia que el defecto de mayor impacto es el B, por lo que sobre éste se debería centrar el proyecto de mejora.

3. El eje vertical derecho representa una escala en porcentajes de 0 a 100, para que con base en ésta se pueda evaluar la importancia de cada categoría respecto a las demás.
4. La línea acumulativa representa los porcentajes acumulados de las categorías.
5. Para que no haya un número excesivo de categorías que dispersen el fenómeno, se recomienda agrupar las que tienen relativamente poca importancia en una sola y catalogarla como la categoría “Otras”, aunque no es conveniente que esta categoría represente uno de los más altos porcentajes. Si esto ocurre se debe revisar la clasificación y evaluar alternativas.
6. Un criterio rápido para saber si la primera barra o categoría es significativamente más importante que las demás, no es que ésta represente 80% del total, más bien es que al menos duplique en magnitud al resto de las barras. En otras palabras, es necesario verificar si dicha barra predomina claramente sobre el resto.
7. Cuando en un DP no predomina ninguna barra y éste tiene una apariencia plana o un descenso lento en forma de escalera, significa que se deben reanalizar los datos o el problema, así como su estrategia de clasificación. En estos casos, y en general, es conveniente analizar el Pareto desde distintas perspectivas, siendo creativo y clasificando el problema o los datos de distintas maneras, hasta localizar un componente importante.
8. Es necesario agregar en la gráfica el periodo que representan los datos. Se recomienda anotar claramente la fuente de los datos y el título de la gráfica.
9. Pareto de segundo nivel. Cuando se localiza el problema principal, es recomendable hacer un DP de segundo nivel en el cual se identifiquen los factores o las causas potenciales que originan tal problema. (p. 181).

Para la elaboración del diagrama de Pareto Cadena (2018) plantea los siguientes pasos:

- 1) Definir el problema a analizar
 - Seleccionar los problemas que se desea investigar (Ejemplo: Objetos defectuosos).
 - Decidir los tipos de datos a analizar y como [sic] clasificarlos (Ejemplo: tipo de defecto, localización, proceso, máquina, etc.).
 - Definir el método de recolección de datos
- 2) Dibujar una tabla para el conteo o verificación de datos, en el cual se registrarán los totales.
- 3) Recopilar los datos y efectuar el cálculo de totales.
- 4) Diseñar una tabla de datos con la lista de ítems con los totales individuales, los totales acumulados y los porcentajes acumulados para graficar el diagrama de Pareto
- 5) Ordenar de manera jerárquica los ítems por cantidad llenando la tabla respectiva.
- 6) Diseñar dos ejes verticales y un eje horizontal.

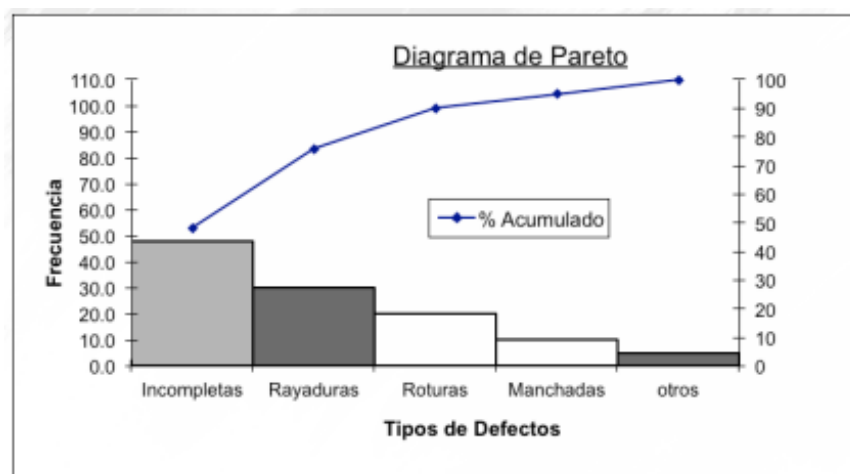
Marcar en el eje vertical izquierdo con una escala de cero hasta el total general (cantidad de ítems acumulados). A continuación [sic] marcar el eje horizontal en un número de intervalos igual al número de ítems clasificados.
- 7) Dibujar una gráfica de barras en [sic] base a [sic] las cantidades y porcentajes de cada ítem.
- 8) Graficar la curva acumulada. Para ello debe marcar los valores acumulados (porcentaje acumulado) en la parte superior, a lado derecho de los intervalos de cada ítem, y finalmente uniremos los puntos con una línea continua.
- 9) Describir la información que sea necesaria sobre el diagrama de Pareto (títulos, unidades, etc.) (pp. 49-50).

El autor anterior agrega que:

Para la determinación de las causas cuya mayor incidencia a un problema se va trazar una línea horizontal a partir del eje vertical derecho, desde el punto donde se indica el 80% hasta su punto de encuentro con la curva acumulada. Desde este punto vamos a trazar una línea vertical hacia el eje horizontal. Los ítems comprendidos entre el eje izquierdo de las cantidades acumuladas y la línea vertical constituyen las causas que debemos eliminar para resolver el 80% del problema. (p. 50)

A continuación, se presenta en la Figura 17 un ejemplo del diagrama de Pareto.

Figura 17 Diagrama de Pareto



Nota: (Cadena, 2018)

Cinco porqués

Según Madariaga (2013) determina que “es una herramienta de resolución de problemas desarrollada por Taiichi Ohno (Ohno 1988, 17). Es una herramienta imprescindible, sencilla y potente” (p. 249).

El autor anterior menciona que el objetivo es “llegar a la causa raíz del problema, oculta tras los síntomas, y eliminarla” (p. 249).

Madariaga (2013) estipula los siguientes pasos para aplicar la herramienta:

- Ir al lugar donde se ha producido el problema y observar los hechos por uno mismo (genchi genbutsu).
- Recoger, fotografiar y guardar las pruebas físicas del problema (piezas defectuosas, componentes rotos o desgastados, etc.).
- Preguntarse cinco veces ¿por qué?, cerrando el problema, construyendo una cadena de causas y efectos basada en hechos, y no en suposiciones, hasta llegar a la causa raíz.

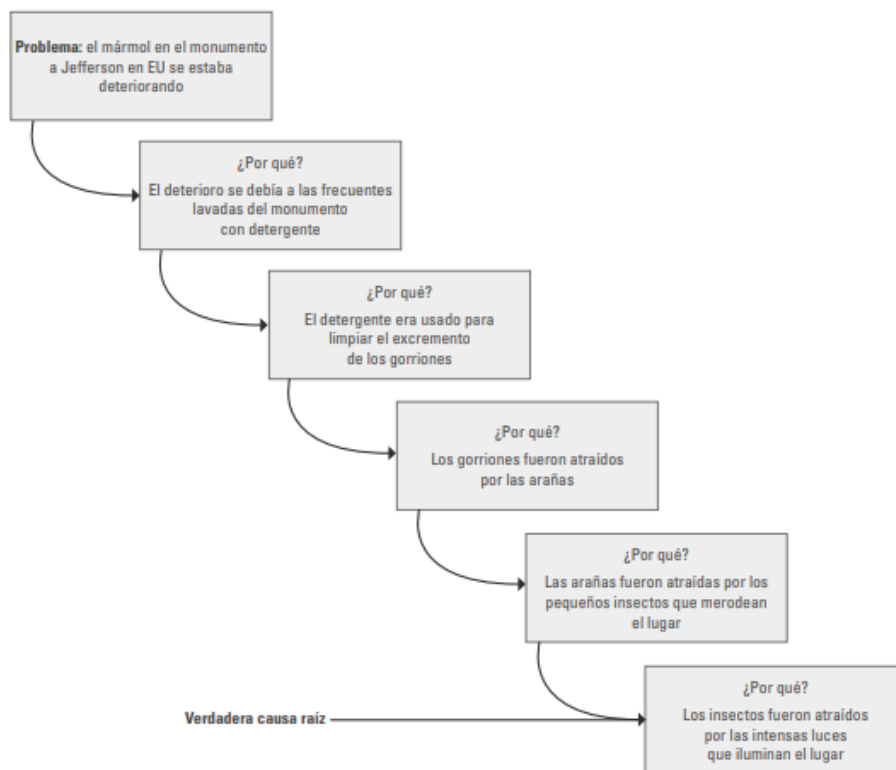
El número de porqués, cinco, es simplemente una referencia. Serán los necesarios hasta llegar a la causa raíz o hasta una causa a la que podamos aplicar contramedidas que actúen como «cortafuegos».

- Definir contramedidas.
- Implantar las contramedidas.

- Evaluar el resultado.
- Estandarizar la solución.

A continuación se observa un ejemplo del desarrollo de la herramienta en la Figura 18.

Figura 18 Ejemplo 5 ¿por qué?



Nota: (Gutiérrez, 2010)

Histograma

Cadena (2018) manifiesta que dicha herramienta:

Es un tipo de gráfico de barras que inicia la frecuencia con la que ocurren cosas o eventos relacionados entre sí. Se usa para mejorar procesos y servicios al identificar patrones y ocurrencia. Se trata de un instrumento de síntesis muy potente ya que es suficiente una mirada para apreciar la tendencia de un fenómeno (p. 51).

Cadena (2018) indica que se utiliza para:

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variedad del sistema.

- Mostrar el resultado de un cambio en el sistema
- Identificar anomalías examinando la forma
- Compara la variabilidad con los límites de especificación (p. 51).

Continuando con Cadena (2018) este recomienda el siguiente procedimiento para la elaboración de la herramienta.

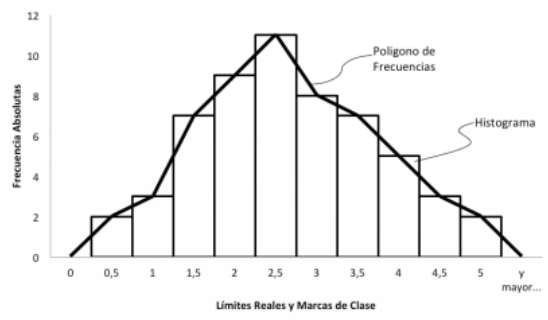
- 1) Recopilar datos para localización al menos 50 puntos de referencia.
- 2) Calcular la variación de los puntos de referencia, restando el dato del mínimo valor del dato de máximo valor.
- 3) Calcular el número de barras que va usar en el histograma.
- 4) Determinar el ancho de cada barra, dividiendo la variación entre el número de barras por dibujar.
- 5) Calcular el intervalo sobre el eje X de las dos líneas verticales que sirven de límites para cada barra.
- 6) Diseñar una tabla de frecuencias donde organice los puntos de referencia desde el valor más bajo hasta el valor más alto con límites establecidos por cada barra.
- 7) Dibujar el histograma.

Los histogramas más fáciles de entender tienen no menos de 5 barras y no más de 12.

De acuerdo con la gráfica obtenida podemos apreciar distintos tipos de histogramas: normal, bimodal, de dientes rotos o de peine, cortados y distorsionados (p. 51).

Mediante el procedimiento anterior se realiza un histograma como el que se puede observar en la Figura 19.

Figura 19 Ejemplo histograma



Nota: (Cadena, 2018)

Herramientas para el Diseño

Una vez realizado el análisis necesario se procederá a desarrollar la propuesta o diseño del sistema, por lo cual, se presentan las herramientas a utilizar a continuación.

Planificación de requerimientos de material (MRP)

Cuatrecasas (2022) considera que:

Estos sistemas se ocupan de que los productos, componentes y materiales de dichos procesos estén disponibles siempre en la clase, cantidad y momento en que se precisen, lo cual realizan tratando de no mantener ningún tipo de stock, sino gestionando los aprovisionamientos para disponer de ellos justo cuando se necesiten. (párr. #1).

El mismo autor menciona que:

Los sistemas MRP se utilizan preferentemente para la planificación de las cantidades y momentos a producir o aprovisionarse, siendo muy adecuados para la gestión basada en el enfoque push-y, con ello, para el entorno tradicional mass production- y en las previsiones de ventas. (párr. #2).

Continuando con el autor anterior:

El MRP opera, básicamente, planificando las necesidades de materiales, que es precisamente lo que significan sus siglas: Material Requirement Planning. Actúa con filosofía push, a partir del que denominaremos Plan Maestro de Producción. Con él y la lista de materiales, las rutas de fabricación y los datos de los centros de trabajo e inventarios, efectuaremos el proceso de “explosión de necesidades” considerando que la capacidad es infinita (en primera instancia ya que, posteriormente, abordaremos en lo que se denominara el MRP II, la problemática de la capacidad) y que los lotes y plazos de fabricación son constantes. El MRP también realiza funciones de control de fabrica tales como control input/output, seguimiento y control de compras, informes de posibles retrasos, etc. (párr. #3).

Cuatrecasas (2022) señala que:

En un sistema push los productos y componentes deberán estar listos antes de que sean demandados, derivándose en consecuencia desajustes entre las necesidades programadas y la demanda efectiva, lo que podrá llegar a generar un aumento de existencias, tanto de productos finales como de productos intermedios. La solución a la poca flexibilidad de un sistema push pasara ineludiblemente por la actualización periódica del MRP. (párr. #4).

Cuatrecasas (2022) manifiesta que:

Se utiliza como herramienta de planificación y sobre todo, para la planificación a largo plazo, y no se considera hoy una alternativa forzosamente excluyente con el sistema Kanban. No es raro utilizar el MRP para la planificación a un plazo medio o largo y el Kanban para el ajuste diario. (párr. #2).

Plan maestro de producción (PMP)

Un plan maestro de producción (PMP) permite:

Establecer la planificación de la producción de la gama de productos finales de un sistema productivo, para un plazo de tiempo largo, en clase, cantidad y momento para cada uno. Se basará en pedidos ya recibidos con entregas más o menos largas y, en la medida de lo necesario, en previsiones de ventas normales utilizando las técnicas adecuadas. (Cuatrecasas, 2022, párr. #2).

“Aunque la planificación que se lleva a cabo a través del PMP abarca un plazo largo, es necesaria su actualización constante para cada uno de los apartados que abarca”. (Cuatrecasas, 2022, párr. #3).

Continuando con el mismo autor este menciona que:

La planificación de las ventas que da lugar al PMP, que se lleve a cabo mediante técnicas de previsión deberá materializarse en el PMP ajustándose a la demanda efectiva y actualizando esta por revisión periódica. Por ello, el plazo para que se planifique la producción a partir del PMP ajustado no podrá ser inferior a la suma del lead time (tiempo de duración) de todos los procesos a llevar a cabo secuencialmente, ya que, de lo contrario, el primer proceso ya debería haber empezado cuando se planifique la producción final. (párr. #4).

Capacidades

Hansen (2011) menciona “es un paso básico dentro de cualquier programa de control, el análisis de la capacidad es determinar la variación natural de un proceso” (p.199).

Cuatrecasas (2011) expone que:

Los cuellos de botella provocan que el proceso anterior del lote correspondiente tienda a acumular stocks antes de que el material pueda ser procesado por el cuello de botella, debido a que el mayor tiempo de proceso en el mencionado cuello de botella obliga al material procedente de otras actividades a tener que esperar (p. 243)

Pronósticos

Baca (2015) menciona que:

Pronosticar es una práctica recurrente de los negocios, sobre todo pronosticar la demanda de bienes y/o servicios para poder planear y establecer los requerimientos de la manufactura, las cantidades a comprar (empresas comercializadoras) o la cantidad de servicios a brindar en determinado periodo. (pp. 153-154).

El autor anterior expone que “pronosticar es una actividad de relevancia que conlleva mucha responsabilidad y complejidad” (p. 154).

A su vez Baca (2015) indica los factores en los que se basan para determinar pronósticos:

- Subjetivos (basados en el juicio de las personas).
- Objetivos (basados en el análisis de datos).
- En una combinación de ambos. (p. 154).

Existen diversos tipos de pronósticos Baca (2015) indica los siguientes:

- Métodos de juicio (subjetivos)
- Métodos objetivos
- Promedios móviles
- Suavización exponencial
- Métodos para series de datos con tendencias

- Métodos para series de datos con estacionalidad (temporadas)
- Métodos más avanzados (pp. 154-155-157-158-160-161).

Sistema de inventarios

Meana (2017) define el inventario como “la verificación y control de los materiales o bienes patrimoniales de la empresa, que realizamos para regularizar la cuenta de existencias contables con las que contamos en nuestros registros, para calcular si hemos tenido pérdidas o beneficios”. (p. 4).

El mismo autor menciona que “el inventario físico se realiza periódicamente sobre la mercancía y bienes materiales para conocer las existencias físicas contables de que disponemos”. (p. 4)

Meana (2017) determina que existen variables que afectan la gestión del inventario, estas se presentan a continuación:

- La demanda: es una de las variables a tener en cuenta en todo inventario, ya que podemos encontrarnos artículos con mucha demanda con otros poca demanda, además que en un ciclo de tiempo un mismo artículo puede pasar de estar muy demandado a tener poca demanda.
- Los costes: debemos tener en cuenta en todo momento los costes de aprovisionamiento del material desde su compra hasta su expedición para el cliente, es necesario examinar los tipos de costes que podemos tener en nuestra empresa para la elaboración de un sistema de inventarios.
- Los plazos de entrega: en el momento que realizamos la orden para que nos suministren un pedido debemos saber en todo momento cuánto tiempo va a transcurrir hasta que dicho pedido este en nuestro almacén, optimizando en todo momento nuestro sistema de aprovisionamiento para la gestión de los inventarios. (pp. 4-5).

Continuando con el mismo autor “en la gestión del stock deberemos saber que, si tenemos demasiados productos, tendremos unos costes de capital inmovilizado en mercancías demasiado costosos, costes de espacio de almacenamiento altos, más gastos en personal para la manipulación de los productos, etc.”. (p. 5).

El mismo autor menciona que “si por el contrario disponemos de un inventario de stocks insuficiente, corremos el riesgo de una ruptura de stock, con lo cual nos quedaríamos sin suministros para la venta”. (p. 5)

Meana (2017) sostiene que:

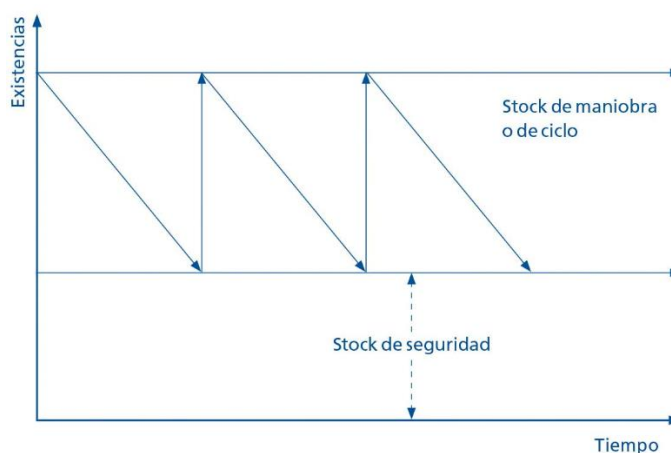
Es importante tener un inventario equilibrado para que no haya inconvenientes en caso de alargarse los plazos de entrega de los pedidos por parte de nuestros proveedores, y procurar que nuestros lineales dispongan de la cantidad suficiente de productos en caso de que produzca una fuerte demanda de alguno de nuestros productos para evitar la antes mencionada rotura de stock. Debemos disponer de un stock de seguridad en nuestros productos para no quedar sin existencias. (p. 5)

Meana (2017) menciona que dicho stock de seguridad vendrá dado por:

- Demanda: los ciclos de demanda que podemos tener en nuestro almacén van afectar al stock de seguridad, en relación a la cantidad de unidades de stock de seguridad que serán necesarias.
- Proveedor: cuanto mayor sea el periodo de entrega del pedido mayor deberá ser el stock de seguridad; por el contrario, disminuirá cuando la entrega del pedido sea menor. (pp.5-6).

En la Figura 20 se puede observar el gráfico de stock de seguridad.

Figura 20 Gráfico stock seguridad



(Meana, 2017)

Diagrama de Gantt

Schroeder et al. (2011) mencionan que es “uno de los métodos de programación más antiguos, las gráficas de Gantt, lo propuso Henry L. Gantt en 1917” (p. 310).

Los autores anteriores indican que “es una tabla en la que el tiempo se coloca a lo largo de la parte superior y un recurso escaso, como las máquinas, las personas o las horas-máquina, se coloca en la parte lateral” (p. 310)

Según Gillet-Goinard y Seno (2015) este diagrama “cubre todas las acciones prioritarias del plan de acción y las posiciona en el tiempo. Permite visualizar la duración de las acciones y constituye el punto de referencia de los plazos que deben observarse” (p. 46).

De igual forma Gillet-Goinard y Seno (2015) considera las siguientes etapas para utilizarla:

- Retomar las acciones medulares del plan de acción y elaborar el diagrama de Gantt informando las acciones en la columna izquierda y, en la derecha, su duración, cuya estimación se realiza con los responsables de la acción, por supuesto.
- Identificar si ciertas acciones se relacionan entre sí. Por ejemplo, no se podrá iniciar el autocontrol hasta que se haya sensibilizado al personal de producción.
- Hacer que el comité de dirección valide la planificación y oficializarlo como referencia del plan de acción. (p. 47).

Se puede observar el ejemplo de una plantilla del diagrama de Gantt en la Figura 21.

Figura 21 Ejemplo diagrama de Gantt

Acciones	Quién	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mejorar plazos	LP												
Instrumentar metrología	FG												
Instrumentar autocontrol, línea 1	ML												
Instrumentar autocontrol, línea 2	MC												
Sensibilizar al personal administrativo	CD												
Sensibilizar al personal de producción													

Nota: (Gillet-Goinard & Seno, 2015)

Análisis de evaluación de proyectos

Alvarado (2014) indica que “los métodos de evaluación de proyectos se les conoce como criterios dinámicos o evaluación dinámica, ya que se basan en el impacto del cambio de valor del dinero en el tiempo sobre las inversiones a realizar”. (p. 111).

Una de las formas es mediante la razón relación beneficio-costos (B/C) esta “indica en qué proporción los beneficios son más grandes que los costos” (Alvarado, 2014, p. 113).

Se presenta a continuación en la Figura 22 Razón general beneficio-costos la razón beneficio-costos de manera general:

Figura 22 Razón general beneficio-costos

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{beneficios} - \text{desbeneficios}}{\text{costos}}$$

Nota: (Alvarado Verdín, 2014)

Alvarado (2014) expresa que:

El concepto de la relación propone que por beneficios deberá entenderse todos aquellos conceptos que proporcionan una ventaja económica al promotor del proyecto, como son utilidades y reembolsos, entre otros; mientras que los desbeneficios son todos aquellos conceptos que ofrecen una desventaja o impacto económico, pudiéndose mencionar multas o pagos por deducibles. En tanto que los costos están representados por la inversión inicial (E₀) (p. 113).

En la Figura 23 se observa la razón tomando en cuenta la diferencia entre los beneficios y los desbeneficios.

Figura 23 Fórmula beneficio-costos

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{beneficios} - [\text{desbeneficios} + \text{CAO} + \text{depreciación} + \text{impuestos}]}{\text{costos}}$$

Nota: Alvarado (2014)

Alvarado (2014) menciona que “el cálculo de la relación B/C requiere que los beneficios y los costos se encuentren en la misma unidad de tiempo” (p. 113).

El mismo autor da a conocer los criterios de evaluación se aprecian en la Figura 24.

Figura 24 Criterios de evaluación

$$\frac{B}{C} > 1.0 \text{ se acepta la alternativa}$$

$$\frac{B}{C} \approx 1.0 \text{ se replantea la alternativa}$$

$$\frac{B}{C} < 1.0 \text{ se rechaza la alternativa}$$

Nota: Alvarado (2014)

Herramientas para el Control de la Propuesta

Con el objetivo de tener control sobre el diseño propuesto se presentan las herramientas necesarias para dicho propósito y sus conceptualizaciones respectivas.

Gráficas de control

Estas son utilizadas según Cadena (2018) “con el propósito de presenta [sic] y analizar la variación de un proceso, así como determinar a qué obedece la variación en el desarrollo del mismo” (p. 53).

La utilización de este tipo de gráficas permite:

El entendimiento y se representa como un gráfico de forma lineal en la que se determinan estadísticamente un límite de control superior de la media y un límite inferior de control, a ambos la media o línea central. La línea central refleja el producto del proceso. Los límites de control proveen señales estadísticas para que la administración actúe, indicando la separación entre la variación común y la variación especial. (Cadena, 2018, p. 53).

El mismo autor considera que “son de gran utilidad para estudiar a los factores variables de un proceso, tales así como los costos, errores y otros datos de índole administrativos”. (p. 53)

Cadena (2018) plantea que los gráficos indican:

- a) Si un proceso está o no bajo control
- b) Los resultados que ameritan una explicación
- c) Los límites de capacidad del sistema, en los cuales previa comparación con los valores de especificación pueden determinar los pasos para mejorar un proceso (pp. 53-54).

En la Figura 25 se puede observar un gráfico de control:

Figura 25 Ejemplo gráfico de control



Nota: Cadena (2018)

Análisis financiero

Dicho análisis se enfoca en:

Las relaciones de orden cuantitativo existentes entre los valores de las diferentes partidas que estructuran los estados financieros con el propósito de establecer el estado contable-financiero y de gestión de una empresa en un determinado momento. Al análisis financiero también se le conoce como evaluación estática teniendo en cuenta que se desarrolla con base en la información plasmada en los reportes contables y financieros generados en una fecha determinada. (Alvarado, 2014, p. 74).

El análisis utiliza lo que se denomina razones financieras estas con el objetivo de comparar los valores arrojados con valores establecidos en normas y estándares dentro de la empresa o en la industria a la que forma parte, he aquí el valor del analisis ya que mediante las razones financieras

las cuales son relaciones cuantitativas permite una evaluación de las fortalezas y debilidades de la empresa con respecto a su desempeño. (Alvarado, 2014, p. 74).

Alvarado (2014) menciona los grupos de las razones financieras:

- Eficiencia: miden la eficacia de las decisiones de inversión de la empresa y de la utilización de los recursos.
- Apalancamiento o de estructura: miden el grado de los activos financiados mediante deudas.
- Liquidez: miden la capacidad de la empresa para satisfacer sus obligaciones.
- Razones de rentabilidad o rendimiento: estas razones cubren varios aspectos entre los que destacan el rendimiento sobre la inversión (ROI o DuPont) y el ingreso a ventas o margen de utilidad sobre ventas. (pp. 74-75-76-77)

Hoja de verificación

Es una herramienta más fácil y básica que permite obtener los datos y que los mismos se encuentren disponibles y clasificados permite tener un control. Esta hoja debe contener cierta información básica para poder tener trazabilidad como lo es la fecha, producto, número de piezas, los datos cuantificables y las características correspondiente de las actividades o eventos que conforman el proceso (Marcelino y Ramírez, 2014, p.26).

A continuación, se puede ver una plantilla de una hoja de verificación en la Figura 26 cabe mencionar que el diseño de la hoja es diversa se debe diseñar de acuerdo al objetivo que se busca.

Figura 26 Ejemplo hoja de verificación

Clasificación de piezas devueltas por razón de rechazo y departamento

Fecha: _____
 Producto: _____
 Operario: _____
 Turno: _____

Razón de rechazo	Departamento piezas chicas	Departamento piezas medianas	Departamento piezas grandes	Total
Ligereza				33
Comprimido				60
Forjado				5
Ensamblaje				16
Rebordes				6
Total	26	59	35	120

Nota: (Marcelino y Ramírez, 2014)

Kanban

SCRUMstudy (2017) menciona que:

Kanban literalmente significa “cartel” o “letrero”, e implica el uso de ayuda visual para dar seguimiento a la producción. El concepto fue introducido por Taiichi Ohno, considerado como el padre de los Sistemas de Producción Toyota (TPS, por sus siglas en inglés). El uso de ayuda visual es eficaz y se ha convertido en una práctica común. Algunos ejemplos incluyen: tarjetas de tarea, Scrumboards y Burndown Charts. Dichos métodos generaron atención debido a su práctica en Toyota, empresa líder en gestión de procesos. Lean Kanban integra el uso de métodos de visualización según lo prescrito por Kanban aunado a los principios de Lean, creando así un sistema visual de gestión de proceso evolutivo incremental. (p.347).

Clery (2009) menciona que el Kanban es “un sistema de producción altamente efectivo y eficiente”. (p. 15).

