

TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
PROYECTO DE GRADUACIÓN

CARMIOI INDUSTRIAL S.A

PROPUESTAS DE MEJORA EN LA PLANIFICACIÓN DE PEDIDOS PARA
AJUSTAR LOS TIEMPOS DE ENTREGA DEL PROCESO PRODUCTIVO

REALIZADO POR:

KIMBERLY PATRICIA ROJAS REYES

PROFESOR ASESOR:

ING.DENNIS ARIAS RAMIREZ

ASESOR INDUSTRIAL:

ING.VALERIA ASTORGA ROJAS

NOVIEMBRE, 2019

CONSTANCIA DE DEFENSA PUBLICA PROYECTO DE GRADUACIÓN

El presente proyecto de graduación titulado: PROPUESTAS DE MEJORAS EN LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA AJUSTAR LOS TIEMPOS DE ENTREGA DEL PROCESO PRODUCTIVO y realizado en la empresa "Carmiol Industrial S.A", durante el segundo semestre de 2019, ha sido defendido ante el tribunal examinador integrado por Dr. Luis Ignacio Garcés Monge y por Inq. Marco Alvarado Peña; como requisito para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial del Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del proyecto desarrollado por el estudiante estuvo a cargo del profesor asesor Ing. Dennis Arias Ramírez, M.Eng.

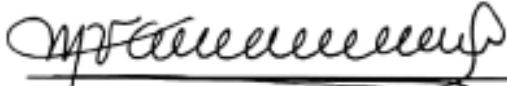
El presente documento ante el tribunal ha sido declarado:

Público

Confidencial




Dr. Luis Ignacio Garcés Monge
Profesor Evaluador



Ing. Marco Alvarado Peña
Profesor Evaluador



Ing. Dennis Arias Ramírez, M.Eng.
Profesor Evaluador



Kimberly Patricia Rojas Reyes
Estudiante

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme acompañado en cada paso que di en este proyecto, sin él nada de esto fuera sido posible.

A mis padres por nunca abandonarme y siempre estar conmigo dándome su apoyo y motivación.

A mis hermanos: Shirley, Francini, Joselyn y Bryan por nunca dejarme sola en este proceso y siempre estar conmigo, dándome cariño y apoyo.

A don Carlos y su familia por haberme brindado su ayuda durante el transcurso del proyecto, especialmente a Allison por motivarme a largo del proyecto.

A los compañeros Fiorella, Marco, Grettel y Jafet por apoyarme de una y otra manera.

De igual forma agradezco de forma especial al Ing. Dennis Arias Ramírez, MEng, profesor asesor de mi proyecto por sus consejos y apoyo durante este periodo.

A Carmiol Industrial S.A por haberme abierto las puertas para realizar mi proyecto, en especial a mi asesora Ing. Valeria Astorga por darme consejos y apoyo.

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

A mis padres, muchos de mis logros se los debo a ellos, en especial este, a mis tres hermanas, hermano y tía por siempre estar conmigo en cada paso que di durante este proyecto y durante toda mi carrera universitaria.

*Esta es la clave para la
gestión del tiempo; ver el valor
de cada momento.*

Menachem Mendel Schneerson

INDICE GENERAL

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN...	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
EPÍGRAFE.....	v
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Identificación de la empresa.....	2
1. Misión y visión de la empresa.....	2
2. Antecedentes históricos.....	2
3. Ubicación geográfica de la empresa.....	3
4. Estructura organizativa.....	3
5. Número de empleados.....	4
6. Tipos de productos.....	4
7. Mercados de exportación.....	5
8. Descripción general del proceso productivo.....	5
B. Justificación del estudio.....	7
C. Objetivos del estudio.....	9
1. Objetivo general.....	9
2. Objetivos específicos.....	9
D. Alcances y limitaciones.....	9
1. Alcances.....	9
2. Limitaciones.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	11
A. Diagnóstico de la empresa.....	13
B. Bases teóricas.....	16
C. Términos básicos.....	22

III. METODOLOGÍA.....	28
A. Definir	30
B. Medir	30
C. Analizar	31
D. Diseñar	32
E. Verificar	32
IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	36
A. Desarrollo del proyecto.....	37
B. Descripción del proceso general	37
C. Análisis del proceso productivo de la empresa.....	38
D. Familia de productos en estudio.....	48
E. Determinación de variables y factores relacionados con la planificación de producción	51
F. Medición de las variables involucradas y factores relacionados a la planificación de producción.....	56
G. Mapa de flujo de valor (VSM)	78
H. Análisis del diagrama VSM y las otras mediciones	83
V. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	95
VI. SOLUCIONES AL SISTEMA PLANTEADO	97
1. Modelo de planificación de pedidos según las variables seleccionadas	100
2. Propuesta de traslado de moldes.....	115
VII. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES.....	117
A. Evaluación económica del proyecto	120
B. Plan de implementación de las propuestas	123
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
A. CONCLUSIONES.....	127
B. RECOMENDACIONES	129
IX. BIBLIOGRAFÍA	130
X. APÉNDICES.....	134
Apéndice No.1 Acta de constitución del proyecto	135
Apéndice No.2 Diagrama de Gantt	136
Apéndice No. 3: Encuesta aplicada a los empleados	137
Apéndice No. 4: Encuesta con Escala Likert	143

Apéndice No.5. Pruebas de normalidad para los tiempos de muestro preliminar para cada producto en estudio.....	146
Apéndice No. 6: Tiempos preliminares	148
Apéndice No.7: Tiempos de Ciclo	152
Apéndice No. 8 tiempos de muestreo de trabajo de tareas del área de moldeo y fundición.....	155
“ <i>Moldeo</i> ”	155
Apéndice No.9: Diagrama de flujo de valor de las familias de “tapas de registro, calderas para piso y azotea”	158
Anexo No 10 Rolled throughput yield, redes de Petri y matriz de transición de