El mismo autor menciona ciertos principios y funciones que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 Tablero Kanban

Principios	Funciones
1. Eliminación de desperdicios.	Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento.
2. Mejora continua	Dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo.
3. Participación plena del personal.	Prevenir que se agregue trabajo innecesario aquellas ordenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario.
4. Flexibilidad de la mano de obra.	Control de la producción y mejora de los procesos.
5. Organización y visibilidad	Eliminación de la sobreproducción

Nota: Clery (2009)

El autor anterior considera que existen 4 fases para una buena implementación los cuales se presentan a continuación:

Fase 1. Entrenar a todo el personal en los principios de KANBAN, y los beneficios de usar KANBAN.

Fase 2. Implementar KANBAN en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la línea de producción.

Fase 3. Implementar KANBAN en el resto de los componentes, esto no debe ser problema ya que para esto, los operadores ya han visto las ventajas de KANBAN.

Fase 4. Esta fase consiste de la revisión del sistema KANBAN, los puntos de reorden y los niveles de reorden. (p. 15-16).

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

A continuación se presenta y define la metodología a desarrollar en la investigación, es decir, la ruta a seguir mediante la cual se pretende analizar y brindar solución a la problemática planteada. En este capítulo se incluirán aspectos como enfoque, alcance, diseño, variables, muestra, instrumentos, recolección de datos, método de análisis y cronograma del proyecto. Además se procederá a la selección del enfoque, diseño y alcance que se adecuen según las características presentes en la investigación.

Enfoque

Según Hernández y Mendoza (2018) “hay tres rutas fundamentales: la cuantitativa, la cualitativa y la mixta” (p. 4). Por lo cual a continuación se presentan las definiciones de estas rutas o enfoques.

Enfoque cuantitativo

Este enfoque Hernández y Mendoza (2018) indican que:

Representa un conjunto de procesos organizado de manera secuencial para comprobar ciertas suposiciones. Cada fase precede a la siguiente y no podemos eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna etapa. Parte de una idea que se delimita y, una vez acotada, se generan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o perspectiva teórica. De las preguntas se derivan hipótesis y determinan y definen variables; se traza un plan para probar las primeras (diseño, que es como "el mapa de la ruta"); se seleccionan casos o unidades para medir en estas las variables en un contexto específico (lugar y tiempo); se analizan y vinculan las mediciones obtenidas (utilizando métodos estadísticos), y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (pp. 5-6).

Los autores anteriores mencionan que dicho enfoque o ruta “es apropiada cuando queremos estimar las magnitudes u ocurrencia de los fenómenos y probar hipótesis” (p. 6).

Enfoque cualitativo

Hernández y Mendoza (2018) definen que:

En lugar de comenzar con una teoría y luego "voltear" al mundo empírico para confirmar si esta es apoyada por los datos y resultados, el investigador comienza el proceso examinando los hechos en sí y revisado los estudios previos, ambas acciones de manera simultánea, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando que ocurre (p. 7).

Los mismos autores mencionan que:

El problema planteado no es tan específico si no que se enfoca paulatinamente. La ruta se va descubriendo o construyendo de acuerdo al contexto y los eventos que ocurren conforme se desarrolla el estudio. Se producen preguntas antes, durante o después de la recolección y análisis de los datos. Además en ocasiones se debe regresar a etapas previas y puede suceder que modifiquemos ciertos aspectos conforme se desarrolla la indagación. (Hernández y Mendoza, 2018, pp. 7-8).

Continuando con los autores anteriores estos indican que “una peculiaridad del proceso cualitativo consiste en que la muestra, la recolección y el análisis son fases que se realizan prácticamente de manera simultánea y van influyéndose entre sí” (p. 9).

Este tipo de enfoque “resulta conveniente para comprender fenómenos desde la perspectiva de quienes los viven y cuando buscamos patrones y diferencias en estas experiencias y su significado” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 9).

Enfoque mixto

Con lo que respecta al enfoque mixto Hernández y Mendoza (2018) mencionan que “entrelaza a las dos anteriores (cuantitativa y cualitativa) y las mezcla, pero es más que la suma de las dos anteriores e implica su interacción y potenciación” (p. 10).

Considerando lo anterior y la determinación de los objetivos del proyecto, la forma secuencial de su realización y las magnitudes con las que se trabajarán se puede determinar que el enfoque de la investigación es el enfoque cuantitativo.

Alcance

Es necesario evaluar qué tipo de alcance tendrá la investigación a desarrollar Hernández y Mendoza (2018) expresan que “los alcances son cuatro: exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo” (p. 106).

Con base en lo anterior se presentan los cuatro tipos de alcances:

Exploratorio

Hernández y Mendoza (2018) consideran que los estudios con este alcance “se llevan a cabo cuando el propósito es examinar un fenómeno o problema de investigación nuevo o poco estudiado, sobre el cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p. 106).

Los mismos autores agregan que:

Los estudios exploratorios también sirven para obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa y profunda respecto de un contexto particular, identificar conceptos o variables promisorias a indagar, establecer prioridades para futuros estudios o sugerir afirmaciones, hipótesis y postulados. (p. 107).

Descriptivo

Según Hernández y Mendoza (2018):

Los estudios descriptivos pretenden especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden o recolectan datos y reportan información sobre diversos conceptos, variables, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o problema a investigar. En un estudio descriptivo el investigador selecciona una serie de cuestiones (que, recordemos, denominamos variables) y después recaba información sobre cada una de ellas, para así representar lo que se investiga (describirlo o caracterizarlo) (p. 108).

Correlacional

Con lo que respecta a este tipo de alcance “tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 109).

Continuando con los autores anteriores indican que estudios correlaciones “pretenden asociar conceptos, fenómenos, hechos o variables. Miden las variables y su relación en términos estadísticos” (p. 109).

Explicativo

Hernández y Mendoza (2018) indican que “los estudios explicativos van más allá de la descripción de fenómenos, conceptos o variables o del establecimiento de relaciones entre estas; están dirigidos a responder por las causas de los eventos” (p. 110).

Los mismos autores mencionan que “las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno al que hacen referencia” (p. 112).

Tomando en cuenta los conceptos anteriores se procederá a seleccionar el alcance que mejor se adapte al proyecto cuyo caso es el alcance explicativo ya que como se menciona con anterioridad dicho alcance busca responder las causas de los eventos y proporcionar un entendimiento del problema planteado lo cual es el fin de la investigación junto con el desarrollo de las acciones correctivas.

Diseño

Posterior al planteamiento del problema y la definición del alcance se procede a la selección del diseño con el fin de responder a la pregunta de investigación y a los objetivos planteados.

Diseño experimental

Hernández y Mendoza (2018) plantean que “los diseños experimentales manipulan y prueban tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control” (p. 152).

Continuando con los autores anteriores “estos se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula” (p. 152).

Diseño no experimental

Este diseño puede definirse como:

La investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no haces variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que efectúas en la investigación no experimental es observar o medir fenómenos y variables tal como se dan en su contexto natural, para analizarlas (Hernández y Mendoza, 2018, p. 174).

Según Hernández y Mendoza (2018) este diseño se divide en:

- Transeccional o transversal: recolectan los datos en un solo momento.
- Longitudinal: recolectan datos en diferentes puntos del tiempo (p. 176).

Dado que no se procederá a la manipulación de variables, la limitación del tiempo y que se realizarán observaciones y mediciones podemos determinar que el diseño a utilizar es el no experimental transeccional o transversal.

Variables

A continuación se presentan las variables o unidades de análisis considerando los objetivos específicos planteados en el Capítulo I.

En la Tabla 2 se puede observar la variable, su concepto, el indicador e instrumental para cada uno de los objetivos específicos.

Tabla 2 Variables

Objetivos específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Describir la problemática que está afectando la elaboración de la maquinaria	Cumplimiento	Denota, ya sea la exacta y correcta ejecución del contrato, ya sea la exacta y correcta realización de la obligación (Piraino, 2020)	Número de entregas tardías / Total de entregas	Hoja de recolección de datos

Objetivos específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Medir la afectación de la problemática actual en la elaboración de maquinaria	Productos no conformes	Producto que no sea conforme con los requisitos del producto (Gutiérrez, 2010)	Productos no conformes / Total de productos	Hoja de recolección de datos
Analizar las causas de las inconformidades	Causas	Aquello que se considera como fundamento u origen de algo (RAE, 2022)	Causas recurrentes / Total de causas	Hoja de recolección de datos
Definir el sistema de gestión para la programación y control de la producción	Sistema de programación y control	Permite determinar cómo se deben asignar los diversos recursos de la empresa para la producción eficiente de un determinado bien o servicio (Camero y Vargas, 2012)	Productos programados/ Total productos elaborados	Hoja de recolección de datos
Determinar los indicadores adecuados que permitan el control del diseño propuesto	Propuesta de diseño	Descripción detallada del producto-servicio que se desea crear (Monguet, 2013)	Actividades cumplidas / Total de actividades	Hoja de control (check list)

Nota: Sharon Corrales Hernández

Muestra

Hernández y Mendoza (2018) explican que:

Una muestra es un subgrupo de la población o universo que te interesa, sobre la cual se recolectarán los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población (de manera probabilística, para que puedas generalizar los resultados encontrados en la muestra a la población) (p. 196).

A continuación en la Tabla 3 se presentan las muestras que se utilizarán para cada indicador.

Tabla 3 Muestra

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Número de entregas tardías / Total de entregas	No probabilística Conveniencia	Cumplimiento	(Número de entregas tardías / Total de entregas) * 100
Productos no conformes / Total de productos	Probabilística Aleatoria Simple	PNC	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * \sigma^2}{E^2}$
Causas recurrentes / Total de causas	No probabilística Conveniencia	Observaciones	(Causas recurrentes / Total de causas) * 100
Productos programados/ Total productos elaborados	Probabilística Aleatoria Simple	Productos	$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * pq}$

Actividades cumplidas / Total de actividades	No probabilística Conveniencia	Actividades	(Actividades cumplidas / Total de actividades) * 100
--	-----------------------------------	-------------	--

Nota: Sharon Corrales Hernández

Instrumentos

Hernández y Mendoza (2018) argumentan que “recolectar los datos significa aplicar uno o varios instrumentos de medición” (p. 226). Por lo cual en la Tabla 4 podemos observar los instrumentos que se utilizarán para recabar información.

Tabla 4 Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
Número de entregas tardías / Total de entregas	Hoja de recolección	Informáticos, laptop, programas Microsoft, humano
Productos no conformes / Total de productos	Hoja de recolección	Informáticos, humano, laptop
Causas recurrentes / Total de causas	Hoja de recolección	Laptop, humano, programas Microsoft
Productos programados / Total productos elaborados	Hoja de observación	Laptop, programas Microsoft, humano
Actividades cumplidas / Total de actividades	Hoja de verificación (check list)	Humano, laptop, programas Microsoft

Nota: Sharon Corrales Hernández

Recolección de Datos

La recolección de datos Hernández y Mendoza (2018) expresan es “elaborar un plan detallado de procedimientos que te conduzcan a reunir datos con un propósito específico” (p. 226). Con esto en mente se realiza la Tabla 5 en la cual se determina el plan a seguir.

Tabla 5 Recolección de Datos

Indicador	Fuente de los datos	Método de recolección de los datos	Beneficios esperados
Número de entregas tardías / Total de entregas	Registros, documentos de la empresa y la información obtenida de las hojas de recolección	Se proporcionará la hoja de recolección de datos la cual será llenada por la persona encargada de recibir la información en la empresa posteriormente se visitará el taller los días viernes para obtener la información recopilada en la semana durante 5 semanas	Definir el porcentaje de cumplimiento de la empresa en la entrega del producto final.
Productos no conformes / Total de productos	Taller de producción	Se realizará la recolección mediante el uso de la hoja de recolección de datos correspondiente la cual será	Determinar la cantidad de producto no conforme y las inconformidades presentadas

Indicador	Fuente de los datos	Método de recolección de los datos	Beneficios esperados
		llenada por la persona encargada y que supervisa el taller esta registrará los productos no conformes del día y se obtendrá la información semanal los días viernes durante 5 semanas	
Causas recurrentes / Total de causas	Visitas y observaciones en la empresa y el proceso	Se realizarán visitas 3 veces a la semana, se observará el proceso de elaboración y se ingresará toda la información observada en las hojas de datos correspondientes durante 5 semanas	Determinar las causas que afectan la elaboración del producto
Productos programados / Total productos elaborados	Órdenes de trabajo	Se recolectará la información necesaria para la hoja de recolección mediante la base de datos de la empresa que registra la producción respecto a lo elaborado y estipulado cuya persona encargada llenará la información requerida por la hoja de datos esta se registrará semanalmente y se recogerá los días viernes durante 5 semanas	Conocer el cumplimiento del proceso productivo
Actividades cumplidas / Total de actividades	Registro de información generada por las hojas de recolección	Cada semana con base en la información obtenida mediante las hojas de recolección que fueron mencionadas anteriormente las cuales serán llenadas por el personal de la empresa y mi persona se comparará con el cronograma de trabajo planteado para verificar y evaluar el avance y cumplimiento del cronograma estipulado durante 27 semanas	Gestionar la programación y control de la producción

Nota: Sharon Corrales Hernández

Método de Análisis

En este apartado se pueden observar las herramientas a utilizar para el análisis de cada indicador y su respectiva variable esto se presenta a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6 Método de Análisis

Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
Número de entregas tardías / Total de entregas	Diagrama de flujo, gráficos, Pareto.	Visio, Excel	Determinar las desviaciones y puntos de mejora del proceso. Identificar el incumplimiento de entrega
Productos no conformes / Total de productos	Gráficas de control	Excel	Determinar el comportamiento e impacto de las inconformidades

Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
Causas recurrentes/ Total de causas	Diagrama de Pareto, Ishikawa, 5 por qué	Excel, Visio	Identificar las causas raíz y de mayor relevancia
Productos programados/ Total productos elaborados	Pronósticos, diagrama de Gantt	Excel, Visio	Definir y programar la producción
Actividades cumplidas / Total de actividades	Hoja de verificación, indicadores	Excel	Verificar el cumplimiento de la propuesta y finalización del proyecto

Nota: Sharon Corrales Hernández

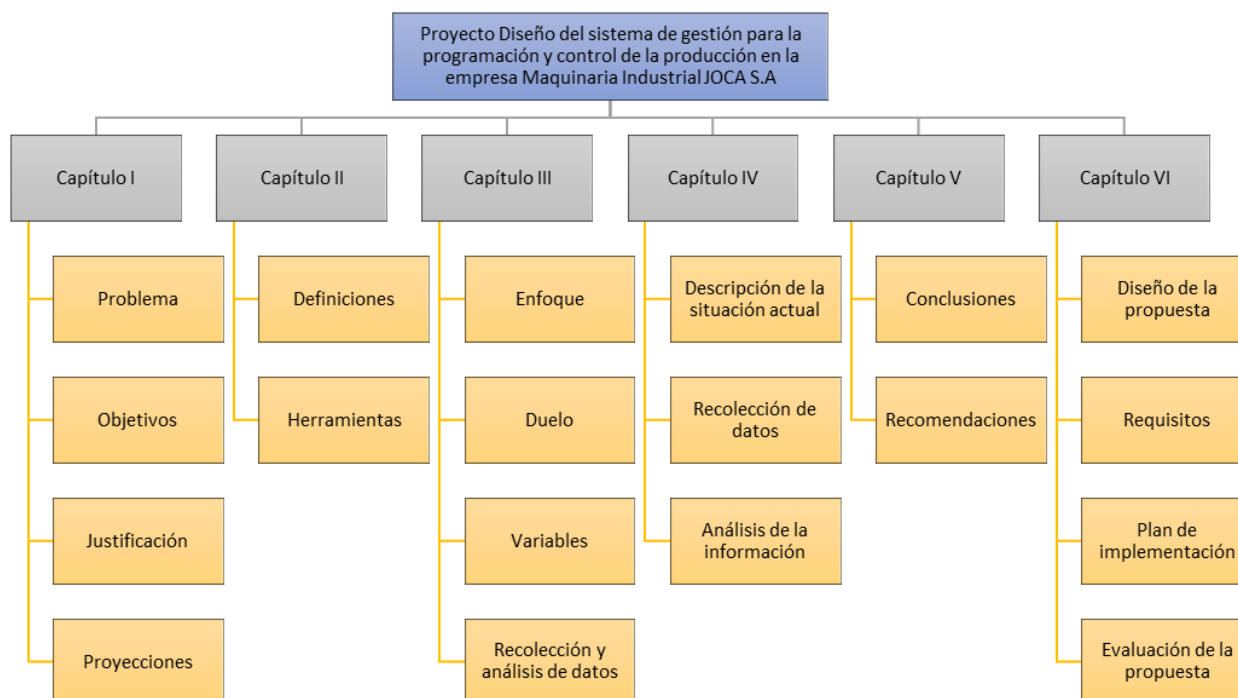
Cronograma

Se presenta un EDT y un diagrama de Gantt que contienen los apartados a desarrollar y la duración de cada una de las actividades presentes en el proyecto.

EDT

Se puede observar en la Figura 27 los entregables que componen el proyecto y los contenidos de cada uno de ellos.

Figura 27 EDT



Nota: Sharon Corrales Hernández

Diagrama de Gantt

Chase y Jacobs (2014) menciona que esta herramienta “se usan para planificación de proyectos lo mismo que para coordinar diversas actividades programadas” (p. 634).

Considerando lo anterior se presenta en la Figura 28 la planificación del proyecto y sus actividades con su respectiva duración.

Figura 28 Diagrama de Gantt

Cuatrimestre		Cronograma de trabajo																										
		Segundo Cuatrimestre 2022															Tercer Cuatrimestre 2022											
Semanas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Actividades	Capítulo I	■	■	■	■																							
	Capítulo II			■																								
	Capítulo III					■																						
	Correcciones						■																					
	Capítulo IV							■	■	■	■	■	■	■	■	■												
	Capítulo V																■	■	■	■								
	Capítulo VI																				■	■	■	■	■	■	■	
	Correcciones																										■	■
	Entrega Final																											■

Nota: Sharon Corrales Hernández

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

En el siguiente capítulo se procederá a realizar el diagnóstico o el análisis de la situación actual por lo cual se desarrollarán las herramientas mencionadas en el capítulo II marco teórico con dichas herramientas se busca ejemplificar y describir la problemática actual así como medir las consecuencias y las causas presentes en la empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A. específicamente en la producción del ventilador.

Descripción del Problema

Se presenta a continuación la información pertinente que permita explicar la situación actual y por ende la problemática existente mediante el diagrama de flujo que describirá el proceso de realización del ventilador además de generar una visión general del área de producción con base en la problemática presente donde se considerarán aspectos como la demanda general, tiempos de producción actuales, pronósticos, análisis del flujo del proceso respectivo.

Proceso

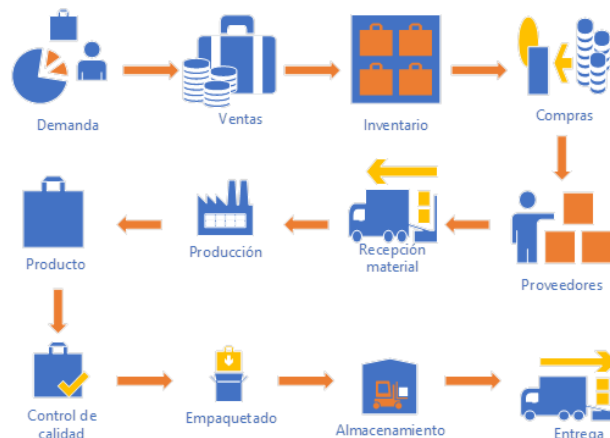
Con el fin de comprender el proceso realizado y las áreas relacionadas se procede a realizar un mapeo desde un nivel general hasta un nivel más específico, por lo cual en el siguiente apartado se presenta un mapeo a nivel general, es decir, un macroproceso del proceso que abarca desde el inicio de la demanda hasta la entrega del ventilador.

Macroproceso

Como se ha mencionado con anterioridad Maquinaria Industrial JOCA es una empresa especializada en fabricar maquinaria para el procesamiento de granos especialmente en el área del café por lo cual a continuación se presenta el macroproceso que contempla desde la demanda hasta la entrega del producto en este caso la maquinaria industrial.

En la Figura 29 se puede observar las actividades y departamentos que componen el proceso desde un aspecto general.

Figura 29 Macroproceso JOCA



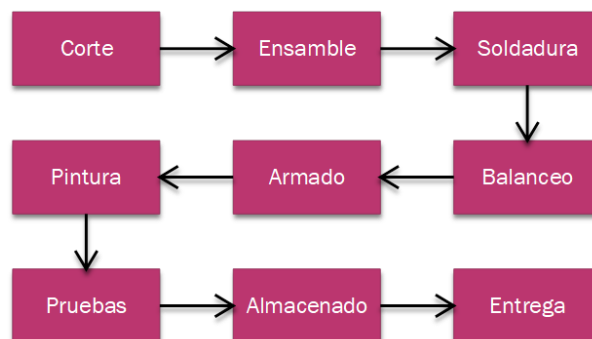
Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se puede observar en la Figura 29 el proceso inicia con la demanda por parte del mercado posteriormente se da la adquisición del cliente por parte del departamento de ventas, se da una requisición de materiales disponibles como de partes en stock luego se realiza la compra del material necesario, los proveedores gestionan las compras y envían los materiales, se recibe el material, se inicia la producción de la maquinaria, una vez lista la maquinaria se da un control de calidad, se empaqueta la maquinaria, se almacena, finalmente se despacha y entrega al cliente final.

Diagrama de proceso

En este apartado se puede observar en la Figura 30 de manera sencilla y simplificada las áreas que intervienen en el proceso de fabricación del ventilador.

Figura 30 Diagrama de proceso JOCA



Nota: Sharon Corrales Hernández

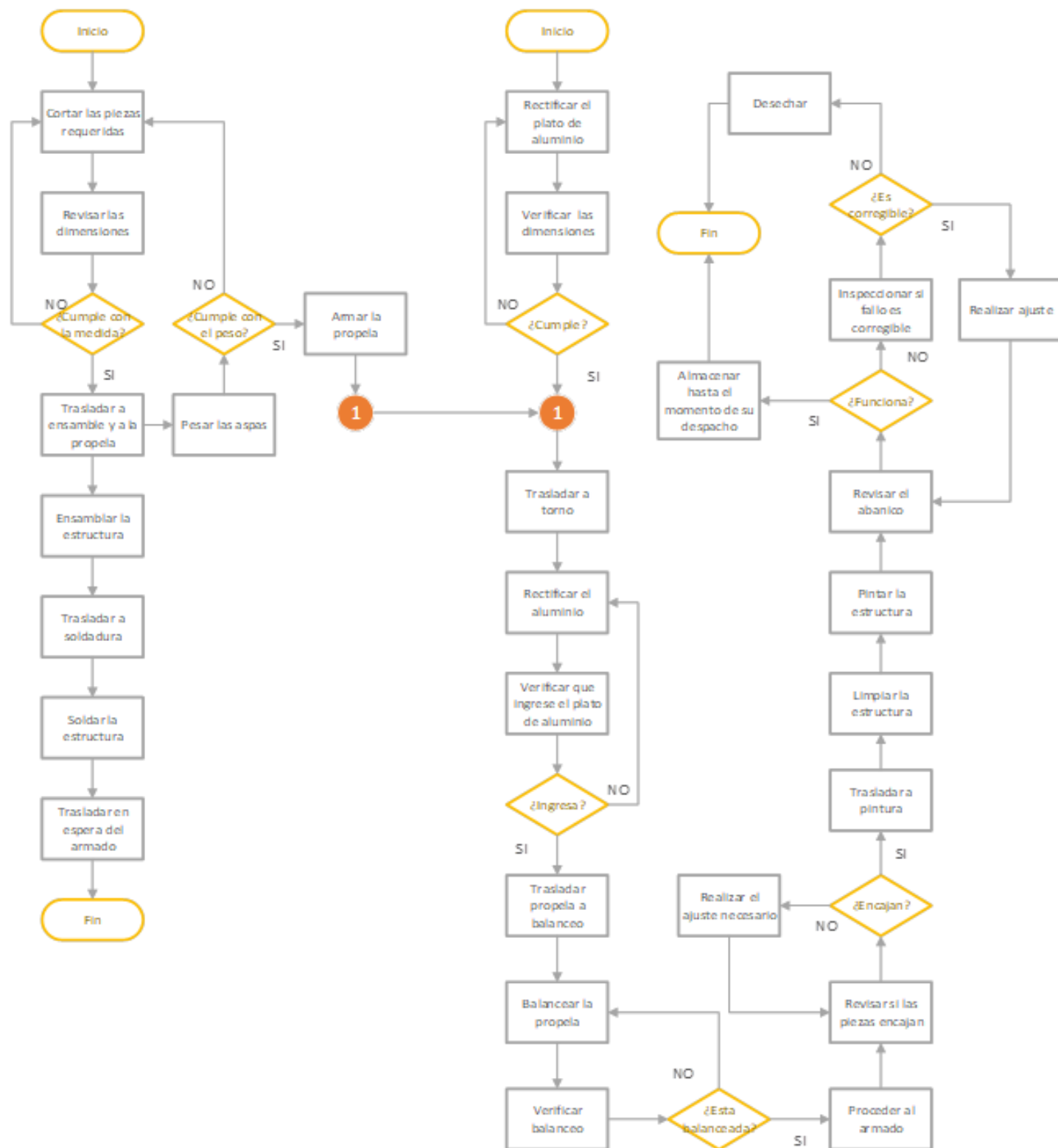
El diagrama anterior permite visualizar la secuencia de las actividades realizadas en la producción de la maquinaria para una mejor comprensión se procede a describir las acciones realizadas en cada uno de los apartados.

- Corte: El proceso inicia con la realización de los cortes en las láminas del material adecuado correspondiente con las medidas de todas las piezas requeridas del ventilador.
- Ensamble: Una vez recortadas las piezas se realiza un ensamble preliminar con la estructura establecida.
- Soldadura: Con el ensamble preliminar listo se procede a soldar la estructura.
- Balanceo: Se procede a “huequiar” la estructura luego se procede a preparar la misma propela y finalmente se balancea la pieza conocida con el plato de aluminio previamente fabricado.
- Armado: Seguidamente del balanceo y lista la estructura se monta la propela en dicha estructura así como el motor correspondiente y se verifica que las piezas encajen correctamente.
- Pintura: Verificado que las piezas cumplen con lo requerido se procede a limpiar y pintar la estructura según las especificaciones del cliente.
- Pruebas: Posteriormente se realizan las pruebas y se le da el visto bueno por parte del ingeniero de lo contrario se realizan las correcciones del caso.
- Almacenado: Una vez aprobado el ventilador se procede al almacenamiento de la máquina hasta el momento de su traslado.
- Entrega: Se realiza la entrega e instalación al cliente final.

Diagrama de flujo

A continuación se presenta el diagrama de flujo enfocado en el proceso de elaboración del ventilador en la Figura 31.

Figura 31 Diagrama de flujo

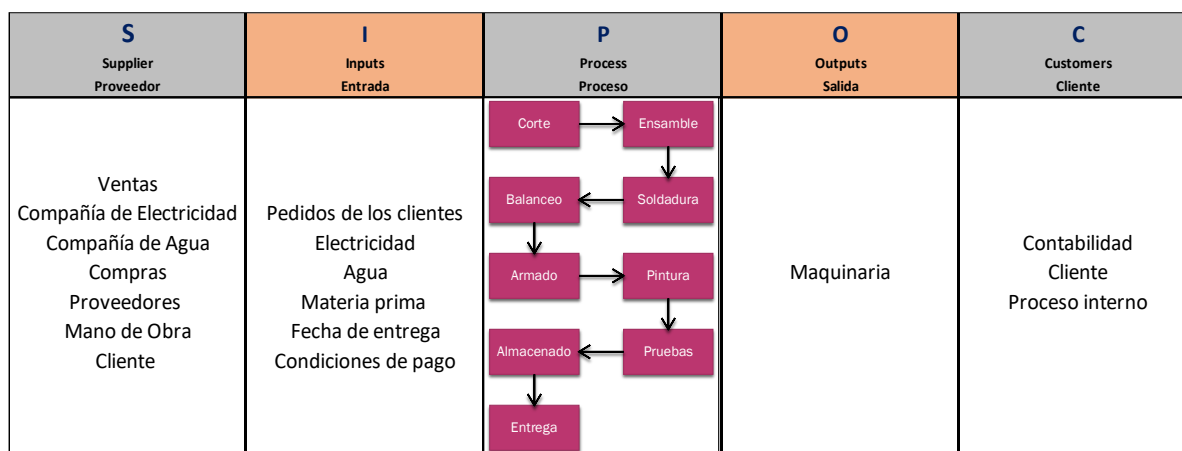


Nota: Sharon Corrales Hernández

SIPOC

A continuación en la Figura 32 se presenta el diagrama de SIPOC correspondiente que proporciona un enfoque más detallado con respecto a los insumos y variables que pueden afectar el proceso.

Figura 32 Diagrama SIPOC



Nota: Sharon Corrales Hernández

La empresa cuenta con diferentes proveedores que facilitan la elaboración de la maquinaria, cuenta con varios proveedores de materiales que permiten que la empresa realice la maquinaria.

Por medio de este diagrama se pretende tener un mejor control de los procesos que se realizan y las variables que trabajan, afectan y funcionan a nivel interno que permiten alcanzar el objetivo de la elaboración de la maquinaria.

La idea de este diagrama es tener un control exacto de las partes que conforman el proceso productivo, como por ejemplo los proveedores, clientes, proceso, entre otros, además del ordenamiento que conforman la labor de la empresa.

Datos históricos

Se procede a la recopilación de datos históricos mediante la utilización de expedientes proporcionados por la empresa con el fin de obtener datos referentes a las ventas y su comportamiento.

En la Tabla 7 se puede observar las ventas de 2020, 2021 y 2022 así como el correspondiente a cada mes.

Tabla 7 Histórico ventas

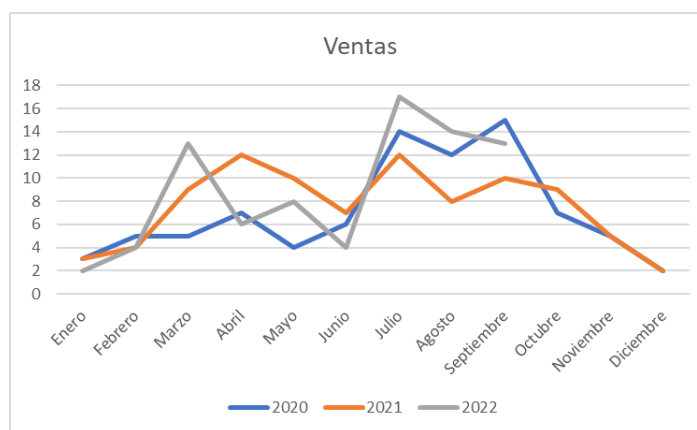
Ventas			
Mes	2020	2021	2022
Enero	3	3	2
Febrero	5	4	4
Marzo	5	9	13
Abril	7	12	6
Mayo	4	10	8
Junio	6	7	4
Julio	14	12	17
Agosto	12	8	14
Septiembre	15	10	13
Octubre	7	9	
Noviembre	5	5	
Diciembre	2	2	
Total	85	91	81

Nota: Sharon Corrales Hernández

En la tabla anterior se puede observar que las ventas totales son muy similares sin tener una diferencia determinante y obteniendo el año 2021 como el año con más ventas registrando 85 maquinarias pero cabe considerar que el actual año 2022 no poseen los datos registrados de las ventas correspondientes a los meses de octubre, noviembre y diciembre por lo cual no se puede establecer hasta el final del año 2022 cual año arrojó mayor cantidad con respecto a las ventas.

Se procede a graficar los datos obtenidos para tener una mayor comprensión del comportamiento de los mismos en la Figura 33 se puede visualizar los resultados en el gráfico correspondiente.

Figura 33 Gráfico ventas



Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se muestra en el gráfico los datos poseen un comportamiento similar se puede observar que los meses de enero y febrero tienen una tendencia baja y a partir del mes de marzo hasta mayo se tiene unas fluctuaciones de altas y bajas no es hasta el mes de junio donde aumentan las ventas para posteriormente disminuir en el mes de octubre.

Este comportamiento se debe al período de cosecha del café la cual se realiza en los meses de noviembre y diciembre por esta razón las empresas deben contar con la maquinaria lista e instalada para dar inicio a la cosecha antes de noviembre.

Personal

En este apartado se presenta la situación actual de la empresa con respecto al personal con el que cuenta y la manera en que dicha fuerza laboral se distribuye, dicha distribución se observa en la Tabla 8.

Tabla 8 Personal planta

Puesto	Cantidad
Operarios	17
Ayudantes	13
Mantenimiento	2
Montacargista	1
Pintores	2
Torneros	2
Jefe de planta	1
Bodeguero	1
Total	39

Nota: Sharon Corrales Hernández

Mediante la tabla anterior se puede observar el desglose y total de los colaboradores del área de planta que corresponde a 39 trabajadores considerando este dato en el mes de agosto cabe considerar que el personal tiende a rotar ya que la empresa recurre a la contratación de personal extra.

Rotación del personal

De la misma forma que se presentó el personal actual para la fabricación de la maquinaria requerida. Se presenta a continuación la cantidad de personal contratado en los periodos 2019,

2020, 2021 y 2022 esto se presenta en la Tabla 9 aclarando que el personal inicial en el año 2022 era de 39 trabajadores como se observó en la Tabla 8.

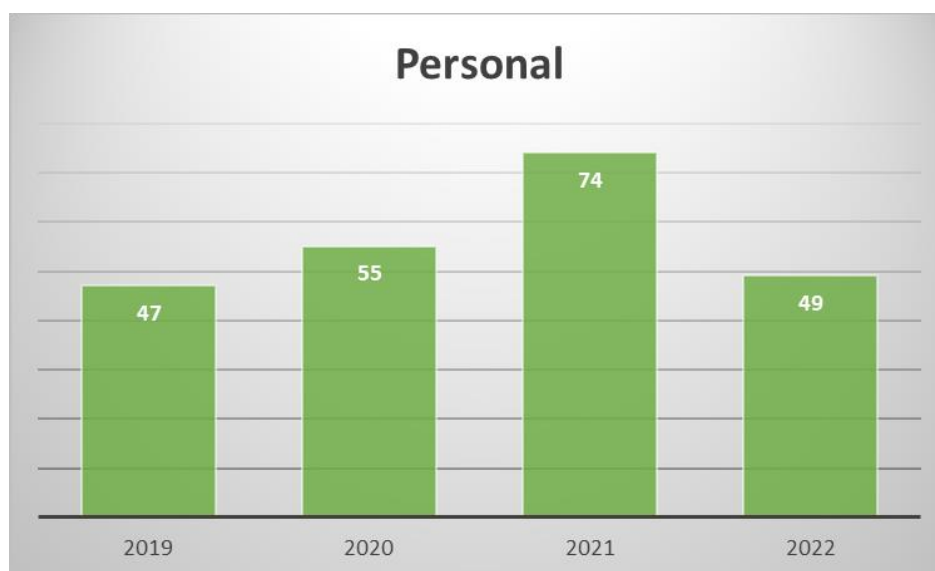
Tabla 9 Personal anual

Año	2019	2020	2021	2022
Total	47	55	74	49

Nota: Sharon Corrales Hernández

A continuación en la Figura 34 se realiza un gráfico para observar la rotación del personal correspondiente a cada año.

Figura 34 Personal



Nota: Sharon Corrales Hernández

Se presenta el gráfico anterior con el fin de ejemplificar las variaciones del personal por año. En el 2020 se da un aumento de 8 empleados, en el 2021 de 19 empleados y para el 2022 una disminución de 25 mencionando que en el mismo año hubo un aumento de 10 empleados y se considera que puedo seguir en aumento hasta finales del mismo con el fin de cumplir con los plazos de entrega.

Tiempos proceso

Los tiempos que se presentarán a continuación han sido conseguidos mediante el cronometraje del proceso descrito anteriormente. En este apartado se procede a dividir el proceso en áreas o tareas más específicas con el fin de facilitar la toma de tiempos.

La toma de tiempos se realizó por ciclos y la selección de los operarios a observar está determinado por el proceso ya que en todas las áreas o tareas solo la ejecuta un operario a excepción del soldador.

En la Tabla 10 se presentan los tiempos mínimos, probables o promedios y los máximos de cada una de las áreas que componen el proceso de elaboración de la maquinaria.

Tabla 10 Tiempos

Área	Tiempo Mínimo	Tiempo Probable	Tiempo Máximo
Corte	02:30:27	02:44:26	03:00:12
Rectificado I	04:29:57	05:19:42	06:19:57
Ensamble	07:06:59	07:22:06	07:37:29
Rectificado II	01:22:04	01:53:50	02:23:03
Limpieza	03:20:16	03:34:54	03:50:13
Soldadura	02:09:37	02:47:16	03:34:11
Pintura	00:14:49	00:15:55	00:17:39
Huequiar	00:05:03	00:05:46	00:06:32
Preparar para Balanceo	00:13:41	00:15:39	00:17:18
Balanceo	00:09:27	00:14:04	00:23:48
Armado	00:21:45	00:24:17	00:26:50
Propela	11:52:01	12:08:59	12:24:03
Pruebas	00:05:47	00:07:32	00:09:06

Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se puede visualizar en la tabla anterior la propela es la tarea que más tiempo toma con un mínimo de 11 horas 52 minutos y 1 segundo (11:52:01), con un promedio de 12 horas 8 minutos y 59 segundos (12:08:59) y con un máximo de 12 horas 24 minutos y 3 segundos (12:24:03).

Tiempos estándar

Considerando que si bien la empresa no tiene estandarizado el trabajo como tal los trabajadores lo estandarizaron ya que ellos realizan los mismos pasos cada vez que elaboran la maquinaria y cada uno tiene determinada el área a trabajar y las tareas por realizar.

Por lo cual se procede a calcular el tiempo estándar para cada área arrojando los resultados que se observan en la Tabla 11.

Tabla 11 Tiempo estándar

Área	Tiempo estándar
Corte	02:43:00
Rectificado I	04:59:00
Ensamble	06:49:00
Rectificado II	02:05:00
Limpieza	04:15:00
Soldadura	02:45:00
Pintura	00:18:31
Huequiar	00:05:37
Preparar para Balanceo	00:14:13
Balanceo	00:08:23
Armado	00:21:50
Propela	07:05:00
Pruebas	00:08:39

Nota: Sharon Corrales Hernández

Durante el proceso se mencionó anteriormente que la única actividad en la cual el operario cambia es en la soldadura por lo tanto se procede a realizar una prueba de hipótesis con un 95% de confianza y un 0.05 de significancia dicha hipótesis se presenta en la Figura 35. Con el objetivo de confirmar si existe una diferencia estadística significativa en esta parte del proceso por lo cual se seleccionan 4 soldadores.

Figura 35 Hipótesis

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Nota: Sharon Corrales Hernández

Con el planteamiento anterior se procede a obtener los resultados generados los cuales se presentan en la Figura 36 entiéndase S por soldador y cada número para identificar a cada uno de ellos, es decir, S1 igual a soldador 1 y así sucesivamente con los tres soldadores restantes.

Figura 36 Resultados hipótesis

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	S1; S2; S3; S4

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	Sec.	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	4060		56,25%	4060	1353,4	6,86	0,003
Error	16	3157		43,75%	3157	197,3		
Total	19	7217		100,00%				

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	PRESS	R-cuadrado (pred)
14,0477	56,25%	48,05%	4933,45	31,65%

Nota: Sharon Corrales Hernández

Observando el valor de “p” y ya que este es menor al nivel de significancia de 0.05 se procede a rechazar la hipótesis nula por lo tanto si existe diferencia significativa en al menos uno de los distintos soldadores con respecto a sus tiempos.

Dado que se rechaza la hipótesis nula se procede a realizar la prueba de Fisher de rango múltiples los resultados se visualizan en la Figura 37.

Figura 37 Prueba rango múltiples

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
S3	5	180,0	A
S4	5	174,85	A
S2	5	169,85	A
S1	5	143,04	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

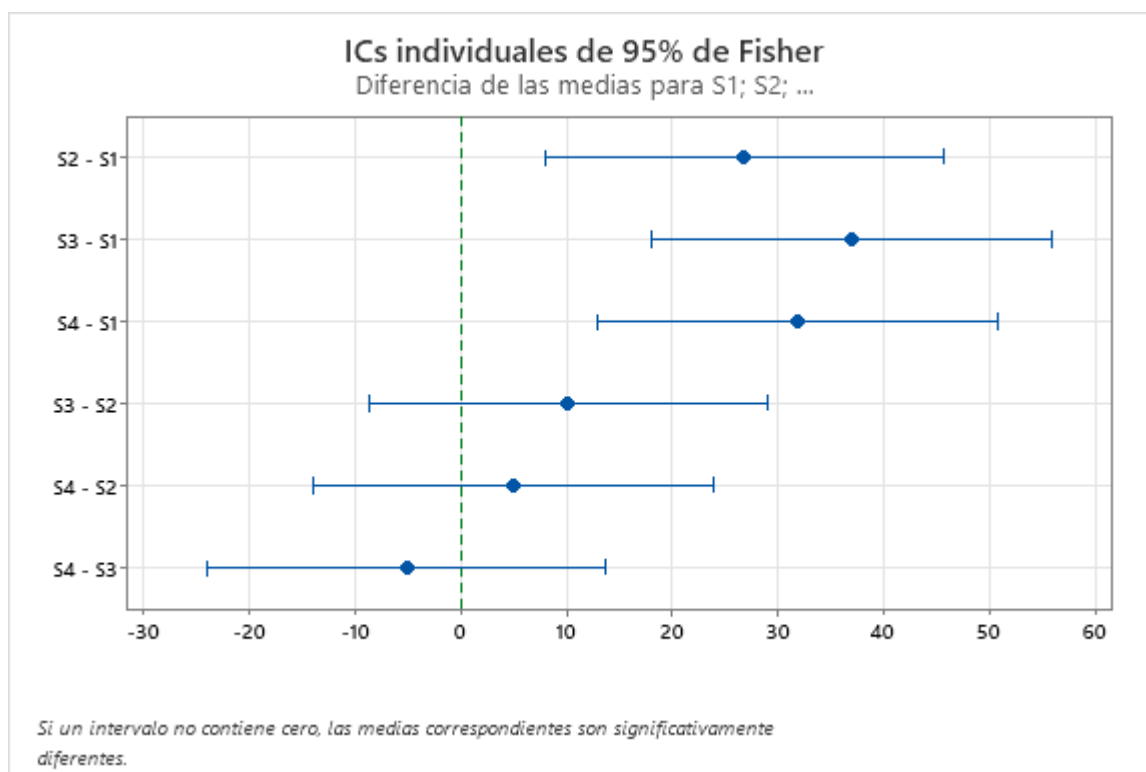
Nota: Sharon Corrales Hernández

Se puede observar que el S1 posee una letra B la cual es distinta de la letra A, letra que comparten los S2, S3 y S4 esto quiere decir que los que no comparten letra son significativamente diferentes por lo cual los tiempos obtenidos del S1 son significativamente diferentes de los de los S2, S3 y

S4 bajo este mismo razonamiento esto quiere decir que los S2, S3 y S4 no son significativamente diferentes.

Con el fin de visualizar con mayor claridad la diferencia significativa se presenta en la Figura 38 un gráfico que permita ejemplificar mejor lo mencionado anteriormente.

Figura 38 Gráfico prueba rangos múltiples



Nota: Sharon Corrales Hernández

El gráfico permite observar la línea que valida si las medias son significativamente diferentes esto quiere decir que si un intervalo no contiene la línea punteada la cual contiene a 0 estas son diferentes a un nivel significativo se puede verificar que los intervalos de S1 en relación con los otros 3 soldados se encuentran lejos de la línea punteada por lo cual si existe diferencia significativa.

Capacidad

Se realiza el cálculo de la capacidad actual con la que cuenta la empresa para la elaboración del ventilador, el cálculo se realizó con los tiempos en la unidad de minutos y los resultados se pueden observar en la Tabla 12.

Tabla 12 Capacidad

Área	Tiempo minutos	Capacidad Instalada	Capacidad Teórica	Capacidad horas laborales	Capacidad real
Corte	164,43	43	19	16	15
Rectificado I	313,71	22	10	8	8
Ensamble	443,45	16	7	6	5
Rectificado II	113,83	63	27	23	22
Limpieza	214,90	33	14	12	11
Soldadura	167,26	43	19	16	15
Pintura	15,92	452	199	171	159
Huequiar	5,77	1248	551	473	441
Preparar para Balanceo	15,65	460	203	174	162
Balanceo	14,06	512	226	194	180
Armado	24,29	296	130	112	104
Propela	728,98	9	4	3	3
Pruebas	7,43	969	428	367	342

Nota: Sharon Corrales Hernández

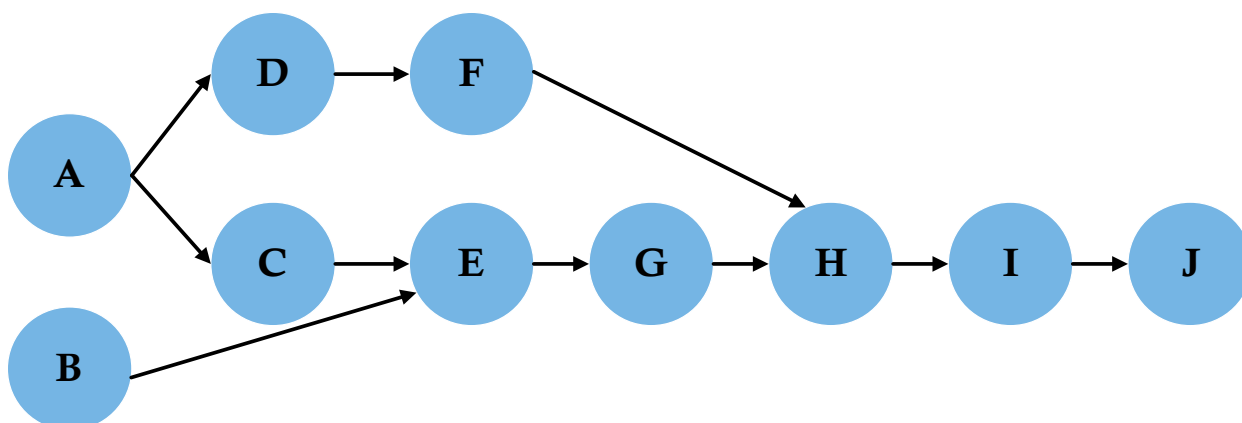
Cuando se habla de capacidad instalada esta se refiere a trabajar 24 horas con todas las capacidades, con la capacidad teórica es trabajar el 100% de la jornada laboral o jornada efectiva, la capacidad horas laborales hace referencia a trabajar las horas laborales reales después de deducir los descansos respectivos y finalmente la capacidad real es igual a las horas de la capacidad horas laborales, pero considerando la capacidad del trabajador a un 80% teniendo en cuenta el agotamiento y la fatiga que ocurre a lo largo de la jornada.

Este cálculo nos permite determinar lo que sería nuestro cuello de botella el cual está identificado por el color rojo y se encuentra en la elaboración de la propela que nos da como resultado 3 a la semana por lo cual la empresa es capaz de realizar 3 ventiladores por semana.

Diagrama de PERT

Con el fin de visualizar con mayor claridad la dependencia de las actividades se procede a realizar un diagrama de PERT que a su vez permita observar la secuencia de las operaciones que conllevan la producción del ventilador este se presenta a continuación en la Figura 39.

Figura 39 Diagrama de PERT



Nota: Sharon Corrales Hernández

Para comprender el diagrama anterior en la Tabla 13 se presenta el nombre de la actividad como tal y la asignación de la letra respectiva así como la actividad predecesora correspondiente.

Tabla 13 Descripción diagrama de PERT

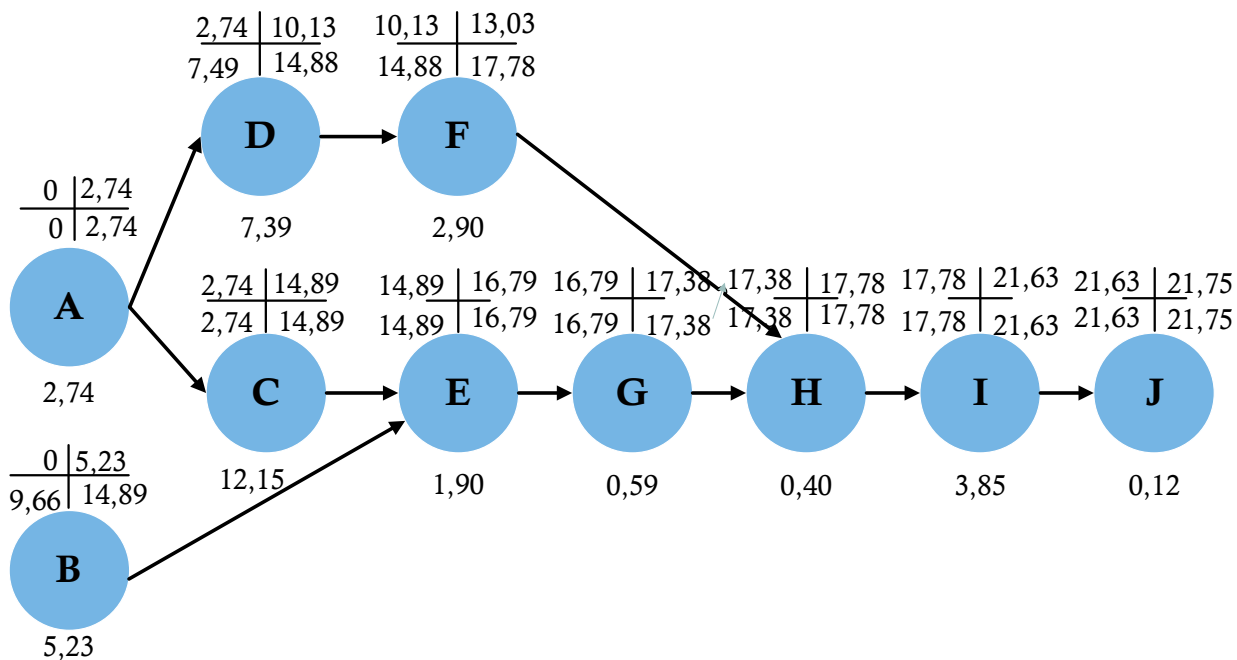
Nombre	Actividad	Actividad predecesora
Corte	A	-
Rectificado I	B	-
Propela	C	A
Ensamble	D	A
Rectificado II	E	B-C
Soldadura	F	D
Balanceo	G	E
Armado	H	F-G
Pintura	I	H
Pruebas	J	J

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se puede observar que todas las actividades proceden de una sola actividad a excepción de las de rectificado II y armado que dependen de dos actividades diferentes.

Considerando el diagrama anterior se procede a calcular la ruta crítica con la utilización de los tiempos obtenidos, en la Figura 40 se observan los cálculos correspondientes.

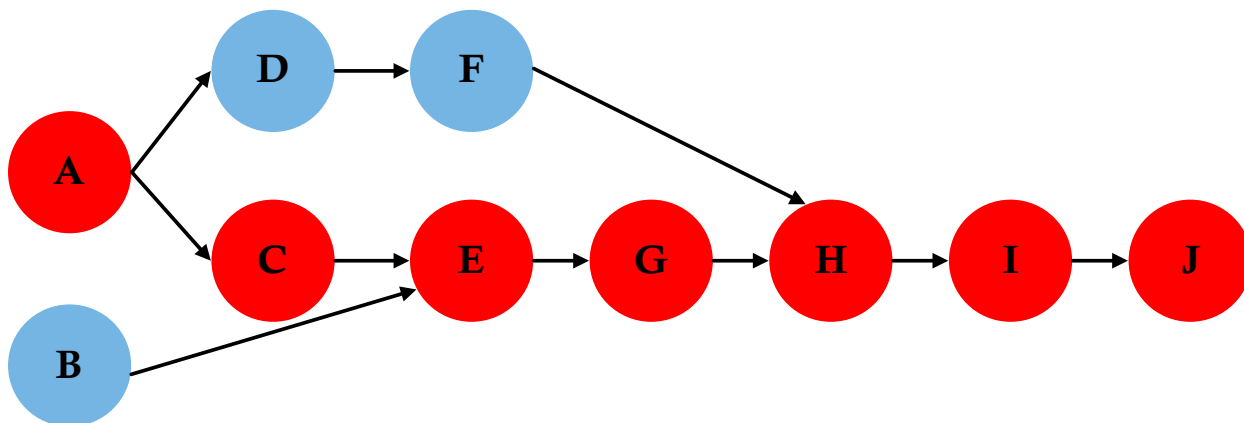
Figura 40 PERT cálculo ruta crítica



Nota: Sharon Corrales Hernández

Con el diagrama anterior se determina cuál es la ruta crítica del proceso de elaboración de maquinaria la cual se presenta a continuación en la Figura 41, se identifica la ruta crítica por los nodos de color rojo.

Figura 41 PERT ruta crítica



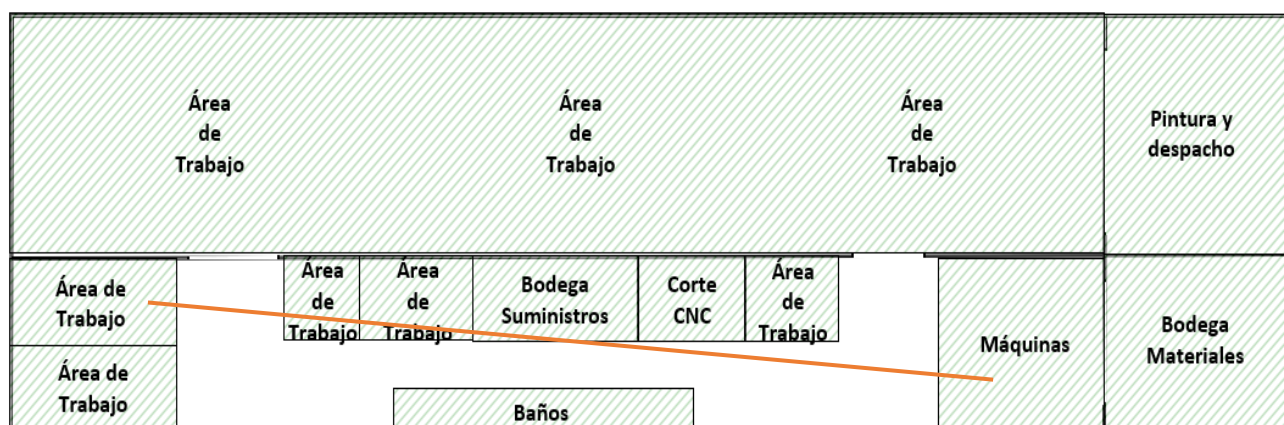
Nota: Sharon Corrales Hernández

Se determina que la ruta crítica comprende lo que es corte, propela, rectificado II, balanceo, armado, pintura y prueba. Cabe mencionar que en el balanceo van incluidos los pasos de “huequiar”, preparación para balanceo y el balanceo como tal de igual manera en pintura comprende la limpieza y la pintura.

Diagrama de distribución de planta

Para tener una mejor comprensión se procede a realizar una distribución de planta con el fin de identificar las zonas de trabajo y el recorrido que realiza tanto el personal como el material y las piezas producidas. En la Figura 42 se puede observar la distribución de la planta.

Figura 42 Distribución de planta



Nota: Sharon Corrales Hernández

La línea naranja representa el recorrido o los traslados que realiza el operario durante el proceso de ensamble.

Pronósticos

La empresa realiza sus pronósticos para intentar prever las ventas que pueden obtener y por consecuencia lo producido ese año el inconveniente radica que producción no se rige por estos pronósticos por lo cual hay un desbalance entre lo planteado por el departamento de ventas y lo realizado con antelación por parte de producción. Además cabe mencionar que dichos pronósticos no son realizados por ningún modelo de pronósticos en específico si no por lo que cree el departamento de ventas.

Sistema de programación y control de la producción actual

La empresa actualmente no posee un sistema de programación y control de la producción se rigen bajo el criterio profesional del ingeniero a cargo el cual decide por prioridad dependiendo del tiempo de entrega, avance del proyecto y tipo de cliente por lo cual en ocasiones decide detener temporalmente el proceso de cierto proyecto y reubicar al personal en otro proyecto que considera prioridad, basándose en los criterios mencionados anteriormente lo cual conlleva algunas veces al reclutamiento de personal temporal y la utilización de horas extras incluso han llegado a laborar fines de semana considerando que el horario laboral es de lunes a viernes.

Inventarios

En lo que respecta al área de inventarios la empresa no posee un control de los mismos por lo cual a la hora de aceptar proyectos se procede a una inspección para la requisición de materiales y proceder a la compra de los faltantes lo cual genera un retraso en el inicio de la producción al tener que esperar por los proveedores o incluso se da un atraso en el medio de la fabricación ya que al no tener control de los inventarios no se sabe con certeza cuáles de los materiales se han agotado y cuáles están disponibles ya que en ocasiones por descuido o error humano se han perdido materiales y las cantidades solo se valoran al momento de aceptar un pedido. Algo muy parecido ocurre en el área de suministros que maneja las herramientas, soldaduras y tornillería los cuales no poseen un control de lo suministrado.





Medición de las Consecuencias

En este apartado se presentarán las mediciones de las consecuencias de la situación planteada.

Cursograma analítico

A continuación en la Figura 43 se presente el resumen del cursograma analítico realizado en el proceso de elaboración específicamente en el área de ensamble con el fin de evaluar el proceso e identificar operaciones, transporte, inspecciones, demora y almacenamiento que ocurran en la fabricación de la maquinaria centrándose en las acciones realizadas en el ensamble.

Figura 43 Resumen cursograma analítico

Cursograma analítico					
Diagrama Num.	Hoja Num.	Resumen			
	1	Actividad	Actual	Propuesta	Economía
Objeto: Ventilador		Operación 	37	0	0
		Transporte 	22	4	18
Actividad: Ensamble de la estructura del ventilador		Inspeccion 	7	0	0
		Demora 	2	0	0
		Almacenamiento 	0	0	0
Metodo :	Actual / Propuesto	Distancia (m)	1255,48	259,04	996,44
Lugar: Maquinaria Industrial JOCA S.A		Tiempo (hora-hombre)	07:22:06	06:35:41	00:46:25
Operario (s) : Morris	Ficha Num. 1	Costos:			
		Mano de obra			
Compuesto por: Sharon Corrales Hernández	Fecha: 08/08/2022	Materiales			
		Totales			

Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se pudo observar el operario realiza varios desplazamientos para un total de 22 traslados esto representa un aumento en los tiempos, movimientos y traslados improductivos de ensamble por lo cual se evidencia una oportunidad de replantear y evaluar los desplazamientos así como el proceso.

Tiempos improductivos

Dado que el proceso no está estandarizado por parte de la empresa y no hay un seguimiento ni control del mismo se pudo observar y lograr identificar durante la toma de tiempos y observaciones ciertos tiempos improductivos a lo largo del proceso considerando esperas, desplazamientos, búsquedas, traslados y reprocesos.

En la Tabla 14 se presentan los desplazamientos realizados específicamente en la parte de ensamble.

Tabla 14 Tiempos desplazamientos

Desplazamientos Ensamble	
Ida	Regreso
00:03:34	00:03:13
00:02:05	00:02:11
00:02:28	00:01:45
00:05:51	00:04:45
00:01:58	00:01:23
00:02:28	00:02:39
00:01:41	00:02:10
00:02:42	00:02:14
00:02:24	00:02:18
00:02:34	00:02:09
00:02:13	00:02:43
00:29:58	00:27:30

Nota: Sharon Corrales Hernández

Si bien estos desplazamientos son de una duración corta no más de 5 minutos con 51 segundos (00:05:51) con un mínimo de 1 minuto y 23 segundos (00:01:23) se realizan 11 desplazamientos tanto de ida como de vuelta lo cual da un total de 22 desplazamientos esto traducido en tiempo nos genera un total de 57 minutos con 28 segundos (00:57:28) dividido en 29 minutos con 58 segundos (00:29:58) de ida y 27 minutos con 30 segundos (00:27:30) de regreso, es decir, casi una hora de desplazamientos innecesarios que repercuten en el tiempo de ensamble de la maquinaria.

Por otra parte tanto en corte como en ensamble se realiza una búsqueda de sobrante de material que cumpla con el grosor como con las dimensiones pero al no tener una zona determina deambulan en su búsqueda, esto genera tiempos improductivos los cuales se presentan a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15 Tiempos sobrantes

Búsqueda de sobrantes
00:08:31
00:17:49
00:04:41
00:02:17
00:02:14
00:35:32

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se puede observar que esta búsqueda genera una pérdida de 35 minutos con 32 segundos (00:35:32) que de igual forma genera un retraso en la elaboración de la maquinaria.

Durante la observación se registraron reprocesos en la Tabla 16 se presentan los resultados.

Tabla 16 Reprocesos corte

Reproceso Corte	
Observaciones	10
Piezas por observación	8
Piezas observadas total	80
Reproceso por observación	2
Total de reprocesos	20
Porcentaje	25%

Nota: Sharon Corrales Hernández

Cada ventilador consta de 8 piezas elaboradas por el área de corte por lo cual al contar con una muestra de 10 ventiladores se generan 80 piezas además en esas observaciones se evidenciaron errores y daños por lo cual se puede visualizar que se generan 2 reprocesos por ventilador por lo cual de los 10 ventiladores observados se reprocesaron 20 piezas esos reprocesos generan una pérdida económica ya que la pieza y lámina no se puede corregir por lo cual un error equivale a la pérdida de ese material.

Con lo que respecta a los reprocesos se tiene registro de los tiempos y se presentan a continuación en la Tabla 17.

Tabla 17 Tiempos reproceso corte

Reproceso corte	00:05:01
	00:07:19
	00:10:30
	00:13:08
	00:14:44
	00:13:33
	00:11:15
	00:08:25
	00:07:05
	00:10:23
	00:13:18
	00:11:03
	00:08:32
	00:11:20
	00:07:39
	00:08:21
	00:07:22
	00:10:45
00:11:52	
00:08:41	
Total	03:20:16
Promedio	00:10:01

Nota: Sharon Corrales Hernández

De igual forma en el área de soldadura se registraron reprocesos que son notados por los pintores y deben volver a pasar por soldadura ya que hay ciertos puntos que no cumplen con las especificaciones. Estos tiempos se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18 Tiempos reproceso soldadura

Reproceso Soldadura	
Observaciones	25
Reprocesos	9
Porcentaje	36%

Nota: Sharon Corrales Hernández

De las 25 observaciones del área de soldadura se tuvieron que trasladar y reprocesar 9 ventiladores. Se presentan los tiempos de reprocesos del área de soldadura en la Tabla 19.

Tabla 19 Tiempos reprocesos soldadura

Reproceso Soldadura	00:29:37
	00:22:54
	00:19:23
	00:25:39
	00:28:51
	00:24:20
	00:29:12
	00:21:47
	00:23:09
Total	03:44:52
Promedio	00:24:59

Nota: Sharon Corrales Hernández

En este caso los reprocesos generan una pérdida de tiempo que repercute en el proceso de elaboración de 3 hora con 44 minutos con 52 segundos (03:44:52).

A su vez los reprocesos generados en el área de corte generan una pérdida económica reflejados en la Tabla 20.

Tabla 20 Pérdida material

Lámina dañada	Valor unitario	Total
2	₡ 176 386,00	₡ 352 772,00
20	₡ 176 386,00	₡ 3 527 720,00

Nota: Sharon Corrales Hernández

Cabe mencionar que dicho monto es obtenido de los reprocesos registrados en la Tabla 16 únicamente de pérdida de material por corte específicamente en CNC además la cantidad de láminas dañadas es resultado de la información obtenida durante las observaciones y ciertos registros que posee la empresa.

Con esto en mente se realiza un cálculo con respecto a la producción actual hasta el momento del año 2022 que se presenta en la Tabla 21 considerando los reprocesos de 2 láminas por cada ventilador.

Tabla 21 Pérdida material 2022

Lámina dañada	Valor unitario	Total
2	₡ 176 386,00	₡ 352 772,00
162	₡ 176 386,00	₡ 28 574 532,00

Nota: Sharon Corrales Hernández

Este cálculo se realiza mediante la producción de los 81 ventiladores producidos hasta el momento considerando que durante las observaciones hubo problemas con 2 piezas por cada ventilador, es decir 2 láminas son desperdiciadas debido a errores generados por el operario principalmente al seleccionar el grosor incorrecto del material. Esto se traduce a 2 piezas por el total producido arrojando un total de 162 piezas o láminas dañadas que genera una pérdida de ₡ 28 574 532,00.

Otro factor por considerar es que al ser una maquinaria industrial grande y pesada su traslado de un área a otra se realiza únicamente mediante el uso de montacargas por lo cual los traslados por reprocesos equivalen a una espera y utilización de recursos que perjudica no solo el tiempo de fabricación y traslado de la maquinaria que requiere el reproceso si no de las otras que deben ser trasladadas también. En la Tabla 22 se presentan los tiempos.

Tabla 22 Tiempos traslado

Tiempos traslado reproceso	Ida	Regreso
	00:02:56	00:02:47
	00:03:09	00:02:36
	00:02:18	00:03:02
	00:03:15	00:02:40
	00:02:57	00:02:28
	00:02:29	00:02:50
	00:02:53	00:03:03
	00:03:12	00:02:43
	00:02:42	00:03:09
Sumatoria	00:25:51	00:25:18
Total	00:51:09	
Promedio	00:02:52	00:02:49

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se observa que la duración total de estos traslados equivalen a 51 minutos con 09 segundos (00:51:09).

En este caso al realizar traslados estos generan esperas por reprocesos en el área de soldadura en la Tabla 23 se presentan los correspondientes a los reprocesos.

Tabla 23 Espera montacarga

Tiempos espera montacarga	Ida	Regreso
	00:02:49	00:02:52
	00:02:12	00:02:31
	00:02:26	00:03:08
	00:02:08	00:02:24
	00:02:52	00:02:37
	00:02:11	00:02:41
	00:02:29	00:02:26
	00:03:01	00:02:37
	00:02:33	00:02:11
Sumatoria	00:22:41	00:23:27
Total	00:46:08	
Promedio	00:02:31	00:02:36

Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se mencionó anteriormente para los traslados se ocupa de la ayuda de un montacargas estos tiempos anteriores reflejan la espera por la llegada del montacarguista.

Por otra parte en la Tabla 24 se encuentran los tiempos de espera específicamente del área de ensamble.

Tabla 24 Espera ensamble

Espera
00:15:47
00:08:24
00:24:11

Nota: Sharon Corrales Hernández

En este caso se da por el “cambio de dado” de una máquina necesaria para la elaboración de una pieza que generó una espera de 15 minutos y 47 segundos (00:15:47) por su parte el segundo tiempo es generado por la solicitud de medidas requeridas, las cuales el operario no posee a la mano lo que genera una espera de 8 minutos con 24 segundos (00:08:24) para un total de 24 minutos con 11 segundos (00:24:11).

Cumplimiento de entrega

Con el fin de conocer la capacidad de cumplimiento de la empresa se procede a determinar el porcentaje de incumplimiento en tiempos de entrega con datos actuales de ventas obtenidas y entregas en lo transcurrido del año 2022 se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25 Porcentaje de incumplimiento

2022	
Ventas	84
Atrasos	32
Incumplimiento	38%

Nota: Sharon Corrales Hernández

La empresa posee un incumplimiento del 38% lo cual es un porcentaje importante a considerar. Este porcentaje y el intento de disminuir el mismo con el fin de cumplir con los plazos de entrega

llevan a la empresa a recurrir a horas extras y contratación de personal extra o temporal como se presenta en el siguiente apartado de las horas extras.

Horas extras

Con el fin de sacar adelante la producción y disminuir el incumplimiento en los períodos de entrega la empresa recurre al pago de horas extras, a continuación se presenta el desglose del año 2021 con su mes y respectivo monto. Además con el fin de ejemplificar mejor se presenta su gráfico respectivo. En la Tabla 26 se presentan las horas extras con los montos y meses respectivos.

Tabla 26 Horas extras

2021	
Mes	Monto
Enero	2 532 891,00
Febrero	1 252 116,60
Marzo	1 536 788,50
Abril	3 401 930,95
Mayo	4 038 342,95
Junio	7 369 456,95
Julio	7 092 135,35
Agosto	7 273 972,35
Septiembre	11 690 645,15
Octubre	11 776 878,05
Noviembre	8 220 666,25
Diciembre	2 170 840,50
Total	68 356 664,60

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se puede notar que la empresa pagó un total de ₡ 68 356 664.60 solo en horas extras. Para observar las variaciones entre los meses se presenta el gráfico correspondiente en la Figura 44.

Figura 44 Gráfico horas extras



Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se puede observar a partir del mes de abril se da un aumento del pago de horas extras pero no hasta el mes de junio que el incremento en las horas extras es más drástico siendo sus picos más alto los meses de setiembre y octubre, esto como consecuencia del esfuerzo de cumplir con los períodos de entrega dado que las fechas de cosecha son en noviembre y diciembre como se mencionó con anterioridad.

Para saber a qué nivel repercute el pago de horas extras se procede a calcular cuánto equivale al pago de salarios del año 2021 por lo cual en la Tabla 27 se observan los salarios por cada mes.

Tabla 27 Monto Salarios

2021	
Mes	Monto
Enero	11 043 587,50
Febrero	11 037 785,00
Marzo	14 123 195,00
Abril	11 425 832,50
Mayo	11 486 867,50
Junio	16 485 482,50
Julio	13 351 632,50
Agosto	14 790 643,00
Septiembre	20 408 395,00
Octubre	17 797 345,00
Noviembre	14 393 055,00
Diciembre	13 875 933,00
Total	170 219 753,50

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se presenta en la Figura 45 un gráfico para visualizar las variaciones en el pago de salarios correspondiente a cada mes durante el 2021.

Figura 45 Gráfico salario



Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se puede observar septiembre es el mes durante el cual se canceló el monto más alto referente a salario esto se debe a que es junto con junio uno de los meses donde reclutan personal temporal para intentar cumplir con los tiempos de entrega una vez percibido que son capaces de cumplir con los tiempos desisten de dicho personal es por eso que posterior a junio el monto baja y vuelve a subir pero a partir de septiembre disminuye lo que resta del año.

Para conocer la relación entre los montos de salario y de horas extras se realiza el cálculo de su equivalente en la Tabla 28.

Tabla 28 Relación salario-extras

Salarios	59,84%
Pago extras	40,16%

Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se observa el pago de extras equivale a un 40,16% del total pagado en salarios lo cual en realidad representa un 59,84% en salario del monto total de ¢ 170 219 753.00. Se presenta en la Figura 46 el gráfico respectivo a los porcentajes observados.

Figura 46 Gráfico salario-extras



Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se observa en el gráfico el pago de extras representa un 59.84% lo cual es mucho mayor que los salarios que representan un 40.16% por lo cual la empresa está generando un costo significativo en el pago de horas extras.

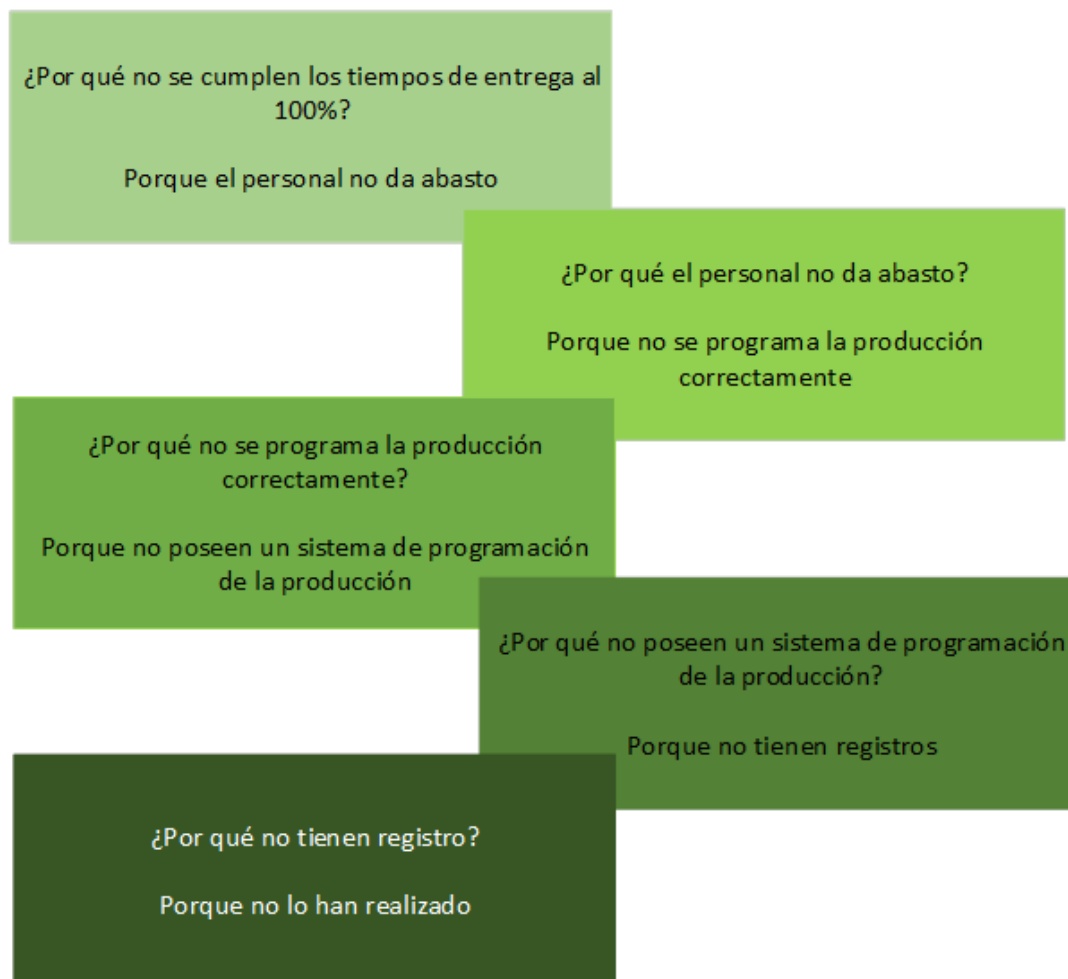
Análisis de las Causas

A continuación se presenta el análisis de las causas que conllevan a la situación actual de Maquinaria Industrial JOCA S.A. y genera sus consecuencias.

Los 5 ¿Por qué?

Se inicia el siguiente análisis enfocándose en el porcentaje de incumplimiento por lo cual se plantea una serie de cuestionamientos con el fin de conocer el porqué de dicha situación. Por lo cual a continuación se presenta en la Figura 47 los 5 ¿por qué?

Figura 47 Los 5 ¿Por qué?



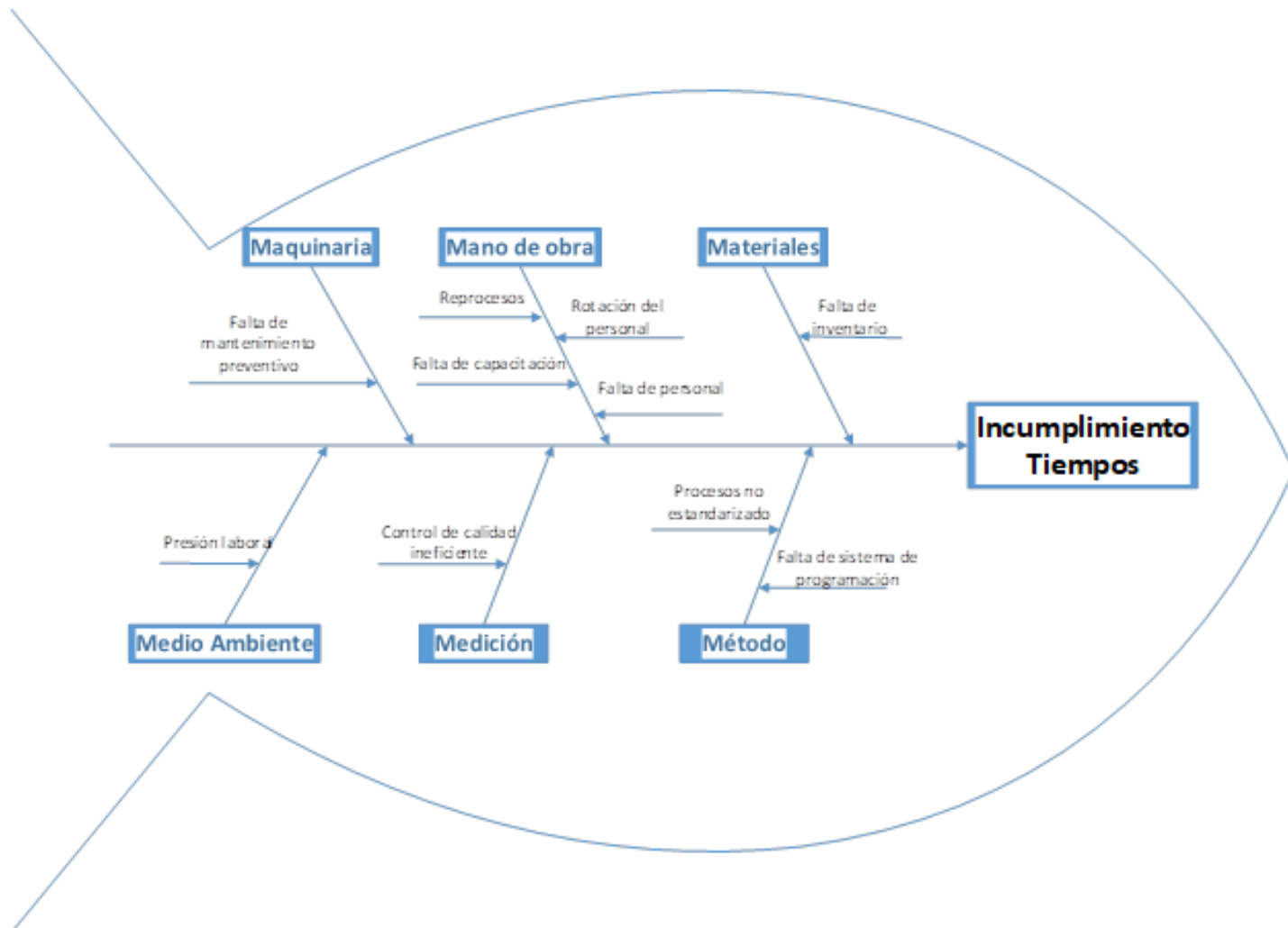
Nota: Sharon Corrales Hernández

El resultado del análisis conlleva a reconocer que la empresa como tal es incapaz de cumplir con la demanda con el personal actual como ya se mencionó con anterioridad además de que no poseen un sistema de programación de la producción así como tampoco llevan registro de ningún tipo referente a capacidades, tiempos y avances de producción como arroja el último cuestionamiento a su vez se logró evidenciar en la Tabla 12 la capacidad actual de la empresa y cómo esta es limitada por el cuello de botella identificado.

Diagrama de Ishikawa

A parte del análisis de los 5 ¿por qué? se realiza un análisis más profundo con ayuda del diagrama de Ishikawa dicho diagrama se presenta a continuación en la Figura 48.

Figura 48 Diagrama Ishikawa



Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se pudo observar en el diagrama anterior se enfoca en cada una de las 6M buscando obtener un análisis más detallado en cada una de las mismas con estas causas se procede a realizar el diagrama de Klee y posteriormente un diagrama de Pareto que permita identificar las causas a las cuales se les debe dar un enfoque principal. Además se observa que una de las 6M presente mayores causas la cual es la mano de obra.

Diagrama de Klee

Como se mencionó anteriormente con base en el diagrama Ishikawa se procede a realizar un diagrama de Klee o matriz de priorización que se presenta en la Figura 49 con el objetivo de conocer cuáles son los aspectos más relevantes y en cuáles enfocarse.

Figura 49 Diagrama de Klee

Nota Empresa	75	25	25	75	50	25	75	25	50	50	Sumatoria	Peso
Nota Grupal	50	25	25	25	75	25	75	50	75	50		
Áreas	Falta de sistema de programación	Falta de capacitación	Proceso no estandarizado	Falta de inventario	Mantenimiento preventivo	Presión laboral	Reprocesos	Falta de personal	Rotación de personal	Control de calidad ineficiente		
Falta de sistema de programación		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	1	0,5	6,5	0,1818
Falta de capacitación	0,25		0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	3,5	0,0979
Proceso no estandarizado	0,5	0,5		0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	0,25	5	0,1399
Falta de inventario	0,25	0,75	0,5		0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	0,25	5	0,1399
Mantenimiento preventivo	0,25	0,75	0,5	0,5		0,75	0,25	0,75	0,5	0,25	3,75	0,1049
Presión laboral	0,25	0,5	0,25	0,75	0,25		0,25	0,5	0,5	0,25	3,5	0,0979
Reprocesos	0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75		0,75	0,5	0,5	5,25	0,1469
Falta de personal	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25		0,5	0,5	3,25	0,0909
Rotación de personal	0	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	2,5	0,0699
Control de calidad ineficiente	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5		5,75	0,1608
Total	2,75	5,5	4,25	4,5	5,25	6	3,75	5,75	5	3,25	35,75	1

Nota: Sharon Corrales Hernández

Una vez realizada la matriz anterior se procederá a la elaboración del diagrama de Pareto con el fin de obtener las principales causas.

Diagrama de Pareto

A continuación en la Tabla 29 se presenta los resultados obtenidos del diagrama de Klee para la realización del diagrama de Pareto.

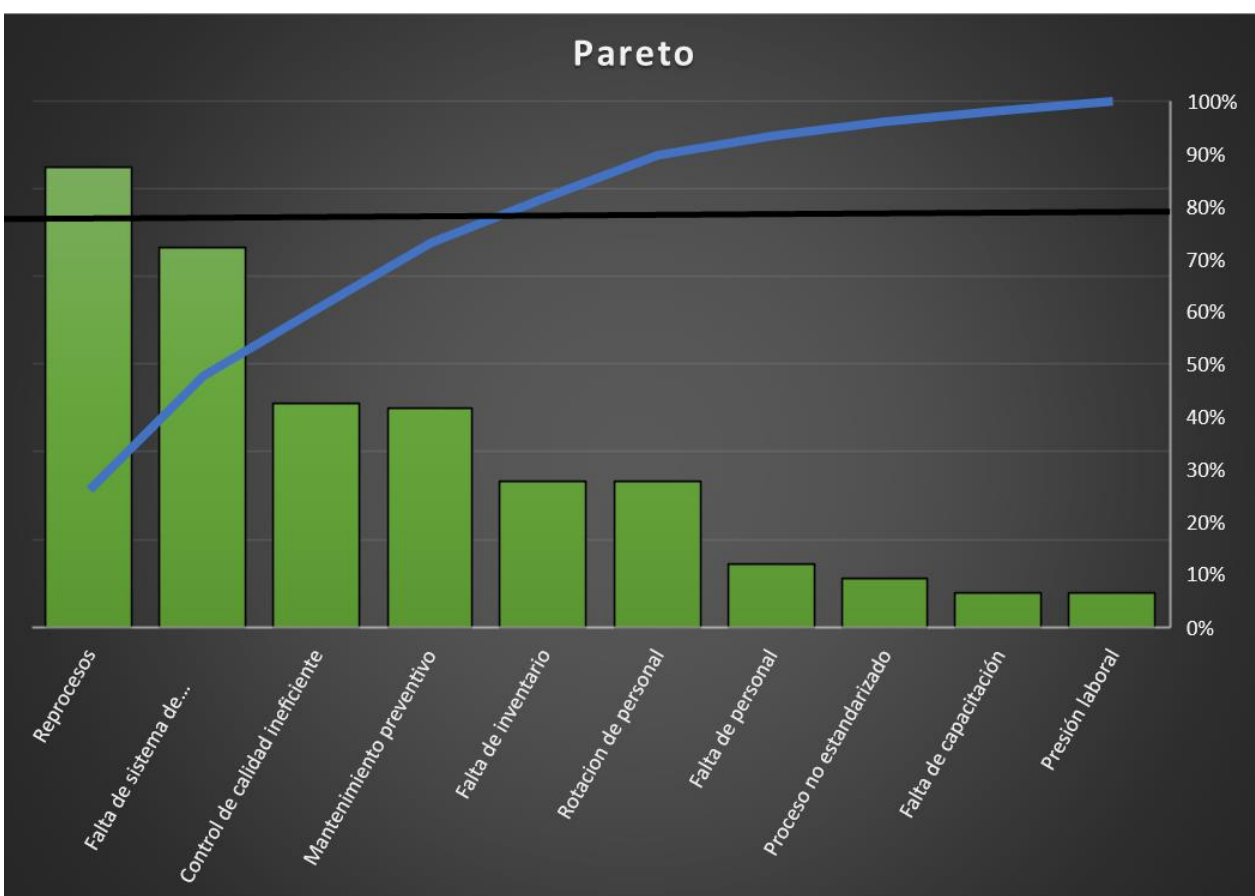
Tabla 29 Datos Pareto

Áreas	Resultado	% Relativo	% Acumulado
Reprocesos	826	26,21	26,21
Falta de sistema de programación	682	21,64	47,85
Control de calidad ineficiente	402	12,76	60,61
Mantenimiento preventivo	393	12,48	73,09
Falta de inventario	262	8,32	81,41
Rotación de personal	262	8,32	89,74
Falta de personal	114	3,61	93,34
Proceso no estandarizado	87	2,77	96,12
Falta de capacitación	61	1,94	98,06
Presión laboral	61	1,94	100,00
Total	3151	100,00	

Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se puede observar en la tabla anterior el 80% está compuesto por las siguientes causas reprocesos, falta de un sistema de programación, control de calidad ineficiente, la falta de mantenimiento preventivo y falta de inventario en la Figura 50 se puede visualizar el diagrama de Pareto.

Figura 50 Diagrama de Pareto



Nota: Sharon Corrales Hernández

Mediante el gráfico anterior se pueden observar las causas principales que corresponden a los reprocesos, la falta de un sistema de programación, el control de calidad ineficiente, la falta de mantenimiento preventivo y la falta de inventario.

La empresa y sus colaboradores mencionan que dichas causas no son ajenas y son conscientes de sus repercusiones en un nivel general ya que los reprocesos conllevan a un atraso y consumen tiempo que debería ser utilizado en la elaboración de maquinaria y no en la corrección de errores

además dichos reprocesos conllevan traslados que consumen tiempo y recursos como por ejemplo la utilización del montacargas.

Al no poseer un sistema de programación la empresa no planifica correctamente lo que conlleva a lo mencionado en el apartado de las mediciones de las consecuencias a un aumento de planilla y de horas extras que son un gasto significativo, esto a su vez agotan y presionan al trabajador para intentar cumplir con los tiempos pactados al cliente.

Con lo que respecta al control de calidad ineficiente este se refleja en que el jefe de planta no es capaz de revisar los avances en la maquinaria y esto conlleva a que los errores se notan a un nivel avanzado de la maquinaria de igual forma reflejándose en reprocesos a un nivel más sensible incluso siendo consciente de ello en el área de pintura siendo esta la última área en la cual la maquinaria es ingresada antes de las pruebas finales.

La falta de mantenimiento preventivo conlleva a fallas y paros de la maquinaria a utilizar ya que la empresa realiza mantenimiento una vez al año a las máquinas y equipo utilizados realizando un mantenimiento correctivo general pero conlleva a tener que seguir realizando este tipo de mantenimiento durante la jornada laboral el cual detiene la elaboración de la maquinaria generando demoras y esperas.

Con lo que respecta al inventario como ya se mencionó con anterioridad la empresa no tiene un control de inventarios por lo cual han tenido que esperar por material generando atrasos en la producción.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante los datos e información obtenida en el capítulo anterior durante la descripción del problema así como la medición de las consecuencias y el análisis de las causas se procede al planteamiento de las conclusiones pertinentes gracias a los resultados generados además de las respectivas recomendaciones que permitan la mejora del área de producción en cuestión de la empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A.

Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas del análisis realizado en el capítulo anterior.

- Se describió que la empresa no posee información digitalizada.
- Se estableció que la empresa no posee sistema de inventarios.
- Se estableció que la empresa no posee un modelo estadístico para la creación de pronósticos. La producción se contempla según el criterio del departamento de ventas.
- Se estableció que la empresa no posee un sistema de programación, en consecuencia el ingeniero programa según su criterio de prioridad.
- Se demostró atrasos en las fechas de entrega pactadas generando un 38% de incumplimiento.
- Se determinó el cuello de botella en el área de propela y en consecuencia la empresa es capaz de fabricar 3 ventiladores por semana.
- Se establecieron tiempos improductivos y traslados innecesarios generando un tiempo de 57 minutos y 28 minutos (00:57:28).
- Se determinaron porcentajes de reprocesos en el área de corte para un 25% y en soldadura de un 36%.
- Se estableció una pérdida por reprocesos en corte de ¢ 28 574 532.
- Se determinó que desde julio hasta diciembre son los meses con más aumento de rotación del personal llegando a pasar de 55 a 74 trabajadores del 2020 al 2021.
- Se estableció que un 40% del monto de la planilla corresponde a horas extras con un monto de ¢ 68 356 664, 60.

- Se determinó que la empresa no posee un control de inventarios. Esto genera problemas en el control del material por proyecto.
- Por su parte se concluye que la empresa tampoco cuenta con un control de calidad en consecuencia se generan reprocesos.

Recomendaciones

Tomando en cuentas las conclusiones anteriores se plantean las recomendaciones necesarias.

- Se recomienda la implementación de un modelo de pronósticos, que permitan contar con una proyección acertada, generando una relación entre lo proyectado y lo producido. Esto permitirá contar con piezas en stock que agilizaría la producción.
- Se recomienda la propuesta de programación que permita cumplir con los tiempos de entrega establecidos.
- Se recomienda el uso de indicadores que permita evaluar el cumplimiento de los proyectos y a su vez determinar el origen del atraso en la entrega.
- Se recomienda determinar la capacidad de operarios necesarios para el cumplimiento del proyecto, considerando los meses con mayor demanda.
- Se recomienda la implementación de un control de inventarios, esto permitirá conocer los materiales disponibles para cada proceso y llevar un registro con la utilización del MRP.
- Se recomienda implementar un control de calidad en las partes determinantes del proceso con el fin de evitar traslados innecesarios de la maquinaria.
- Se recomienda la recolección de información, ya que en la empresa no existen registros digitales.
- Se recomienda la utilización de indicadores para evaluar los aspectos relevantes del proceso, esto con la implementación de dashboards.
- Se recomienda la implementación de las capacitaciones necesarias y correspondientes al personal de planta y administrativo. En conjunto con esta recomendación se debe realizar una curva de aprendizaje.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

En el siguiente capítulo se definirá la propuesta de diseño del sistema de programación y control de la producción en la empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A. y la determinación de los indicadores correspondientes que permitan el control del diseño propuesto, con lo cual se podrá evaluar el proceso además de brindar una solución al problema mencionado y a la situación actual analizada anteriormente en los capítulos correspondientes.

Propuesta

Con base en las recomendaciones se plantea la siguiente propuesta conformada con el fin de mejorar la situación actual.

Mejora en los tiempos de desplazamientos

Durante las observaciones y toma de los tiempos improductivos determinados en la Tabla 14 se observó una oportunidad de mejora al reducir los desplazamientos pasando de 22 a 4 siendo 2 de ida y 2 de regreso.

Esto se plantea de manera que durante el primer desplazamiento el operario realice el corte, moldeado y demás tareas respectivas de cada pieza y en el segundo desplazamiento de ida se le dé forma a las partes denominadas transiciones. Con esto en mente se determine los tiempos de desplazamientos en la Tabla 30.

Tabla 30 Tiempos desplazamiento mejora

Desplazamientos Ensamble	
Ida	Regreso
00:03:34	00:03:13
00:02:05	00:02:11
00:05:39	00:05:24

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se puede observar que en total con la mejora se obtiene un tiempo de 5 minutos con 39 segundos (00:05:39) y al regreso un tiempo de 5 minutos con 24 segundos (00:05:24) esto da un total de 11 minutos con 3 segundos (00:11:03).

En la Tabla 31 se observa el tiempo que se disminuye y se puede utilizar durante el ensamblaje como tal.

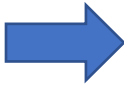
Tabla 31 Tiempos desplazamiento disminución

Desplazamientos Ensamble	
00:29:58	00:27:30
00:05:39	00:05:24
00:24:19	00:22:06

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se tiene una diferencia de 24 minutos con 19 segundos (00:24:19) en el trayecto de ida y una de 22 minutos con 6 segundos (00:22:06) dando un total de 46 minutos con 25 segundos (00:46:25). Lo que genera una diferencia en el tiempo actual como se presenta en la Figura 51.

Figura 51 Ensamble propuesta

Área	Tiempo actual		Área	Tiempo propuesta
Ensamble	07:22:06		Ensamble	06:35:41

Nota: Sharon Corrales Hernández

Este tiempo se puede eliminar del área de ensamblaje pasando de un tiempo de 7 horas con 22 minutos y 6 segundos (07:22:06) a 6 horas con 35 minutos y 41 segundos (06:35:41).

Mejora en reprocesos

De igual forma en la parte de reprocesos se pretende aprovechar una oportunidad de mejora con lo que respecta a los traslado por reprocesos si se implementa un control de calidad mediante la utilización de una hoja de control y verificación se puede disminuir los traslado a solo 6 minutos con 5 segundos (00:06:05) como se observa en la Tabla 32.

Tabla 32 Traslado propuesta

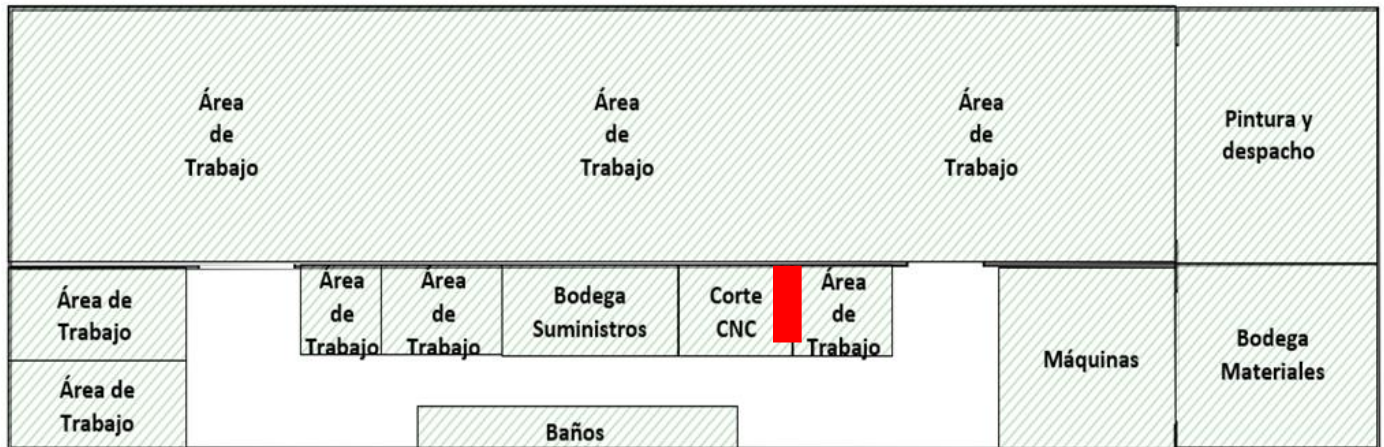
Traslado reproceso
00:02:56
00:03:09
00:06:05

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se contempla el factor humano por lo cual se considera un reproceso en lugar de tres lo que nos arroja el tiempo observado y da una reducción de 11 minutos con 12 segundos (00:11:12).

Con los sobrantes se propone delimitar correctamente y rotular con los intervalos tanto de las medidas como de otras especificaciones de la lámina, en la zona donde actualmente se ubican los sobrantes dicha zona se puede observar en la Figura 52 esta se identifica mediante el rectángulo rojo.

Figura 52 Planta propuesta



Nota: Sharon Corrales Hernández

Con la identificación correcta se puede obtener un tiempo de búsqueda de aproximadamente 4 minutos 41 segundos (00:04:41) si se compara este tiempo con el tiempo mayor que corresponde a 17 minutos con 49 segundos (00:17:49) se da una reducción de 13 minutos con 8 segundos (00:13:08).

Esto se refleja como una reducción del tiempo de corte pasando de 2 horas 44 minutos y 26 segundos (02:44:26) a 2 horas 25 minutos con 52 segundos (02:25:52).

Mejora en el cuello de botella

Se plantea la asignación de un segundo operario en el área cuello de botella, es decir, en el área de elaboración de la propela mediante esta oportunidad de mejora se estaría pasando de 3 ventiladores a 6 ventiladores por semana.

Esto a su vez permite transmitir el conocimiento, ya que actualmente un solo operario es el encargado de la fabricación de las propelas

Horizonte de planeación

Se plantea el prototipo para la determinación del horizonte de planeación el cual se puede determinar para un plazo de 6 meses incluso para tener un control más estricto se puede realizar cada mes o semana. Con la ayuda del horizonte se puede determinar la planeación del MRP y planificar con un control este se observar en la Figura 53.

Figura 53 Horizonte de planeación

	6 MESES						Total
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Semanas laborales	4	4	4	4	4	4	
Unidades por trabajador	12	12	12	12	12	12	72
Demanda	17	14	13	11	8	5	
Trabajadores requeridos	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2
Trabajadores actuales	1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Trabajadores contratados	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Costo de trabajadores contratados	₡ 130 472,64	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	
Trabajadores despedidos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Costo de trabajadores despedidos					\$ -		
Trabajadores utilizados	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Costo de Mano de Obra	₡ 954 000,00	₡ 954 000,00	₡ 954 000,00	₡ 954 000,00	₡ 954 000,00	₡ 954 000,00	
Unidades producidas	24	24	24	24	24	24	
Inventario	7	10	11	13	16	19	
Costo almacenar	₡ 70 000,00	₡ 100 000,00	₡ 110 000,00	₡ 130 000,00	₡ 160 000,00	₡ 190 000,00	₡ 760 000,00
Unidades faltantes	5	2	1				
Costo por faltantes	₡ 881 930,00	₡ 352 772,00	₡ 176 386,00	₡ -	₡ -	₡ -	
Costo Total	₡ 2 036 402,64	₡ 1 406 772,00	₡ 1 240 386,00	₡ 1 084 000,00	₡ 1 114 000,00	₡ 1 144 000,00	₡ 8 025 560,64

Cuadro de Costos		
Produccion Promedio	3	semanal
Trabajadores actuales iniciales	1	trabajadores
Costo de Mano de Obra	₡ 119 250,00	semanal
Costo de contratar	₡ 130 472,64	empleado
Costo de despedir	₡ 430 000,00	empleado
Costo de almacenar	₡ 10 000,00	unidad
Costo de faltantes	₡ 176 386,00	unidad
Horas jornada laboral	53,0	semanal

Nota: Sharon Corrales Hernández

Modelo de pronósticos

Mediante los datos histórico con respecto a la demanda se puede proceder a la utilización de un modelo de pronósticos que proporcione una certeza estadística. Esto se realiza al seleccionar el modelo que mejor se ajuste al negocio y a la demanda de la empresa al seleccionar el modelo que genera menor media del error absoluto en porcentaje o MAPE. Se presenta en la Tabla 33 un resumen de los MAPE generados en los diversos modelos.

Tabla 33 Resumen Pronósticos

Modelo	MAPE
Promedio Movil Simple	47%
Promedio Movil Doble	26%
Promedio Movil Ponderado	43%
Suavizamiento Simple	45%
Suavizamiento Doble	56%
Winters	64%
Regresión lineal	61%

Nota: Sharon Corrales Hernández

Como se puede observar el modelo que arrojó un MAPE menor es el promedio móvil doble por lo tanto este es el modelo que se selecciona para el cálculo de la demanda.

Se presenta el modelo a utilizar con la demanda del año 2021 en la Figura 54.

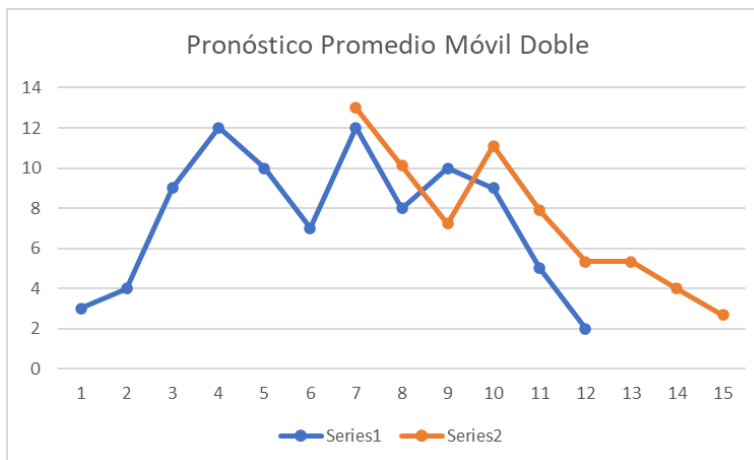
Figura 54 Modelo Promedio Móvil Doble

	Periodo	Demanda	Mt	Mt'	At	Bt	Yt'	et	et %
Demanda 2021	enero	3							
	febrero	4							
	marzo	9							
	abril	12	5						
	mayo	10	8						
	junio	7	10						
	julio	12	10	8	11	2	13	1	8%
	agosto	8	10	9	10	0	10	2	26%
	setiembre	10	9	10	8	-1	7	3	28%
	octubre	9	10	9	11	1	11	2	23%
	noviembre	5	9	10	8	-1	8	3	58%
	diciembre	2	8	9	7	-1	5	3	167%
		enero						5	
	febrero						4		
	marzo						3		
DAM									2
MAPE									26%

Nota: Sharon Corrales Hernández

El modelo genera un gráfico que le permite comparar la demanda que está representada por el color azul y el pronóstico por el color naranja. A continuación se presenta en la Figura 55.

Figura 55 Gráfico pronósticos



Nota: Sharon Corrales Hernández

Plan maestro de producción

Se genera un prototipo en Excel de un plan maestro de producción (PMP) mediante el cual le permita programar la producción considerando la demanda mediante la utilización del modelo de pronósticos mostrado con anterioridad además de poder considerar la capacidad actual y evaluar si con la fuerza laboral y las horas empleadas es capaz de cumplir con la producción y de no ser el caso mediante la ayuda de simuladores evaluar los cambios respectivos a la hora de aumentar personal o recurrir a la utilización de horas extras eso si con un mayor control y evaluando de antemano lo cual es un objetivo primordial de los simuladores, estas acciones permitirán la elaboración de la maquinaria cuando se requiere.

La primera parte del prototipo consta de llenar la información solicitada, es decir, poner los parámetros esto incluye tiempos de fabricación, turnos y sus horarios respectivos así como los descansos también el monto del salario del operario, la capacidad real y teórica así como el costo de la maquinaria. La pantalla de parámetros se presenta en la Figura 56

Figura 56 Parámetros

TABLA DE PARAMETROS																																																																																																																																																														
Maquinaria:					<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">Descansos</td> <td>Mañana</td> <td>15,0</td> <td rowspan="3">1,5</td> </tr> <tr> <td>Medio día</td> <td>60,0</td> </tr> <tr> <td>Tarde</td> <td>15,0</td> </tr> </table>					Descansos	Mañana	15,0	1,5	Medio día	60,0	Tarde	15,0																																																																																																																																													
Descansos	Mañana	15,0	1,5																																																																																																																																																											
	Medio día	60,0																																																																																																																																																												
	Tarde	15,0																																																																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Horario de trabajo:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L-K-J-V</td> <td>Inicio:</td> <td>06:00:00 a. m.</td> <td>Fin:</td> <td>04:30:00 p. m.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>Inicio:</td> <td>06:00:00 a. m.</td> <td>Fin:</td> <td>05:00:00 p. m.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sabado (Extra)</td> <td>Inicio:</td> <td></td> <td>Fin:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Domingo (Extra)</td> <td>Inicio:</td> <td></td> <td>Fin:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Tiempos improductivos</td> <td>Defectos</td> <td>Reprocesos</td> <td>Rotacion Personal</td> <td>Ausentismos</td> <td>Total</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8%</td> <td>8%</td> <td>2%</td> <td>2%</td> <td>20%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Capacidad Teorica de la planta</td> <td>100%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Capacidad Real de la planta</td> <td>100% - 20%</td> <td>80%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Horario de trabajo:										L-K-J-V	Inicio:	06:00:00 a. m.	Fin:	04:30:00 p. m.						M	Inicio:	06:00:00 a. m.	Fin:	05:00:00 p. m.						Sabado (Extra)	Inicio:		Fin:							Domingo (Extra)	Inicio:		Fin:							Tiempos improductivos	Defectos	Reprocesos	Rotacion Personal	Ausentismos	Total					8%	8%	2%	2%	20%					Capacidad Teorica de la planta					100%					Capacidad Real de la planta					100% - 20%	80%				<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Horas total turno L-K-J-V</td> <td>10,5</td> <td>Descanso</td> <td>1,5</td> <td>H Trabaj.</td> <td>9,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>36,0</td> </tr> <tr> <td>Horas total turno M</td> <td>11,0</td> <td>Descanso</td> <td>1,5</td> <td>H Trabaj.</td> <td>9,5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9,5</td> </tr> <tr> <td>Horas total turno S (Extra)</td> <td>0,0</td> <td>Descanso</td> <td>0,0</td> <td>H Trabaj.</td> <td>0,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Horas total turno D (Extra)</td> <td>0,0</td> <td>Descanso</td> <td>0,0</td> <td>H Trabaj.</td> <td>0,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td colspan="9"></td> <td>45,5</td> </tr> </table>															Horas total turno L-K-J-V	10,5	Descanso	1,5	H Trabaj.	9,0				36,0	Horas total turno M	11,0	Descanso	1,5	H Trabaj.	9,5				9,5	Horas total turno S (Extra)	0,0	Descanso	0,0	H Trabaj.	0,0				0,0	Horas total turno D (Extra)	0,0	Descanso	0,0	H Trabaj.	0,0				0,0										45,5
Horario de trabajo:																																																																																																																																																														
L-K-J-V	Inicio:	06:00:00 a. m.	Fin:	04:30:00 p. m.																																																																																																																																																										
M	Inicio:	06:00:00 a. m.	Fin:	05:00:00 p. m.																																																																																																																																																										
Sabado (Extra)	Inicio:		Fin:																																																																																																																																																											
Domingo (Extra)	Inicio:		Fin:																																																																																																																																																											
Tiempos improductivos	Defectos	Reprocesos	Rotacion Personal	Ausentismos	Total																																																																																																																																																									
	8%	8%	2%	2%	20%																																																																																																																																																									
Capacidad Teorica de la planta					100%																																																																																																																																																									
Capacidad Real de la planta					100% - 20%	80%																																																																																																																																																								
Horas total turno L-K-J-V	10,5	Descanso	1,5	H Trabaj.	9,0				36,0																																																																																																																																																					
Horas total turno M	11,0	Descanso	1,5	H Trabaj.	9,5				9,5																																																																																																																																																					
Horas total turno S (Extra)	0,0	Descanso	0,0	H Trabaj.	0,0				0,0																																																																																																																																																					
Horas total turno D (Extra)	0,0	Descanso	0,0	H Trabaj.	0,0				0,0																																																																																																																																																					
									45,5																																																																																																																																																					
<table border="1"> <tr> <td>Salario Anterior</td> <td>2021</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Salario Anterior	2021			<table border="1"> <tr> <td>Salario 2022</td> <td>2022</td> <td>Prestaciones</td> <td>Salario+Prest</td> </tr> <tr> <td>Incremento: 0,0%</td> <td>€432 000,00</td> <td>51%</td> <td>€ 652 363,20</td> </tr> </table>					Salario 2022	2022	Prestaciones	Salario+Prest	Incremento: 0,0%	€432 000,00	51%	€ 652 363,20																																																																																																																																									
Salario Anterior	2021																																																																																																																																																													
Salario 2022	2022	Prestaciones	Salario+Prest																																																																																																																																																											
Incremento: 0,0%	€432 000,00	51%	€ 652 363,20																																																																																																																																																											
<table border="1"> <tr> <th colspan="5">COSTO DE LA MANO DE OBRA DIRECTA</th> </tr> <tr> <th>N° Oper.</th> <th>Costo Empr.</th> <th>Costo Día</th> <th>Costo Hora</th> <th>Costo Minuto</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>€ 652 363,20</td> <td>€ 21 745,44</td> <td>€ 2 718,18</td> <td>€ 45,30</td> </tr> </table>					COSTO DE LA MANO DE OBRA DIRECTA					N° Oper.	Costo Empr.	Costo Día	Costo Hora	Costo Minuto	1	€ 652 363,20	€ 21 745,44	€ 2 718,18	€ 45,30	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">TIEMPO EN MINUTOS (USP) POR UNIDAD</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> <tr> <td>T/min/Und</td> <td>728,98</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					TIEMPO EN MINUTOS (USP) POR UNIDAD							1	2	3	4	5	T/min/Und	728,98																																																																																																																								
COSTO DE LA MANO DE OBRA DIRECTA																																																																																																																																																														
N° Oper.	Costo Empr.	Costo Día	Costo Hora	Costo Minuto																																																																																																																																																										
1	€ 652 363,20	€ 21 745,44	€ 2 718,18	€ 45,30																																																																																																																																																										
TIEMPO EN MINUTOS (USP) POR UNIDAD																																																																																																																																																														
	1	2	3	4	5																																																																																																																																																									
T/min/Und	728,98																																																																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <th colspan="6">COSTO PRODUCTO</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> <tr> <td>Costo Und</td> <td>€ 580 434,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					COSTO PRODUCTO							1	2	3	4	5	Costo Und	€ 580 434,00					<table border="1"> <tr> <th>Áreas</th> <th>HOMBRES</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>1</td> </tr> </table>					Áreas	HOMBRES											Total	1																																																																																																																					
COSTO PRODUCTO																																																																																																																																																														
	1	2	3	4	5																																																																																																																																																									
Costo Und	€ 580 434,00																																																																																																																																																													
Áreas	HOMBRES																																																																																																																																																													
Total	1																																																																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <td>Total puestos de trabajo</td> <td>1</td> </tr> </table>					Total puestos de trabajo	1																																																																																																																																																								
Total puestos de trabajo	1																																																																																																																																																													

Nota: Sharon Corrales Hernández

Posteriormente se tiene un calendario que contempla la capacidad teórica al 100% este calendario permite identificar los días laborales así como de ser necesario fines de semana y festivos en los cuales se tenga programado trabajar. Este apartado obtiene información de la tabla de parámetros mediante esa información se calcula el número de operarios. Se presenta en la Figura 57.

Figura 57 Capacidad teórica

CAPACIDAD DE PLANTA TEORICA AL 100%																																			
Julio			100%			Agosto			100%			Septiembre			100%			Octubre			100%			Noviembre			100%			Diciembre			100%		
Día	Op	min/día	Día	Op	min/día	Día	Op	min/día	Día	Op	min/día	Día	Op	min/día	Día	Op	min/día	Día	Op	min/día	Día	Op	min/día	Día	Op	min/día	Día	Op	min/día						
1	1	540	1	1	540	1	1	540	1		0	1	1	540	1	1	540	1	1	540	1	1	540	1	1	540	1	1	540						
2		0	2	1	540	2	1	540	2		0	2	1	570	2	1	540	2	1	540	2	1	540	2	1	540	2	1	540						
3		0	3	1	570	3		0	3	1	540	3	1	540	3	1	540	3	1	540	3		0	3		0	3		0						
4	1	540	4	1	540	4		0	4	1	540	4	1	540	4	1	540	4	1	540	4		0	4		0	4		0						
5	1	540	5	1	540	5	1	540	5	1	570	5	1	570	5		0	5		0	5	1	540	5	1	540	5	1	540						
6	1	570	6		0	6	1	540	6	1	540	6		0	6		0	6		0	6	1	540	6	1	540	6	1	540						
7	1	540	7		0	7	1	570	7	1	540	7	1	540	7	1	540	7	1	540	7	1	570	7	1	570	7	1	570						
23		0	23	1	540	23	1	540	23		0	23	1	570	23	1	540	23	1	540	23	1	540	23	1	540	23	1	540						
24		0	24	1	570	24		0	24	1	540	24	1	540	24	1	540	24	1	540	24		0	24		0	24		0						
25		0	25	1	540	25		0	25	1	540	25	1	540	25	1	540	25	1	540	25	1	540	25		0	25		0						
26	1	540	26	1	540	26	1	540	26	1	570	26		0	26		0	26	1	540	26	1	540	26	1	540	26	1	540						
27	1	570	27		0	27	1	540	27	1	540	27		0	27		0	27	1	540	27	1	570	27	1	570	27	1	570						
28	1	540	28		0	28	1	570	28	1	540	28	1	540	28	1	540	28	1	540	28	1	570	28	1	570	28	1	570						
29	1	540	29	1	540	29	1	540	29	1	540	29		0	29	1	540	29	1	540	29	1	540	29	1	540	29	1	540						
30		0	30	1	540	30	1	540	30		0	30	1	570	30	1	540	30	1	540	30	1	570	30	1	570	30	1	570						
31		0	31	1	570				31	1	540				31						31						31		0						
Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes					
10 920,0			12 030,0			11 460,0			11 460,0			12 030,0			12 000,0			12 000,0			12 000,0			12 000,0			12 000,0			12 000,0					

■	Festivos
■	Sabado
■	Domingo
■	Miércoles

Nota: Sharon Corrales Hernández

Este genera un resumen con los minutos de producción en cada mes y el total semestral se presenta a continuación en la Figura 58.

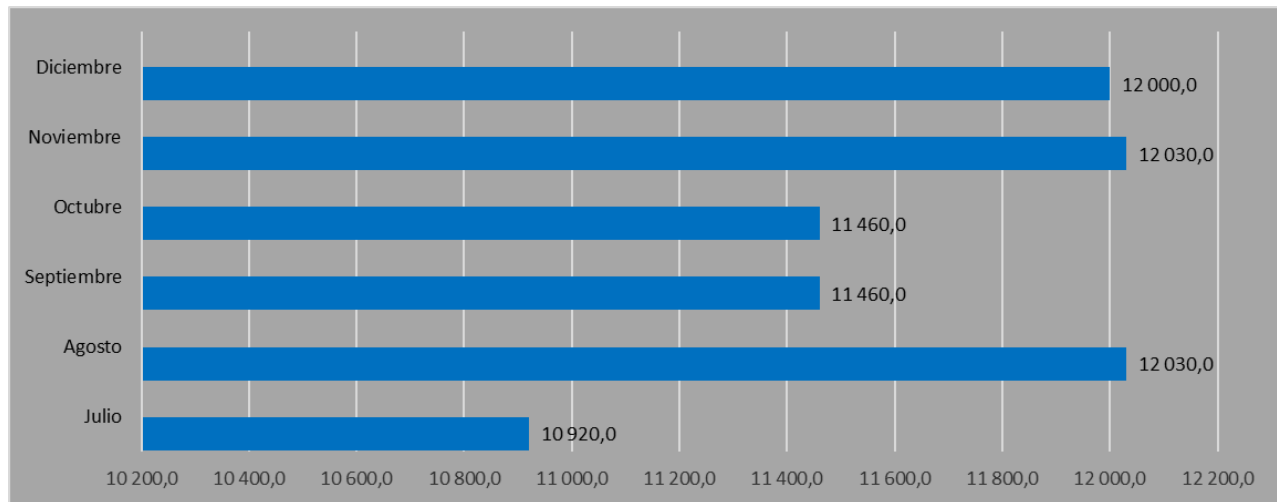
Figura 58 Resumen capacidad teórica

RESUMEN CAPACIDAD TEORICA								
Concepto	Minutos	SEM-1	SEM-2	SEM-3	SEM-4	SEM-5	SEM-6	TOTAL
Julio	10 920,0							10 920
Agosto	12 030,0							12 030
Septiembre	11 460,0							11 460
Octubre	11 460,0							11 460
Noviembre	12 030,0							12 030
Diciembre	12 000,0							12 000
Semestre	69 900,0	0	0	0	0	0	0	69 900

Nota: Sharon Corrales Hernández

De igual forma con la información arroja se genera un gráfico para comparar los minutos de la capacidad teórica en cada mes este se observa en la Figura 59.

Figura 59 Gráfico capacidad teórica



Nota: Sharon Corrales Hernández

Posteriormente se genera una hoja exactamente igual al aparatado de la capacidad teórica pero en este caso procede a utilizar el porcentaje determinado para el cálculo de la capacidad real el cual se extrae de los parámetros, esto se observa en la Figura 60.

Figura 60 Capacidad real

CAPACIDAD DE PLANTA REAL																	
Julio			80% Agosto			80% Septiemb			80% Octubre			80% Noviembre			80% Diciembre		
Dia	Op	min/día	Dia	Op	min/día	Dia	Op	min/día	Dia	Op	min/día	Dia	Op	min/día	Dia	Op	min/día
1	1	432	1	1	432	1	1	432	1	1	0	1	1	432	1	1	432
2		0	2	1	432	2	1	432	2		0	2	1	456	2	1	432
3		0	3	1	456	3		0	3	1	432	3	1	432	3		0
4	1	432	4	1	432	4		0	4	1	432	4	1	432	4		0
5	1	432	5	1	432	5	1	432	5	1	456	5		0	5	1	432
6	1	456	6		0	6	1	432	6	1	432	6		0	6	1	432
7	1	432	7		0	7	1	456	7	1	432	7	1	432	7	1	456
23		0	23	1	432	23	1	432	23		0	23	1	456	23	1	432
24		0	24	1	456	24		0	24	1	432	24	1	432	24		0
25		0	25	1	432	25		0	25	1	432	25	1	432	25		0
26	1	432	26	1	432	26	1	432	26	1	456	26		0	26	1	432
27	1	456	27		0	27	1	432	27	1	432	27		0	27	1	432
28	1	432	28		0	28	1	456	28	1	432	28	1	432	28	1	456
29	1	432	29	1	432	29	1	432	29		0	29	1	432	29	1	432
30		0	30	1	432	30		0	30	1	456	30	1	456	30	1	432
31		0	31	1	456				31	1	432				31		0
Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes		
8 736,0			9 624,0			9 168,0			9 168,0			9 624,0			9 600,0		

	Festivos
	Sabado
	Domingo

Nota: Sharon Corrales Hernández

De igual forma genera un resumen de la capacidad real y una comparación de la capacidad real y teórica ambos se visualizan en la Figura 61.

Figura 61 Resumen capacidad real

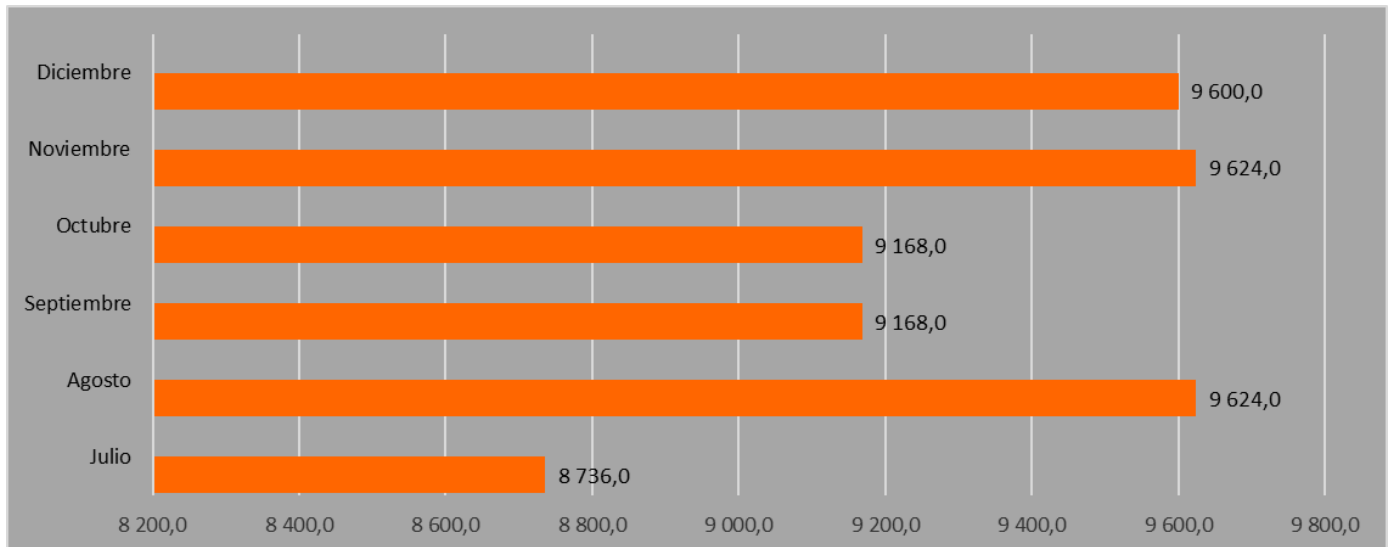
RESUMEN CAPACIDAD TEORICA								
Concepto	Minutos	SEM-1	SEM-2	SEM-3	SEM-4	SEM-5	SEM-6	TOTAL
Julio	8 736,0							8 736
Agosto	9 624,0							9 624
Septiembre	9 168,0							9 168
Octubre	9 168,0							9 168
Noviembre	9 624,0							9 624
Diciembre	9 600,0							9 600
Semestre	55 920,0	0	0	0	0	0	0	55 920

Análisis Improductividad	
Cap. Teórica	69 900,0
Cap. Real	55 920,0
Min/Improd.	-13 980,0
Horas Trab.	-233,0
Turnos Trab. 10,5h	-22,2
Costo Imp.	₺ 633 335,94

Nota: Sharon Corrales Hernández

De igual forma le genera un gráfico comparativo de la capacidad de cada mes en la Figura 62.

Figura 62 Capacidad real



Nota: Sharon Corrales Hernández

Una vez determinado el modelo de pronósticos estos se generan en el siguiente apartado, se extrae la información del modelo de pronósticos para luego proceder con otros posibles pronósticos por petición de la empresa como lo es el sector de ventas, producción, un pedido especial de un cliente y un resumen que toma el total de todos los mencionados anteriormente. Se presenta en la Figura 63.

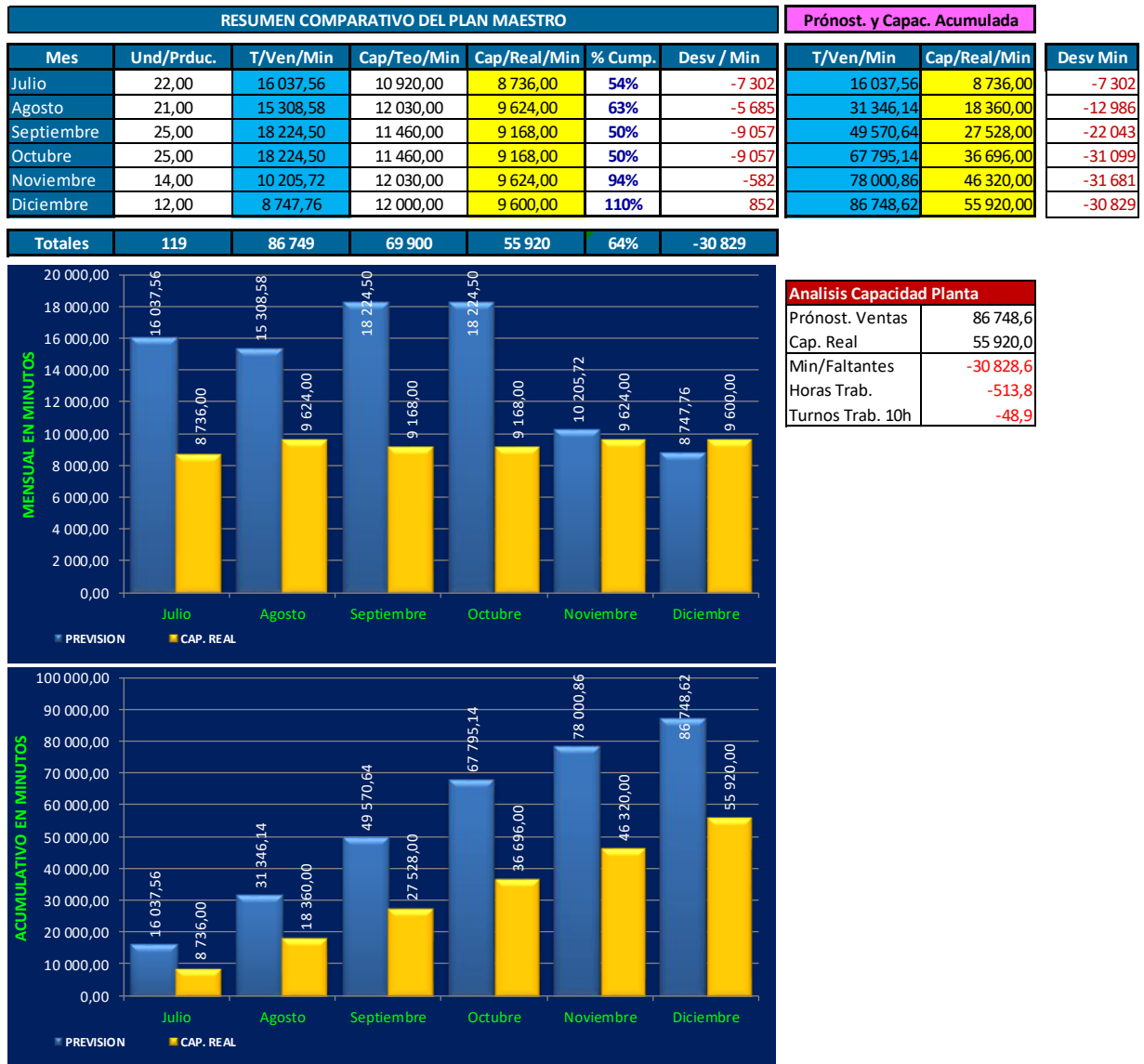
Figura 63 Pronósticos PMP

PRONOSTICO 2022																				
Tipo	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			T/und	T/Min
	mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t			
TOTAL	17	729,0	12 393	14	729,0	10 206	13	729,0	9 477	11	729,0	8 019	8	729,0	5 832	5	729,0	3 645	68	49 571
1		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0	0	0
2		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0	0	0
3		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0	0	0
4		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0	0	0
5	17		12 393	14		10 206	13		9 477	11		8 019	8		5 832	5		3 645	68	49 571
STOCK SOLICITUD VENTAS 2%																				
Tipo	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			T/und	T/Min
	mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t			
1	1	729,0	729	2	729,0	1 458	3	729,0	2 187	4	729,0	2 916	2	729,0	1 458	1	729,0	729	13	9 477
2	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
3	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
4	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
5	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
	1		729	2		1 458	3		2 187	4		2 916	2		1 458	1		729	13	9 477
STOCK SOLICITUD PRODUCCIÓN 0%																				
Tipo	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			T/und	T/Min
	mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t			
1	2	729,0	1 458	2	729,0	1 458	3	729,0	2 187	5	729,0	2	2	729,0	1 458	2	729,0	1 458	16	8 021
2	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
3	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
4	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
5	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
	2		1 458	2		1 458	3		2 187	5		2	2		1 458	2		1 458	16	8 021
PEDIDO ADICIONAL DE UN CLIENTE (Unidades) 0																				
Tipo	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			T/und	T/Min
	mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t			
1	2	729,0	1 458	3	729,0	2 187	6	729,0	4 374	5	729,0	3 645	2	729,0	1 458	4	729,0	2 916	22	16 038
2	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
3	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
4	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
5	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
	2		1 458	3		2 187	6		4 374	5		3 645	2		1 458	4		2 916	22	16 038
TOTAL																				
Tipo	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			T/und	T/Min
	mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t		mi/u	min/t			
1	22	729,0	16 038	21	729,0	15 309	25	729,0	18 225	25	729,0	18 225	14	729,0	10 206	12	729,0	8 748	119	86 749
2	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
3	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
4	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
5	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0
	22		16 038	21		15 309	25		18 225	25		18 225	14		10 206	12		8 748	119	86 749

Nota: Sharon Corrales Hernández

Posteriormente se genera un informe o resumen que permite evaluar cómo está la producción si esta cumple con la demanda y los tiempos determinados utilizando la información de los apartados anteriores, se realizan 2 gráficos distintos que permitan visualizar si se satisface la demanda y los tiempos. El primero es un gráfico de capacidad de cada mes y el segundo lo realiza de la misma forma solo que con capacidad acumulada. Este informe se ve en la Figura 64.

Figura 64 Informe capacidad



Nota: Sharon Corrales Hernández

En dado caso que no se cumpla se utiliza el siguiente apartado para realizar una simulación de capacidad que permita considerar el aumento de operarios o el pago de horas extras. El apartado de la simulación se puede observar en la Figura 65.

Figura 65 Capacidad simulación

CAPACIDAD DE PLANTA SIMULACION																																			
Julio			80%			Agosto			80%			Septiembre			80%			Octubre			80%			Noviembre			80%			Diciembre			80%		
Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia	Dia	Op	min/dia			
1	2	864	1	2	864	1	2	864	1	2	864	1	2	864	1	2	864	1	2	864	1	2	864	1	2	864	1	2	864	1	2	864			
2	1	432	2	2	864	2	2	864	2	2	864	2	2	864	2	2	864	2	2	864	2	2	864	2	2	864	2	2	864	2	2	864			
3		0	3	2	912	3		0	3	2	864	3	2	864	3	2	864	3	2	864	3	2	864	3		0	3		0	3		0			
4	2	864	4	2	864	4		0	4	2	864	4	2	864	4	2	864	4	2	864	4	2	864	4		0	4		0	4		0			
5	2	864	5	2	864	5	2	864	5	2	864	5	2	912	5		0	5		0	5	2	864	5	2	864	5	2	864	5	2	864			
6	2	912	6		0	6	2	864	6	2	864	6	2	864	6	2	864	6		0	6	2	864	6		0	6	2	864	6	2	864			
7	2	864	7		0	7	2	912	7	2	864	7	2	864	7	2	864	7	2	864	7	2	864	7	2	864	7	2	864	7	2	912			
23		0	23	2	864	23	2	864	23		0	23		0	23	2	864	23	2	864	23	2	864	23	2	864	23	2	864	23	2	864			
24		0	24		0	24		0	24	2	864	24	2	864	24	2	864	24	2	864	24	2	864	24		0	24		0	24		0			
25		0	25	2	864	25		0	25	2	864	25	2	864	25	2	864	25	2	864	25	2	864	25		0	25		0	25		0			
26	2	864	26	2	864	26	2	864	26	2	864	26	2	912	26		0	26		0	26	2	864	26	2	864	26	2	864	26	2	864			
27	2	912	27		0	27	2	864	27	2	864	27	2	864	27		0	27		0	27	2	864	27	2	864	27	2	864	27	2	864			
28	2	864	28		0	28	2	912	28	2	864	28	2	864	28	2	864	28	2	864	28	2	864	28	2	864	28	2	864	28	2	912			
29	2	864	29	2	864	29	2	864	29	2	864	29		0	29	2	864	29	2	864	29	2	864	29	2	864	29	2	864	29	2	864			
30		0	30	2	864	30	2	864	30	2	864	30		0	30	2	864	30	2	864	30	2	864	30	2	864	30	2	864	30	2	864			
31		0	31	2	912				31	2	864																								
Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes			Total del Mes																	
16 992,0			20 112,0			18 336,0			18 336,0			19 008,0			19 200,0																				

	Festivos
	Sabado
	Domingo

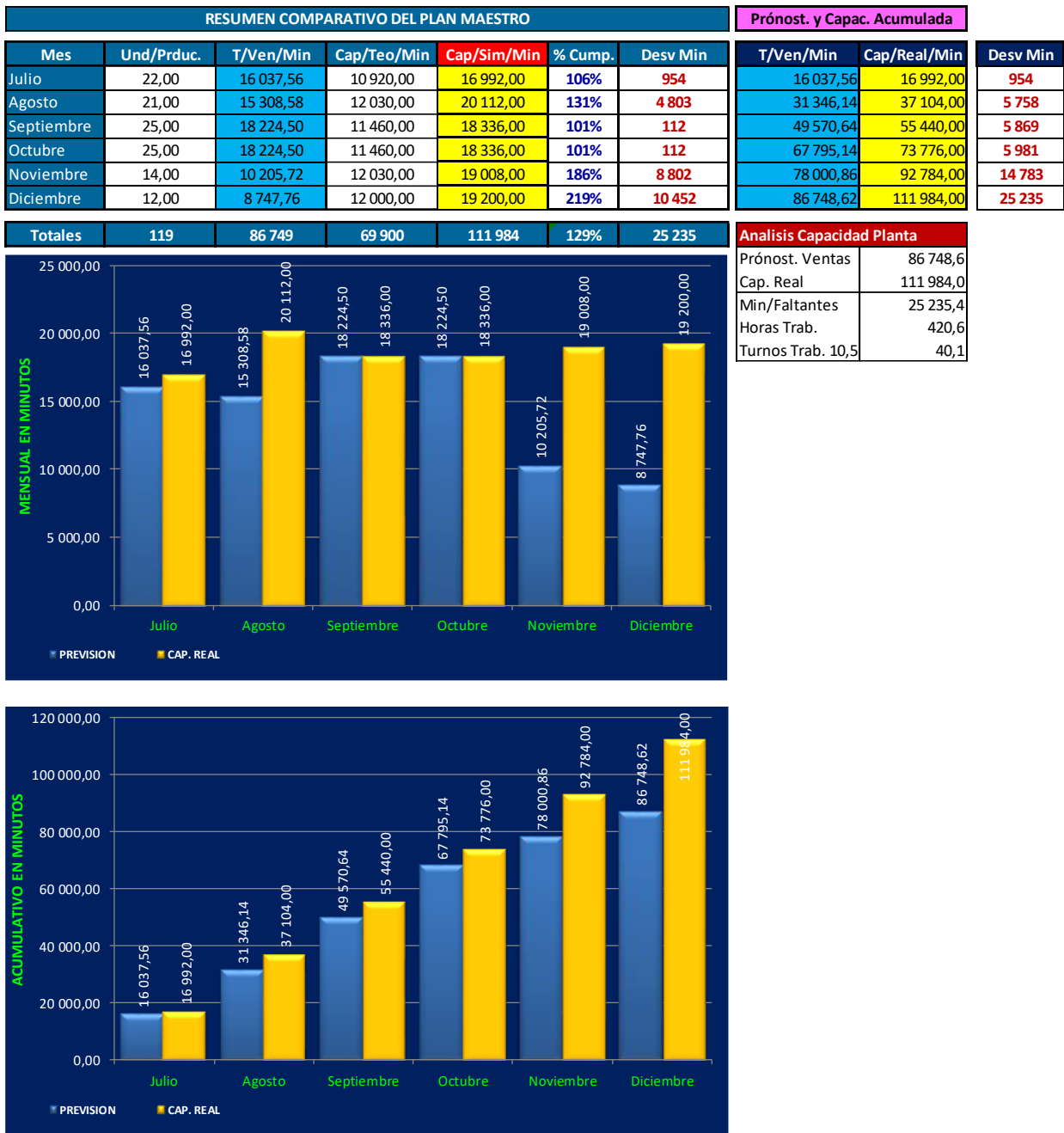
Nota: Sharon Corrales Hernández

Mediante la simulación se genera un informe o resumen igual que el anterior solo que en este caso para poder evaluar la simulación y los resultados arrojados así como visualizar los mismos en los gráficos explicados anteriormente.

De igual forma genera un informe para evaluar si lo planteado en la simulación es correcto y es capaz de responder a la demanda y si por el contrario el informe no arroja los resultados esperados se puede modificar incluso con la evaluación más controlada de las horas extras a su vez le permite la opción de determinar y aumentar los operarios.

El informe genera un resumen de los tiempos productivos actuales y la capacidad simulada, así como el gráfico mensual y acumulativo con los tiempos, de igual forma analiza la capacidad de la planta para determinar los minutos faltantes y cuántos turnos de 10,5 horas son necesarios para cumplir con la producción. Este informe se presenta en la Figura 66.

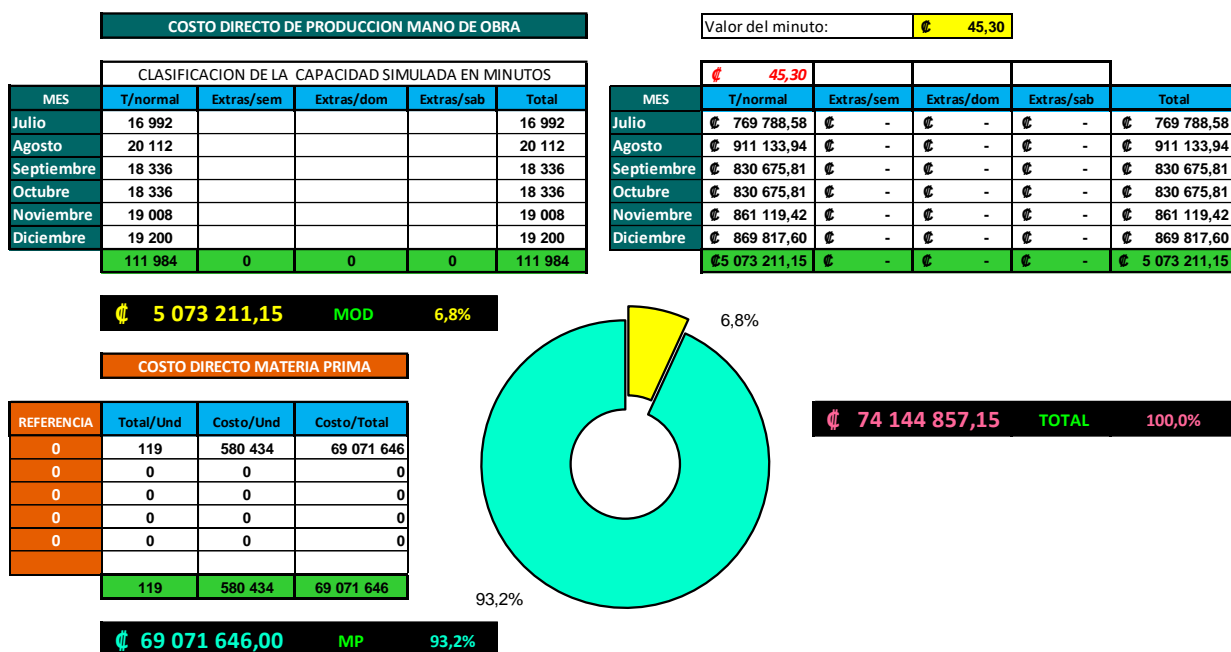
Figura 66 Informe simulación



Nota: Sharon Corrales Hernández

Por último se presenta un apartado mediante el cual se puede realizar el cálculo de los costos de materia prima como de mano de obra así como el monto y costo de las horas extras en las cuales se incurrieron. Este apartado se presenta en la Figura 67.

Figura 67 Costos



Nota: Sharon Corrales Hernández

Presenta los costos directos de mano de obra y de materia prima así como un total, a su vez genera un gráfico para visualizar lo que corresponde a cada monto.

Planificación de requerimientos de material (MRP)

Se elabora una planificación de requerimientos de material o MRP según sus siglas en inglés con el fin como su nombre indica planificar los requerimientos de material y cumplir con las necesidades de la empresa y sus diversos proyectos con el fin de mejorar la producción y la distribución de la maquinaria esto con la ayuda y en función del sistema de inventarios que se planteará más adelante. Este se observa en Figura 68.

Figura 68 MRP-Inventario

SOLICITUD DE MATERIALES MRP				ESTADO DEL INVENTARIO		VERIFICACIÓN	
Cód.	Materia prima	Unidad	Demanda	Prom/Día	Saldo/Inv/Und	Diferencia	Estado
1	Lámina de 1/8" 4 x 8'		10,0		3,0	-7,0	Insuficiente!
2	Lámina de 1/4" 4 x 8'		3,0		5,0	2,0	Cubre
3	Lámina de 1/16" 4 x 8'		9,0		8,0	-1,0	Insuficiente!
4	Lámina de 1/2" 4 x 8'		5,0		7,0	2,0	Cubre
5	Lámina de 1/16" 4 x 8'		10,0		6,0	-4,0	Insuficiente!
6	Lámina de 3/16" 4 x 8'		9,0		9,0	0,0	Cubre
7	Angulo de 3/16 x 1 1/4"		12,0		10,0	-2,0	Insuficiente!
8	Angulo de 3/16 x 1 1/2"		7,0		8,0	1,0	Cubre
9	Platina de 1/4 x 1 1/2"		4,0		3,0	-1,0	Insuficiente!
10	Soldadura de 1/8"		3,0		1,0	-2,0	Insuficiente!
	Tomillos de 3/8 x 1"		0,0		0,0	0,0	
	Tomillos de 7/16 x 1 1/2"		0,0		0,0	0,0	
	Arandelas de presión 3/8"		0,0		0,0	0,0	
	Arandelas de presión 7/16"		0,0		0,0	0,0	
	Arandelas planas 7/16"		0,0		0,0	0,0	
	Pintura minio rojo		0,0		0,0	0,0	
	Pintura aluminio		0,0		0,0	0,0	
	Placa ovalada		0,0		0,0	0,0	
	Placa flecha de giro		0,0		0,0	0,0	
	Cordon de albesto		0,0		0,0	0,0	
	Barra calibrada de 3 1/2"		0,0		0,0	0,0	
	Prisioneros 3/8 x 1 1/2"		0,0		0,0	0,0	
	Motor de 10 HP de 1750 rpm		0,0		0,0	0,0	
			69		59	-10	

The donut chart displays two segments: a green segment representing 17% and a red segment representing 26%. The remaining 57% of the chart is pink, which corresponds to the 'Insuficiente!' status in the table.

Nota: Sharon Corrales Hernández

También se presenta los requerimientos de los elementos que conforma la estructura en la Figura 69.

Figura 69 MRP

Elemento A								
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Req Bruto		100		60	50		40	55
Inv. Inicial	75	125	25	25	0	0	0	0
Rec. Programadas	50							
Inv. Seguridad						5	5	5
Req Neto		0	0	35	50	5	45	60
Liberacion Orden			35	50	40	55		
Inv. Final	125	25	25	0	0	0	0	0

Elemento B								
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Req Bruto	0	0	485	50	0	490	505	0
Inv. Inicial		40	40	155	105	105	15	110
Rec. Programadas								
Inv. Seguridad							5	5
Req Neto		0	445	0	0	390	495	0
Liberacion Orden		600			400	600		
Inv. Final	40	155	105	105	15	110	110	

Elemento C								
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Req Bruto	0	0	0	70	100	10	90	120
Inv. Inicial			50	50	130	30	20	80
Rec. Programadas								
Inv. Seguridad						5	5	5
Req Neto			0	20	0	0	75	45
Liberacion Orden			150			150		
Inv. Final			50	130	30	20	80	110

Elemento D								
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Req Bruto	0	0	300	0	0	300	300	0
Inv. Inicial	110	110	310	10	10	10	110	10
Rec. Programadas		200						
Inv. Seguridad							5	5
Req Neto			0	0	0	295	195	0
Liberacion Orden				400	200			
Inv. Final	110	310	10	10	10	110	10	10

Resumen MRP								
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0	0	35	50	0	40	55	0
B	0	600	0	0	400	600	0	0
C	0	0	150	0	0	150	150	0
D	0	0	0	400	200	0	0	0

Nota: Sharon Corrales Hernández

Adicional a esto existen dos hojas más que se pueden observar en Apéndice 6 y Apéndice 7.

Inventario

Se plantea un sistema de inventarios en Excel que permita tener un control de las entradas y salidas del material referente a cada proyecto por realizar, este verificará que los materiales se encuentran en bodega para su utilización. En la Figura 71 se puede observar la hoja de inventario.

Figura 71 Inventario




Inventario Bodega SALDO AL 31 OCTUBRE-22						
Código	Descripción	Existencia	Unidad	Precio Unitario	Costo Total	Observacion
	Lámina de 1/8" 4 x 8'				0	
	Lámina de 1/4" 4 x 8'				0	
	Lámina de 1/16" 4 x 8'				0	
	Lámina de 1/2" 4 x 8'				0	
	Lámina de 1/16" 4 x 8'				0	
	Lámina de 3/16" 4 x 8'				0	
	Angulo de 3/16 x 1 1/4"				0	
	Angulo de 3/16 x 1 1/2"				0	
	Platina de 1/4 x 1 1/2"				0	
	Soldadura de 1/8"				0	
	Tomillos de 3/8 x 1"				0	
	Tomillos de 7/16 x 1 1/2"				0	
	Arandelas de presión 3/8"				0	
	Arandelas de presión 7/16"				0	
	Arandelas planas 7/16"				0	
	Pintura minio rojo				0	
	Pintura aluminio				0	
	Placa ovalada				0	
	Placa flecha de giro				0	
	Cordon de albesto				0	
	Barra calibrada de 3 1/2"				0	
	Prisioneros 3/8 x 1 1/2"				0	
	Motor de 10 H P de 1750 rpm				0	


Nota: Sharon Corrales Hernández

De igual forma que se utilizan para materiales se propone el mismo modelo para la solicitud de herramientas y llevar un control de las mismas en la Figura 73.

Figura 73 Solicitud de herramientas



SOLICITUD DE HERRAMIENTAS



FECHA _____ SOLICITA _____

ORDEN _____ PROYECTO _____


NOMBRE HERRAMIENTA	CANTIDAD SOLICITADA	OBSERVACIONES

FIRMA

Nota: Sharon Corrales Hernández

Posteriormente se plantea una hoja para controlar el avance del proceso como tal y este permitirá determinar los porcentajes de cumplimiento de los tiempos tanto a nivel interno al verificar si el proceso avanza según lo planeado como para evaluar el cumplimiento con respecto al tiempo de entrega pactado al cliente. Esta se plantea en la Figura 74

Figura 74 Control proceso

ORDENES Y PEDIDOS		
Orden/Pedido		Fecha actual
DATOS DEL PEDIDO Y CLIENTE		
FECHA/PEDIDO		
FECHA/ENTREGA		
CLIENTE		
DIRECCIÓN ENVÍO		
PAÍS		
VALOR /PED		
PROCESO INTERNO		
PROCESO →	CORTE RECTIFICADO I PROPELA ENSAMBLE RECTIFICADO II SOLDADURA BALANCEO ARMADO PINTURA PRUEBAS	
FECHA →		
ESTADO →	<input type="text"/>	
LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN		
FACTURA	FECHA DESPACHO	
<input type="text"/>	FECHA RECIBIDO	

Nota: Sharon Corrales Hernández

En conjunto con el inventario y las hojas de control se propone marcar las láminas durante el control de calidad al momento del ingreso del material con el fin de disminuir el desperdicio del material y que el encargado de la bodega verifique en conjunto con el operario que el material por salir de bodega sea el correcto y cumpla con las especificaciones para la fabricación de la maquinaria. Considerando que el error humano es un factor que se debe tener presente se determina la pérdida de material reduciendo este a una lámina cada 5 ventiladores. La cantidad de pérdida en esta propuesta se presenta en la Tabla 34.

Tabla 34 Pérdida material propuesta

Lámina dañada	Valor unitario	Total
1	₡ 176 386,00	₡ 176 386,00
16	₡ 176 386,00	₡ 2 822 176,00

Nota: Sharon Corrales Hernández

De igual forma el cálculo anterior se determinó con la producción actual del 2022 para proyectar la diferencia de pérdida económica en la situación actual y la propuesta, esto genera un ahorro aproximado de ¢ 25 732 356,00.

Control de calidad


Con el objetivo de disminuir los reprocesos, traslados y pérdida de tiempos se procede a determinar la siguiente hoja de control de calidad que verificará específicamente si la pieza soldada y la estructura como un todo cumplen con las especificaciones determinadas.

Además se determina que antes del traslado de la estructura al área de pintura para su respectiva limpieza y aplicación de la pintura se evalúe y se dé el visto bueno a la soldadura esto con el objetivo de disminuir los tiempos de traslado por reproceso y las esperas que esto produce en la Figura 75 se visualiza la hoja.

Figura 75 Control de calidad



CONTROL DE CALIDAD



FECHA _____

ORDEN _____

INSPECTOR _____

PROYECTO _____

PIEZA	PROCESO	ESPECIFICACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
		SI	NO	
		SI	NO	
		SI	NO	
		SI	NO	
		SI	NO	
		SI	NO	
		SI	NO	

FIRMA

Nota: Sharon Corrales Hernández

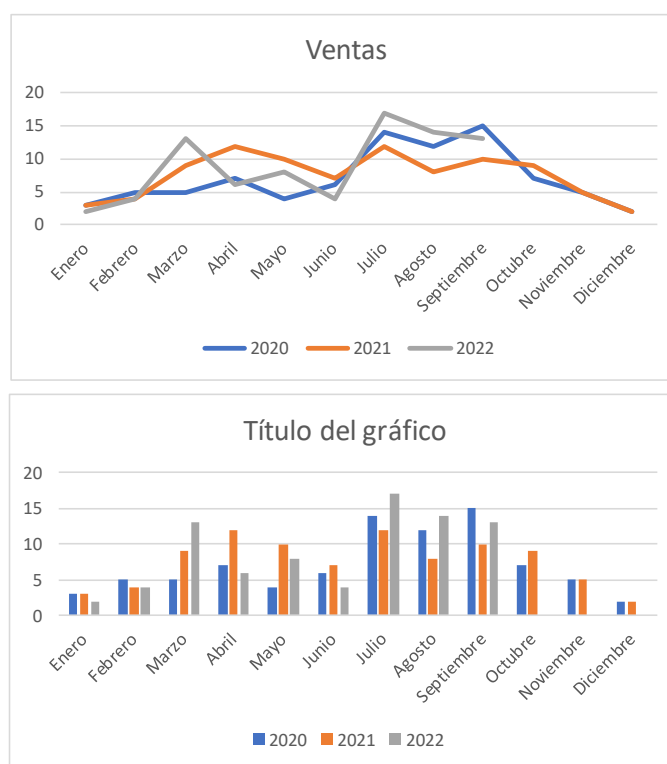
Dashboard

Mediante la utilización de dashboards o tableros de control se pretende dar seguimiento de los procesos y evaluar el cumplimiento de los objetivos planteados por la empresa con ayuda de la herramienta de Microsoft Project.

Se pueden visualizar en la Figura 76 los controles de las ventas para comparar los datos históricos y evaluar cómo está la demanda actual en comparación de años anteriores.

Figura 76 Dashboard ventas

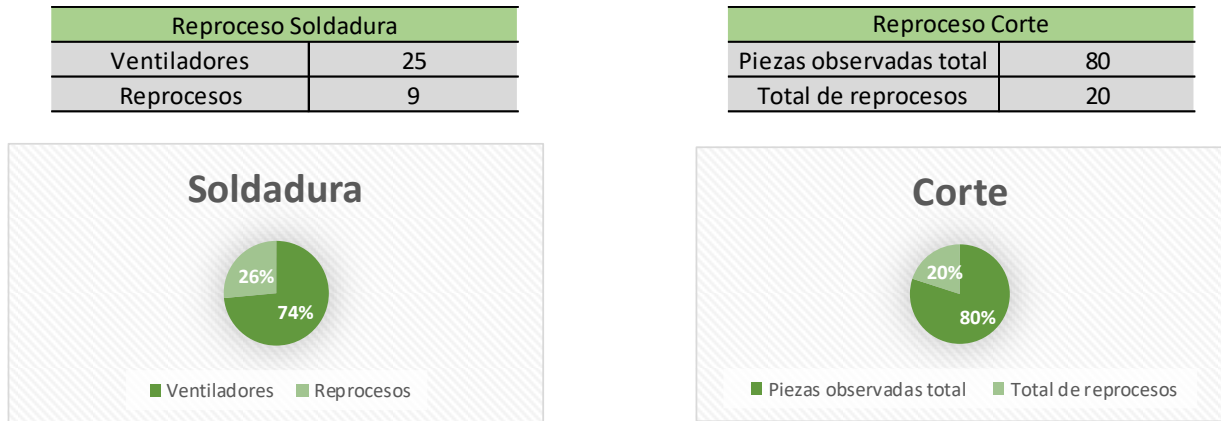
Ventas			
Mes	2020	2021	2022
Enero	3	3	2
Febrero	5	4	4
Marzo	5	9	13
Abril	7	12	6
Mayo	4	10	8
Junio	6	7	4
Julio	14	12	17
Agosto	12	8	14
Septiembre	15	10	13
Octubre	7	9	
Noviembre	5	5	
Diciembre	2	2	
Total	85	91	81
Promedio	7	8	9
Desviación está	4	3	5



Nota: Sharon Corrales Hernández

También se presenta en la Figura 77 el correspondiente control a los reprocesos.

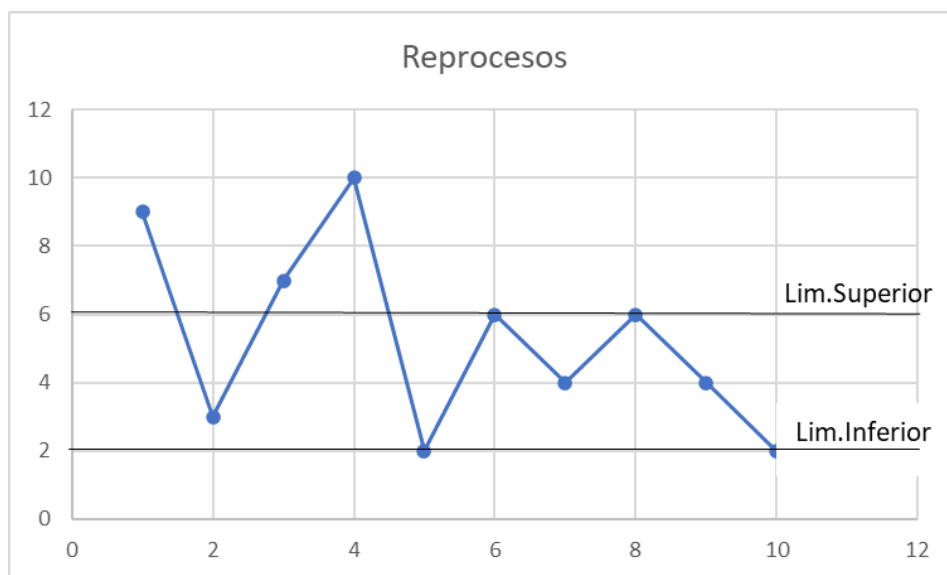
Figura 77 Dashboard reproceso



Nota: Sharon Corrales Hernández

Se diseñó una gráfica de control con el fin de mantener la cantidad de los reprocesos bajo control en la Figura 78 se puede observar la gráfica.

Figura 78 Gráfica de control



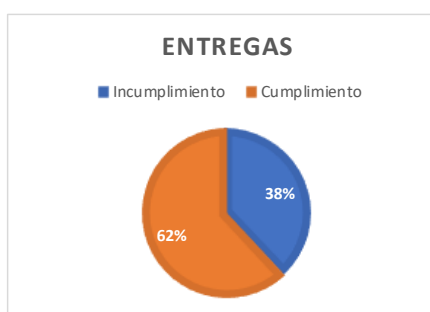
Nota: Sharon Corrales Hernández

También mediante el ingreso de la información de las fechas estipuladas y las verdaderas fechas de entrega para evaluar el cumplimiento en la Figura 79 se presenta el dashboard.

Figura 79 Dashboard cumplimiento

Ventas 2022					
Pais	Cliente	Detalle de Contrato	Fecha Contratado	Fecha de Estipulada	Fecha Real de Entrega
Costa Rica			21/2/2022	21/6/2022	30/6/2022
Costa Rica			6/7/2022	8/7/2022	12/7/2022
Costa Rica			13/1/2022	25/1/2022	29/1/2022
Costa Rica			3/3/2022	18/7/2022	29/7/2022
Costa Rica			28/6/2022	18/7/2022	29/7/2022
Costa Rica			28/6/2022	28/7/2022	8/8/2022
Costa Rica			20/1/2022	24/2/2022	28/2/2022
Costa Rica			24/5/2022	22/8/2022	25/8/2022
Costa Rica			4/8/2022	6/8/2022	6/8/2022
Costa Rica			4/8/2022	6/8/2022	6/8/2022

2022	
Ventas	84
Atrasos	32
Incumplimiento	38%
Cumplimiento	62%



Nota: Sharon Corrales Hernández

Procedimientos bodega

Además de las hojas de control para la salida de herramientas y materiales de bodega mencionadas con anterioridad se elabora unos procedimientos a seguir para el correcto control de bodega a la hora de retirar material y herramientas así como verificar el inventario de la bodega.



PROCEDIMIENTO SOLICITUD MATERIAL DE LA BODEGA

Pedido de Material

A) Se deberá generar el pedido sugerido de acuerdo con las necesidades de existencias de mercancía, previa revisión y autorización.

Archivo de Documentos

- B) Se deberá dejar evidencia de los pedidos efectuados llevando un control, de ser posible mediante número de folio, copia de la remisión o factura, para posibles aclaraciones.

Recibo de Material

- C) El responsable de recibir el material físicamente al proveedor deberá validar la cantidad, calidad, que corresponda a las características solicitadas, así como cotejar vs. la factura para verificar posibles faltantes, sellar y firmar de recibido (nombre, firma y fecha).

Entrada de Material

- D) El responsable de registrar la entrada de material al sistema, tomando en cuenta las especificaciones del producto anexará la orden de compra a la revisión o factura, este reporte deberá llevar la firma del jefe de planta para estar enterado de su ingreso o registro al inventario, enviando copia al departamento de contabilidad para su registro contable y su pago posterior.

Devoluciones de Material

- E) El responsable de hacer la devolución al proveedor de producto con mala calidad o que no cumplan con alguna especificación al momento de estar revisando el material, deberá hacer la aclaración en la remisión o factura el motivo por el cual se está regresando el producto, poniendo la fecha, sello y firma de enterado.

Revisiones Cíclicas

- F) Se deberá realizar revisiones aleatorias del material de bodega durante el mes para llevar un mejor control de los registros y existencias del producto y así poder detectar posibles errores de captura (entradas y salidas).

Resguardo de Material y Salidas de Bodega

- G) Se deberá de tener bien identificada el material requerido para cada proyecto tomando en cuenta las entregas y salidas respectivas de cada material solicitado.
- H) El encargado de bodega es el responsable del estricto cumplimiento de control y registro, supervisando y controlando las entradas y salidas de bodega mediante la orden de salida.
- I) Se efectuará el inventario al cierre de cada mes de todo el material que se encuentra registrado en el sistema de inventarios para poder determinar las posibles diferencias (teórico vs. físico) y esto a su vez determinar las cantidades reales en dinero que se tienen en bodega, este inventario se deberá firmar por el encargado de bodega, jefe de producción y el departamento de contabilidad.

- J) Las diferencias que se determinen en inventarios se hará el cargo correspondiente sobre la persona responsable que resulte.

Destrucción de Material Obsoleto

- K) El encargado de bodega informará al departamento administrativo sobre material dañado u obsoleto.
- L) Departamento administrativo validará el material dañado u obsoleto y procederá a elaborar acta de destrucción de mercancía, la cual deberá ser firmada por bodeguero, jefe de producción y contraloría.
- M) Dependiendo el tipo de mercancía se procederá a su venta como chatarra o desperdicio, la cual deberá ser pesada y cuantificada. Posteriormente se elaborará orden de salida firmando las personas responsables (jefe de producción y contraloría). Una vez hecha la venta el departamento administrativo entregará el efectivo al departamento de tesorería para su depósito.



PROCEDIMIENTO SOLICITUD HERRAMIENTA BODEGA

Toma de Inventario de Herramienta

- N) El departamento Administrativo deberá realizar por lo menos cada trimestre (marzo-junio-septiembre-diciembre), la toma de inventario al personal que tenga bajo su responsabilidad herramienta que es propiedad de la empresa para desarrollar su trabajo.
- O) Dicho inventario deberá reflejar las diferencias y estar debidamente firmado por responsable y personal administrativo que levanto inventario, dejando archivo para cualquier aclaración posterior.
- P) El personal Administrativo que haga la toma de inventario de herramienta, deberá evaluar el estado de conservación de la misma y poder determinar si es necesaria la reposición inmediata.

Formato de Descuento

- Q) Por las diferencias que resulten del inventario, el departamento de administración deberá enviar listado al departamento de compras para que realice las cotizaciones correspondientes y valorizar el faltante a valor de mercado.
- R) El departamento Administrativo deberá elaborar el descuento al trabajador el cual deberá llevar las firmas autorizadas para que proceda dicho descuento.

Porcentaje de Descuento

- S) Se entregará dicho vale al departamento de Recursos Humanos (Nominas) para su descuento.
- T) Recursos humanos determinará el número de pagos a descontar sobre el análisis de capacidad de pago de cada trabajador. En caso de faltantes el % de descuento por aplicar será de acuerdo con la siguiente tabla.

REINCIDENCIA	%
1	25%
2	50%
3	75%
4	100%

Reposición de Herramienta

- U) El departamento administrativo deberá elaborar la orden de requisición de herramienta que resulte faltante en la toma de inventarios. Así como aquella que se encuentre en mal estado, el cual deberá llevar las firmas de autorización correspondientes.
- V) Compras elaborará la orden para la reposición inmediata de herramienta, con la finalidad de no afectar la operación de producción.
- W) El departamento administrativo entregará la herramienta y deberá actualizar el resguardo, recabando firmas correspondientes de las personas involucradas, resguardando el original y entregando una copia al trabajador para que realice las revisiones según considere conveniente.

Baja del trabajador

- X) En caso de baja del personal se deberá realizar inventario para determinar posibles diferencias, una vez detectadas estas diferencias se procederá a realizar el descuento y entregar al departamento de recursos humanos para que se incluya en su finiquito.
- Y) El departamento administrativo entregará la herramienta del personal dado de baja al departamento de almacén para resguardo de la mercancía por el período en que se cubra la vacante, recabando firma de recibido.

Destrucción de Mercancía dañada

- N) Departamento administrativo validará la mercancía dañada y procederá a elaborar acta de destrucción de mercancía, la cual deberá ser firmada por personal involucrado de producción, gerente administrativo, y personal administrativo como testigo.
- O) Dependiendo el tipo de mercancía se procederá a su venta como chatarra o desperdicio, la cual deberá ser pesada y cuantificada.

- P) Se elaborará orden de salida firmando las personas responsables (jefe de planta y departamento de ventas), una vez hecha la venta el departamento administrativo entregará el efectivo al departamento de tesorería para su depósito.



FUNCIONES Y CONTROL PROVEEDURIA (BODEGA)

1. Se asignará un horario de entrega de materiales y herramientas al personal y el encargado de proveeduría estará a tiempo completo.
2. El encargado de proveeduría es responsable de tener el inventario actualizado y mantener un stock de materiales y herramientas que se utilizan en los diferentes departamentos.
3. Cotizará en varios lugares los materiales y herramientas que se necesiten, recibirá mercadería, facturas para su respectivo trámite de pago y creará nuevos créditos.
4. Para la compra de materiales y herramientas necesitará orden de compra la cual se solicitará al Departamento de Cómputo que la elabore y será autorizado por el Contralor en su ausencia será el Auditor.
5. El encargado de proveeduría tendrá un horario de sus funciones donde además de ser responsable del inventario de la proveeduría (bodega) tendrá a cargo la limpieza de la oficina y bodega.
6. El encargado de proveeduría llevará un control de mantenimiento.
7. Para la entrega de materiales o herramientas se deberá presentar al encargado de proveeduría una Orden de Salida donde indique lo solicitado debidamente detallada y firmada por el Gerente del Departamento en los casos de necesitar herramientas además de la Orden dará una ficha por cada herramienta solicitada.
8. En caso de haber prestado una herramienta, estará en la obligación de reintegrarla el mismo día o bien terminado el proyecto al encargado de proveeduría el cual devolverá la ficha, cuando este reintegre el activo y anotará al dorso de la orden de salida la hora y día de entrega.
9. En caso de necesitar algún material o herramienta que no se contemplara en la orden de salida que así considere el operario, se le anotará y consultará posteriormente para remplazar la anterior orden.

10. Se registrará la salida como las entradas de material y herramientas al sistema de inventarios.
11. Los materiales y herramienta son exclusivos de la empresa Maquinaria Industrial JOCA S.A. y personal que laboren para ella para su respectivo uso.

Análisis Económico

Se procede a realizar un análisis económico de la propuesta con los aspectos necesarios para el cumplimiento de la misma y por ende de los objetivos.

Requerimientos

La propuesta requiere de la utilización de los sistemas operativos de Microsoft por lo cual se realiza una comparación de los diversos planes y licencias que Microsoft ofrece seleccionando la que mejor se ajusta a las necesidades de la empresa y la propuesta descrita considerando que el plan actual que posee la empresa cumple con las necesidades no es necesaria la obtención de un nuevo plan.

Además de la contratación de un ingeniero industrial que lleve los aspectos de inspección de calidad, control de inventarios así como la utilización del PMP, MRP y los demás aspectos que se plantean en la propuesta.

Adicional a esto se considera la respectiva capacitación tanto al personal de planta como al personal administrativo tomando en cuenta los nuevos aspectos a comunicar y evaluar más adelante.

Otro aspecto es la compra de un sistema de programación y de igual manera proporcionado por Microsoft denominado Microsoft Project el cual puede funcionar como un complemento con el PMP propuesto.

Costos de la implementación

A continuación, en la Tabla 35 se presentan los costos del estudio realizado que contemplan el tiempo invertido en su elaboración.

Tabla 35 Costos del estudio

Detalle	Costo Unitario	Costo Mensual	Costo Total
Consultor/Analista	¢450 000,00	¢450 000,00	¢1 350 000,00
Ayudantes (externos-2 pers.)	¢125 000,00	¢250 000,00	¢500 000,00
Total			¢1 850 000,00

Nota: Sharon Corrales Hernández

Entiéndase como consultor/analista el tiempo invertido en la realización del proyecto traducido en un pago económico. De igual forma los ayudantes son externos a la empresa y se utilizaron para la toma de diversos tiempos en distintas partes del proceso.

Por otra parte, en la Tabla 36 se contemplan los costos de la inversión como tal.

Tabla 36 Costo de la Inversión

Detalle	Costo Unitario	Costo Mensual	Costo Total
Microsoft Project	¢34 121,59	¢34 121,59	¢409 459,08
Ingeniero Industrial (nuevo)	¢838 194,22	¢838 194,22	¢10 058 330,59
Capacitación planta (49 pers.)	¢2 250,00	¢477 382,50	¢1 432 147,50
Capacitación admin (8 pers.)	¢3 000,00	¢103 920,00	¢311 760,00
Total			¢12 211 697,17

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se capacitará a todo el personal, tanto de planta como administrativo corresponden a 57 trabajadores distribuidos en 49 operarios y 8 administrativos el monto por hora es de ¢ 2 250 y ¢ 3000 respectivamente. Se determina una duración de 3 meses para capacitar al personal de ambas áreas considerando una hora por semana designada para dicho propósito.

Por otra parte, mediante la utilización de un segundo operario en el cuello de botella y la utilización del módulo de simulación para la capacidad se determina que se lograría suplir la demanda sin tener que recurrir al pago de horas extras, la empresa calcula que esto representa un aproximado del 15% de las horas extras del 2021 lo que arroja un ahorro de ¢ 10 253 499,69. También se considera el ahorro en el desperdicio de material que es de ¢ 25 752 356,00 para un total ahorrado de ¢ 36 005 855,69.

Se realiza una comparación del ahorro y la inversión los datos se ven en la Tabla 37.

Tabla 37 Comparación ahorro – inversión

Detalle	
Inversión	₡12 211 697,17
Ahorro	₡36 005 855,69
Ahorro Neto	₡23 794 158,52

Nota: Sharon Corrales Hernández

Considerando la inversión y el ahorro de ambos años se procede a realizar la siguiente Tabla 38 para evaluar el costo – beneficio.

Tabla 38 Costo – Beneficio

Detalle	Total	B/C
Inversión	₡12 211 697,17	1,95
Ahorro Neto	₡23 794 158,52	

Nota: Sharon Corrales Hernández

En relación con la inversión y el ahorro el índice de costo-beneficio arroja un 1,95 por lo cual si el valor es mayor a 1 quiere decir que el proyecto es rentable en este caso da como resultado 1,95, es decir, el proyecto es rentable y significa que por cada colón invertido se genera una ganancia de 0,95 colones.

Con el fin de conocer en cuanto tiempo se recupera la inversión se realiza la siguiente Tabla 39.

Tabla 39 Flujo de retorno inversión

Detalle	Total	Flujo
Inversión	₡12 211 697,17	0,51
Ganancia	₡23 794 158,52	

Nota: Sharon Corrales Hernández

La tabla anterior arroja un valor de 0,51 por lo cual en relación con lo obtenido y lo invertido se recupera prácticamente en el momento.

Plan de Implementación

A continuación, se presenta el plan de implementación de la propuesta la cual se proyecta realizar en un periodo de 12 semanas, es decir 3 meses aproximadamente como se muestra en la Figura 80.

Figura 80 Plan de implementación

Plan de implementación														
Semanas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Actividades	Presentación de la propuesta	■												
	Aprobación de la propuesta	■												
	Horizonte de planeación		■	■										
	Determinación del horizonte de planeación		■	■										
	Prónósticos				■	■								
	Utilización y análisis				■	■								
	PMP						■	■						
	Introducción y capacitación						■	■						
	MRP		■	■										
	Determinación del MRP		■	■										
	Procedimientos	■												
	Comunicación al personal	■												
	Inventario	■	■											
	Introducción y capacitación	■	■											
	Hojas de control	■												
	Introducción y capacitación	■												
	Dashboard	■	■											
	Introducción y capacitación	■	■											
	Seguimiento y evaluación					■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Curva de aprendizaje					■	■	■						
Evaluar cumplimiento de los procedimientos								■	■					
Evaluar resultados										■	■	■		

Nota: Sharon Corrales Hernández

Se puede observar que varias de las actividades pueden comenzar simultáneamente a excepción de las del horizonte de planeación, los pronósticos y el plan maestro de producción (PMP) los cuales depende de la finalización de uno para el comienzo del otro.

Por las demás actividades pueden realizarse en conjunto ya que son actividades relativamente sencillas las cuales requieren de un periodo de implementación corto.

La parte más crítica de la implementación es el seguimiento de la misma ya que se debe trabajar con la resistencia al cambio y asegurarse que los trabajadores cumplan con lo determinado para

así poder evaluar la propuesta y sus respectivos resultados ya que de ser el caso realizar los cambios y mejoras necesarias.

Con el fin de controlar que los tiempos estipulados se cumplan y dar un seguimiento a la propuesta se procede a utilizar la metodología KANBAN que permita visualizar el avance actual con respecto a las actividades por iniciar, las que se encuentran en proceso y las finalizadas a su vez se da el espacio para anotar cualquier observación durante la realización de la actividad en la Figura 81 se puede observar el tablero.

Figura 81 Tablero KANBAN

KANBAN						
Actividad	Inicio	Por hacer	En progreso	Hecho	Finalización	Observaciones
Presentación de la propuesta						
Horizonte de planeación						
Prónosticos						
PMP						
MRP						
Procedimientos						
Inventario						
Hojas de control						
Dashboard						
Seguimiento y evaluación						

Nota: Sharon Corrales Hernández

Esta metodología y la implementación del tablero se complementa con el diagrama de Gantt presentado anteriormente y permitirá gestionar la propuesta de manera que cumpla con lo establecido con anterioridad y de no ser el caso se podrá evidenciar y actuar en consecuencia.

REFERENCIAS

- Alvarado Verdín, V. M. (2014). *Ingeniería economía: nuevo enfoque*. Grupo Editorial Patria.
- Arredondo Ortega, G., Ocampo Jaramillo, K. V., Orejuela Cabrera, J. P., y Rojas Trejos, C. A. (2017). Modelo de planeación y control de la producción a mediano plazo para una industria textil en un ambiente make to order. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 169-193. doi:<https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a9>
- Baca, G. (2015). *Introducción a la ingeniería industrial*. Grupo Editorial Patria.
- Balcazar Medina, D. (2016). *Implementación de un sistema de planeamiento y control de producción: caso empresa packaging productions del Perú*. [Título de Ingeniero Empresarial y de Sistemas, Universidad San Ignacio de Loyola, Perú] <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7e23405e-359a-4b72-a5fb-aad6b7ae0c1f/content>
- Cadena, O. (2018). *Gestión de la calidad y productividad*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Camero y Vargas. (2012). *Planeación, programación y control de la producción en la pyme de confecciones Verney Jiménez E.U en Bogotá*. [Título de Ingeniero Industrial, Universidad Libre, Colombia] <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9041/PROYECTO%20DE%20GRADO%20-%20PLANEACI%C3%92N%2C%20PROGRAMACI%C3%92N%20Y%20CONTROL%20DE%20LA%20PRODUCCI%C3%92N%20EN%20LA%20PYME%20VERNEY%20JIM%C3%88NEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chase, R. B., y Jacobs, F. R. (2014). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. McGraw-Hill.
- Clery Aguirre, A. G. (2009). *Aplicación y uso del sistema Kanban para lograr la eficiencia operativa de una empresa*. El Cid Editor.
- Córdoba Alvarado, M. Á., & González Bustacara, A. M. (2019). *Propuesta de un sistema de planeación, programación y control de la producción para una fábrica de vendas*. [Título

de Ingeniero Industrial, Universidad el Bosque, Colombia]
[https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2520/C%C3%B3rdo
ba_%20Alvarado_Miguel_%20%C3%81ngel_2019%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2520/C%C3%B3rdo%20ba_%20Alvarado_Miguel_%20%C3%81ngel_2019%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cuatrecasas, L. (2012). *ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DIRECCIÓN DE OPERACIONES: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Cuatrecasas, L. (2022). *Manual de organización e ingeniería de la producción y gestión de operaciones*. Profit editorial.

Forero Páez, Y., y Ovalle Castiblanco, A. M. (2013). Análisis de los Sistemas de Programación de la Producción en la Gran Empresa de la la Región Centro Sur de Caldas-Colombia. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 3(10), 91-98.
<https://www.redalyc.org/pdf/2150/215028421010.pdf>

Gillet-Goinard, F., y Seno, B. (2015). *La caja de herramientas: control de calidad*. Grupo Editorial Patria.

González, M. (2006). *Gestión de la producción. Cómo planificar y controlar la producción industrial*. Ideaspropias Editorial.

Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. McGraw Hill.

Gutierrez, H., y de la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill.

Heizer, J., y Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones*. Pearson Education.

Hernández Rodríguez , N. R., Lora Freyre, R. J., Moreno García, R. R., Parra Pérez, K. M., y Fajardo Alcolea, E. (2017). Planificación de la producción industrial con enfoque integrador asistido por las tecnologías de la información. *Retos de la Dirección*, 11(1), 38-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/rdir/v11n1/rdir04117.pdf>

Hernández, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. McGraw-Hill.

Higuita, O. (2009). *Planificación y programación de la producción en una planta prototipo de producción flexible inteligente*.

- Koontz, H., Weihrich, H., y Cannice, M. (2012). *Administración una perspectiva global y empresarial*. McGraw-Hill.
- Madariaga, F. (2013). *Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bubok Publishing.
- Marcelino, M., y Ramírez, D. (2014). *Administración de la calidad: nuevas perspectivas*. Grupo Editorial Patria.
- Meana Coalla, P. (2017). *Gestión de inventarios*. Ediciones Paraninfo S.A.
- Monguet, J. (2013). *Propuesta de Diseño. Guía de Trabajo*. I-cell innovation research
- Ortiz Triana, V. K., y Caicedo Rolón, Á. J. (2014). Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado. *Scientia Et Technica*, 19(4), 377-384. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84933912004>
- Piraino, F. (2020). *El cumplimiento de la obligación*. Uexternado.
- Ponce de León Liceras, F. F. (2016). *Propuesta de implementación de un sistema de planeamiento y control de la producción (PCP) para una empresa del sector gráfico*. [Título de Ingeniero Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Perú] https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621707/PONCE_LF.pdf?sequence=1
- Ramírez Jiménez , C. A., y Espinosa Valencia, Y. A. (2019). *Propuesta e implementación de un modelo de planeación, programación y control de la producción en una empresa fabricante de productos para el sector eléctrico*. [Título de Ingeniero Industrial, Universidad de San Buenaventura Colombia, Colombia] http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/6938/1/Propuesta_Implementacion_Planeacion_Ramirez_2018.pdf
- Real Academia Española (2022). Diccionario de la lengua española, 23.^a ed. <https://dle.rae.es>
- Rodríguez Leiva, L. F. (2021). *Diseño del sistema de programación y control de la producción de rótulos de la empresa Impresiones Amerrique S.A.* [Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica] <https://uia.ac.cr>

- Schroeder, R. G., Meyer, G. S., y Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de operaciones: Conceptos y casos contemporáneos*. McGraw-Hill.
- SCRUMstudy. (2017). *Una guía para el cuerpo de conocimiento de scrum (Guía SBOK)* (Tercera ed.). SCRUMstudy, Ed.
- Sellers, R., y Casado, A. (2013). *Introducción al marketing*. Editorial Club Universitario.
- Silva Rodríguez, J., Díaz Cárdena, C., & Galindo Carabalí, J. (2017). Herramientas cuantitativas para la planeación y programación de la producción: estado del arte . *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 5(18), 99-114.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215052403008>
- Tejada, B. (2007). *Administración de servicios de alimentación: Calidad, nutrición, productividad y beneficios* . Editorial Universidad de Antioquia .

APÉNDICES

Se presentan los datos y hojas complementarias del trabajo de investigación.

Apéndice 1 Tiempos

Área	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desviación	Muestra	Mín	Máx
Corte	02:46:11	02:53:53	03:00:12	02:42:39	02:38:10	02:49:40	02:35:43	02:30:27	02:37:07	02:50:14	02:44:26	00:09:14	06:52:21	02:30:27	03:00:12
Rectificado I	04:29:57	04:45:02	06:19:57	04:53:39	05:23:45	04:59:10	05:36:17	06:09:22	04:48:09	05:51:45	05:19:42	00:36:19	02:57:42	04:29:57	06:19:57
Ensamble	07:30:46	07:14:47	07:37:29	07:21:33	07:06:59	07:19:38	07:32:51	07:19:06	07:25:24	07:12:32	07:22:06	00:09:05	02:35:53	07:06:59	07:37:29
Rectificado II	02:03:56	01:40:41	02:23:03	01:59:38	01:41:47	02:15:14	01:47:30	02:09:41	01:22:04	01:34:47	01:53:50	00:19:12	19:05:30	01:22:04	02:23:03
Limpieza	03:45:03	03:30:39	03:50:13	03:41:28	03:20:16	03:38:11	03:25:45	03:36:08	03:27:31	03:33:45	03:34:54	00:08:45	22:29:11	03:20:16	03:50:13
Soldadura	02:51:38	02:46:55	03:34:11	02:38:19	03:10:22	02:21:44	02:47:09	02:17:41	02:09:37	03:15:02	02:47:16	00:25:36	19:36:55	02:09:37	03:34:11
Pintura	00:16:24	00:15:47	00:17:39	00:16:02	00:15:22	00:14:58	00:17:12	00:15:11	00:15:49	00:14:49	00:15:55	00:00:51	13:21:39	00:14:49	00:17:39
Huequiar	00:06:32	00:05:16	00:05:03	00:05:30	00:06:11	00:05:27	00:06:05	00:05:51	00:06:29	00:05:16	00:05:46	00:00:28	23:58:26	00:05:03	00:06:32
Preparar para Balanceo	00:15:04	00:13:41	00:17:18	00:15:52	00:16:19	00:14:29	00:13:54	00:16:49	00:17:03	00:15:59	00:15:39	00:01:14	12:32:47	00:13:41	00:17:18
Balanceo	00:09:27	00:14:03	00:23:48	00:09:55	00:10:59	00:15:30	00:14:36	00:12:17	00:15:37	00:14:25	00:14:04	00:03:53	02:26:28	00:09:27	00:23:48
Armado	00:24:41	00:24:40	00:26:50	00:23:52	00:24:59	00:26:04	00:23:02	00:21:45	00:21:52	00:25:09	00:24:17	00:01:35	02:45:55	00:21:45	00:26:50
Propeña	12:13:07	12:03:16	12:24:03	11:52:01	12:22:53	11:59:02	12:06:38	12:11:38	12:09:28	12:07:40	12:08:59	00:09:44	08:01:57	11:52:01	12:24:03
Puebas	00:06:53	00:07:06	00:09:06	00:08:50	00:07:22	00:05:47	00:07:47	00:06:14	00:08:26	00:07:54	00:07:32	00:01:02	20:01:41	00:05:47	00:09:06
Tiempo Total	36:59:39	36:15:46	40:48:52	36:29:18	37:05:24	36:44:54	37:14:29	37:32:10	35:24:36	37:49:17	37:14:26	01:21:23	05:01:07	35:24:36	40:48:52

Apéndice 2 Cursograma analítico

Cursograma analítico									
Diagrama Num.	Hoja Num.	Resumen							
	1	Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Objeto: Ventilador		Operación	37	0	0				
		Transporte	22	4	18				
Actividad: Ensamble de la estructura del ventilador		Inspeccion	7	0	0				
		Demora	2	0	0				
		Almacenamiento	0	0	0				
Metodo: Actual / Propuesto		Distancia (m)	1255,48	259,04	996,44				
Lugar: Maquinaria Industrial JOCA S.A		Tiempo (hora-hombre)	07:22:06	06:35:41	00:46:25				
Operario(s): Morris	Ficha Num. 1	Costos:							
Compuesto por: Sharon Corrales Hernández	Fecha: 08/08/2022	Mano de obra							
		Materiales							
		Totales							
Descripcion	Cantidad	Distancia (mts)	Tiempo (min)	●	→	■	■	▼	Observaciones
Limpia "transición I"	1	0	00:03:09						
Limpia "transición II"	1	0	00:02:43						
Limpia "cono"	1	0	00:03:55						
Limpia "lado A"	1	0	00:05:28						
Limpia "lado B"	1	0	00:04:45						
Limpia "mesa I"	1	0	00:04:12						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:03:34						
Mide material	1	0	00:01:59						
Corta angulares	1	0	00:14:29						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:03:13						
Ensambla angulares	1	0	00:35:32						
Coloca "lado B"	1	0	00:02:37						
Coloca "lado A"	1	0	00:05:19						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:02:05						
Mide material	1	0	00:02:47						
Corta flanger	1	0	00:08:37						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:02:11						
Fija piezas	1	0	00:32:08						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:02:28						
Moldeado de pieza	1	0	00:04:38						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:01:45						
Fija molde	1	0	00:02:41						
Traslado por medidas	1	0	00:05:51						
Obtiene medidas	1	0	00:08:24						
Traslado a ensamble	1	0	00:04:45						
Coloca y fija "cono"	1	64,76	00:12:09						
Fija angular	1	0	00:02:11						
Traslado a maquinas	1	12,52	00:01:58						
Mide material	1	0	00:02:39						
Corta material	1	12,52	00:05:00						
Traslado a ensamble	1	0	00:01:23						
Coloca y fija "cilindro"	1	0	00:15:03						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:02:28						
Mide material	1	0	00:02:31						
Corta material	1	0	00:07:56						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:02:39						
Coloca "forro I"	1	0	00:03:00						
Coloca angular	1	0	00:02:58						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:01:41						
Moldea material	1	0	00:06:10						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:02:10						
Fija "lado B" en angular	1	0	00:06:17						
Coloca "forro II"	1	0	00:02:45						
Fija forros	1	0	00:04:24						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:02:42						
Mide material	1	0	00:03:06						
Corta material	1	0	00:04:51						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:02:14						
Alinea piezas	1	0	00:32:02						
Coloca y fija "caracol"	1	0	00:17:48						
Fija "lado A" en angular	1	0	00:03:57						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:02:24						
Mide material	1	0	00:02:49						
Corta material	1	0	00:05:12						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:02:18						
Coloca y fija "corneta"	1	0	00:10:54						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:02:34						
Mide material	1	0	00:02:47						
Corta material	1	0	00:05:17						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:02:09						
Coloca y fija "mesa"	1	0	00:12:50						
Coloca y fija "agarradera"	1	0	00:09:03						
Traslado a maquinas	1	64,76	00:02:13						
Cambio "dado"	1	0	00:15:47						
Pliega material	1	0	00:15:31						
Traslado a ensamble	1	64,76	00:02:43						
Coloca "transiciones"	1	0	00:22:57						
Coloca y fija vigas	1	0	00:03:21						
Total	68	1255,48	07:22:06	37	22	7	2	0	

Apéndice 3 Planilla

MAQUINARIA INDUSTRIAL JOCA, S.A.									
PERIODO 2020 - 2021									
NOMBRE Y APELLIDOS DEL TRABAJADOR									
NACIDO : 02 DICIEMBRE 1970		SEXO: MASCULINO		NACIONALIDAD:		ESTADO CIVIL: CASADO			
DIRECCION:									
TEL:		CEL:		RESIDENCIA:		N. SEGURO SOCIAL:			
ENTRO A TRABAJAR: 01 JULIO 2017					E-MAIL:				
OBSERVACIONES:									
FECHA DE SALIDA:									
S	PERIODO TRABAJO	DIAS TRABAJADOS	TRABAJO COMPUTADC	SALARIO X HORA	TOTAL GANADO	9,50%	1%	TOTAL DEDUCC	TOTAL PAGADO
9	27 NOV AL 03 DIC	5	48	€2 100,00	€100 800,00	€9 576,00	€1 008,00	€10 584,00	€90 216,00
10	04 AL 10 DIC	5	48	€2 100,00	€100 800,00	€9 576,00	€1 008,00	€10 584,00	€90 216,00
11	11 AL 17 DIC	5	48	€2 100,00	€100 800,00	€9 576,00	€1 008,00	€10 584,00	€90 216,00
12	18 AL 24 DIC	5	47,5	€2 100,00	€99 750,00	€9 476,25	€997,50	€10 473,75	€89 276,25
13	25 AL 31 DIC	5	44,5	€2 100,00	€93 450,00	€8 877,75	€934,50	€9 812,25	€83 637,75
TOTAL DICIEMBRE 2020		25	236		€495 600,00				
14	01 AL 07 ENE	5	48	€2 100,00	€100 800,00	€9 576,00	€1 008,00	€10 584,00	€90 216,00
15	08 AL 14 ENE	5	48	€2 100,00	€100 800,00	€9 576,00	€1 008,00	€10 584,00	€90 216,00
16	15 AL 21 ENE	5	47,5	€2 100,00	€99 750,00	€9 476,25	€997,50	€10 473,75	€89 276,25
17	22 AL 28 ENE	5	48	€2 100,00	€100 800,00	€9 576,00	€1 008,00	€10 584,00	€90 216,00
TOTAL ENERO 2021		20	191,5		€402 150,00				
18	29 ENE AL 04 FEB	5	48	€2 100,00	€100 800,00	€9 576,00	€1 008,00	€10 584,00	€90 216,00
19	05 AL 11 FEB	5	46,5	€2 100,00	€97 650,00	€9 276,75	€976,50	€10 253,25	€87 396,75
20	12 AL 18 FEB	5	48	€2 100,00	€100 800,00	€9 576,00	€1 008,00	€10 584,00	€90 216,00
21	19 AL 25 FEB	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
TOTAL FEBRERO 2021		20	190,5		€402 450,00				
22	26 FEB AL 04 MAR	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
23	05 AL 11 MAR	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
24	12 AL 18 MAR	5	46,5	€2 150,00	€99 975,00	€9 497,63	€999,75	€10 497,38	€89 477,63
25	19 AL 25 MAR	5	46,5	€2 150,00	€99 975,00	€9 497,63	€999,75	€10 497,38	€89 477,63
26	26 MAR AL 01 ABR	5	47,5	€2 150,00	€102 125,00	€9 701,88	€1 021,25	€10 723,13	€91 401,88
TOTAL MARZO 2021		25	236,5		€508 475,00				
27	02 AL 08 ABR	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
28	09 AL 15 ABR	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
29	16 AL 22 ABR	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
30	23 AL 29 ABR	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
TOTAL ABRIL 2021		20	192		€412 800,00				
31	30 ABR AL 06 MAY	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
32	07 AL 13 MAY	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
33	14 AL 20 MAY	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
34	21 AL 27 MAY	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
TOTAL MAYO 2021		20	192		€412 800,00				
35	28 MAY AL 03 JUN	5	48	€2 150,00	€103 200,00	€9 804,00	€1 032,00	€10 836,00	€92 364,00
36	04 AL 10 JUN	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
37	11 AL 17 JUN	5	47,5	€2 200,00	€104 500,00	€9 927,50	€1 045,00	€10 972,50	€93 527,50
38	18 AL 24 JUN	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
39	25 JUN AL 01 JUL	5	47,5	€2 200,00	€104 500,00	€9 927,50	€1 045,00	€10 972,50	€93 527,50
TOTAL JUNIO 2021		25	239		€523 400,00				
40	02 AL 08 JUL	5	44,5	€2 200,00	€97 900,00	€9 300,50	€979,00	€10 279,50	€87 620,50
41	09 AL 15 JUL	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
42	16 AL 22 JUL	5	47	€2 200,00	€103 400,00	€9 823,00	€1 034,00	€10 857,00	€92 543,00
43	23 AL 29 JUL	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
TOTAL JULIO 2021		20	187,5		€412 500,00				
44	30 JUL AL 05 AGO	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
45	06 AL 12 AGO	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
46	13 AL 19 AGO	5	43	€2 200,00	€94 600,00	€8 987,00	€946,00	€9 933,00	€84 667,00
47	20 AL 26 AGO	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
TOTAL AGOSTO 2021		20	187		€411 400,00				
48	27 AGO AL 02 SET	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
49	03 AL 09 SET	5	47	€2 200,00	€103 400,00	€9 823,00	€1 034,00	€10 857,00	€92 543,00
50	10 AL 16 SET	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
51	17 AL 23 SET	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
52	24 AL 30 OCT	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
TOTAL SETIEMBRE 2021		25	239		€525 800,00				
1	01 AL 07 OCT	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
2	08 AL 14 OCT	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
3	15 AL 21 OCT	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
4	22 AL 28 OCT	5	46,5	€2 200,00	€102 300,00	€9 718,50	€1 023,00	€10 741,50	€91 558,50
TOTAL OCTUBRE 2021		20	190,5		€419 100,00				
5	29 OCT AL 04 NOV	5	48	€2 200,00	€105 600,00	€10 032,00	€1 056,00	€11 088,00	€94 512,00
6	05 AL 11 NOV	5	47,5	€2 200,00	€104 500,00	€9 927,50	€1 045,00	€10 972,50	€93 527,50
7	12 AL 18 NOV	5	47,5	€2 200,00	€104 500,00	€9 927,50	€1 045,00	€10 972,50	€93 527,50
8	19 AL 25 NOV	4	38,5	€2 200,00	€84 700,00	€8 046,50	€847,00	€8 893,50	€75 806,50
TOTAL NOVIEMBRE 2021		19	181,5		€399 300,00				

Apéndice 4 Tiempos

Área	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desviación	Muestra
Corte	2,51	2,90	3,00	2,71	2,64	2,83	2,60	2,77	2,62	2,84	2,74	0,15	14,27
Rectificado I	4,50	4,75	6,33	4,89	4,40	4,99	5,60	6,16	4,80	5,86	5,23	0,67	17,85
Ensamble	7,02	7,25	7,62	7,36	7,51	7,33	7,55	7,32	7,42	7,53	7,39	0,17	2,27
Rectificado II	1,37	1,68	2,38	1,99	1,70	2,25	1,79	2,16	2,07	1,58	1,90	0,31	62,86
Limpieza	3,34	3,51	3,84	3,69	3,75	3,64	3,43	3,60	3,46	3,56	3,58	0,15	8,33
Soldadura	2,16	2,78	3,57	2,64	3,17	2,36	2,79	2,29	2,86	3,25	2,79	0,43	40,24
Pintura	0,25	0,26	0,29	0,27	0,26	0,25	0,29	0,25	0,26	0,27	0,27	0,01	154,04
Huequiar	0,08	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,09	0,10	0,01	670,28
Preparar para Balanceo	0,23	0,25	0,29	0,26	0,27	0,24	0,23	0,28	0,28	0,27	0,26	0,02	222,11
Balanco	0,16	0,23	0,40	0,17	0,18	0,26	0,24	0,20	0,26	0,24	0,23	0,06	864,05
Arnado	0,36	0,41	0,45	0,40	0,42	0,43	0,38	0,41	0,36	0,42	0,40	0,03	118,42
Propela	11,87	12,05	12,40	12,22	12,38	11,98	12,11	12,19	12,16	12,13	12,15	0,16	0,77
Pruebas	0,10	0,12	0,15	0,15	0,11	0,10	0,13	0,10	0,14	0,13	0,12	0,02	876,75
Total	33,93	36,29	40,84	36,84	36,89	36,76	37,24	37,85	36,81	38,17	37,16	1,63	0,87
Área	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desviación	Muestra
Corte	150,45	173,88	180,20	162,65	158,17	169,67	155,72	166,18	157,12	170,23	164,43	8,77	0,24
Rectificado I	269,95	285,03	379,95	293,65	263,75	299,17	336,28	369,37	288,15	351,75	313,71	39,93	0,30
Ensamble	420,98	434,78	457,48	441,55	450,77	439,63	452,85	439,10	445,40	452,00	443,45	10,16	0,04
Rectificado II	82,07	100,68	143,05	119,63	101,78	135,23	107,50	129,68	123,93	94,78	113,83	18,52	1,05
Limpieza	200,27	210,65	230,22	221,47	225,05	218,18	205,75	216,13	207,52	213,75	214,90	8,75	0,14
Soldadura	129,62	166,92	214,18	158,32	190,37	141,73	167,15	137,68	171,63	195,03	167,26	25,59	0,67
Pintura	14,82	15,78	17,65	16,03	15,37	14,97	17,20	15,18	15,82	16,40	15,92	0,89	2,57
Huequiar	5,05	5,27	6,53	5,50	6,18	5,45	6,08	5,85	6,48	5,27	5,77	0,51	11,17
Preparar para Balanceo	13,68	15,07	17,30	15,87	16,32	14,48	13,90	16,82	17,05	15,98	15,65	1,24	3,70
Balanco	9,45	14,05	23,80	9,92	10,98	15,50	14,60	12,28	15,62	14,42	14,06	3,88	14,40
Arnado	21,75	24,67	26,83	23,87	24,98	26,07	23,03	24,68	21,87	25,15	24,29	1,59	1,97
Propela	712,02	723,27	744,05	733,12	742,88	719,03	726,63	731,63	729,47	727,67	728,98	9,33	0,01
Pruebas	5,78	7,10	9,10	8,83	6,88	6,23	7,78	6,23	8,43	7,90	7,43	1,10	14,61
Total	2035,88	2177,15	2450,35	2210,40	2213,48	2205,35	2234,48	2270,83	2208,48	2290,33	2229,67	98,02	0,01

Apéndice 5 Machote tiempos

Tabla para toma de tiempos

Tolerancia: 17%
 Calificación: 125%

Nombre del colaborador: Pedro
 Área de estudio Rectificado I

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
269,95	285,03	379,95	293,65	263,75	299,17	336,28	369,37	288,15	351,75

Tiempo promedio 313,705

Tiempo normal 392,13125

Tiempo estandar 458,793563

Tabla para toma de tiempos

Tolerancia: 18%
 Calificación: 75%

Nombre del colaborador: Gerald
 Área de estudio Corte

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
150,45	173,88	180,20	162,65	158,17	169,67	155,72	166,18	157,12	170,23

Tiempo promedio 164,43

Tiempo normal 123,32

Tiempo estandar 145,52

Tabla para toma de tiempos

Nombre del colaborador: Morris
 Área de estudio Ensamble

Tolerancia: 17%
 Calificación: 75%

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
420,98	434,78	457,48	441,55	450,77	439,63	452,85	439,10	445,40	452,00

Tiempo promedio

Tiempo normal

Tiempo estandar

Apéndice 6 Ficha técnica complemento MRP

FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO



Ventilador Centrifugo		Valores por lote Base			
Cód.	Materia prima	Unidad	Cant.	Costo Unitario	Costo Total
	Lámina de 1/8" 4 x 8´			₪ -	₪ -
	Lámina de 1/4" 4 x 8´			₪ -	₪ -
	Lámina de 1/16" 4 x 8´			₪ -	₪ -
	Lámina de 1/2" 4 x 8´			₪ -	₪ -
	Lámina de 1/16" 4 x 8´			₪ -	₪ -
	Lámina de 3/16" 4 x 8´			₪ -	₪ -
	Angulo de 3/16 x 1 1/4"			₪ -	₪ -
	Angulo de 3/16 x 1 1/2"			₪ -	₪ -
	Platina de 1/4 x 1 1/2"			₪ -	₪ -
	Soldadura de 1/8"			₪ -	₪ -
	Tornillos de 3/8 x 1"			₪ -	₪ -
	Tornillos de 7/16 x 1 1/2"			₪ -	₪ -
	Arandelas de presión 3/8"			₪ -	₪ -
	Arandelas de presión 7/16"			₪ -	₪ -
	Arandelas planas 7/16"			₪ -	₪ -
	Pintura minio rojo			₪ -	₪ -
	Pintura aluminio			₪ -	₪ -
	Placa ovalada			₪ -	₪ -
	Placa flecha de giro			₪ -	₪ -
	Cordon de albesto			₪ -	₪ -
	Barra calibrada de 3 1/2"			₪ -	₪ -
	Prisioneros 3/8 x 1 1/2"			₪ -	₪ -
	Motor de 10 H P de 1750 rpm			₪ -	₪ -
				₪ -	₪ -

Apéndice 7 Calculo materiales complemento MRP

CALCULO DE MATERIALES



% Rechazo materiales	
% Incremento costo	
Pedido/Demanda	

Ventilador Centrífugo				Calculo a producir	
Cód.	Materia prima / Insumo	Unidad	Cant./Deman.	Costo/Deman.	
0	Lámina de 1/8" 4 x 8'		0,0	0 \$	
0	Lámina de 1/4" 4 x 8'		0,0	0 \$	
0	Lámina de 1/16" 4 x 8'		0,0	0 \$	
0	Lámina de 1/2" 4 x 8'		0,0	0 \$	
0	Lámina de 1/16" 4 x 8'		0,0	0 \$	
0	Lámina de 3/16" 4 x 8'		0,0	0 \$	
0	Angulo de 3/16 x 1 1/4"		0,0	0 \$	
0	Angulo de 3/16 x 1 1/2"				
0	Platina de 1/4 x 1 1/2"				
0	Soldadura de 1/8"				
0	Tornillos de 3/8 x 1"				
0	Tornillos de 7/16 x 1 1/2"				
0	Arandelas de presión 3/8"				
	Arandelas de presión 7/16"				
	Arandelas planas 7/16"				
	Pintura minio rojo				
	Pintura aluminio				
	Placa ovalada				
	Placa flecha de giro				
	Cordon de albesto				
	Barra calibrada de 3 1/2"				
	Prisioneros 3/8 x 1 1/2"				
	Motor de 10 H P de 1750 rpm				
					¢ -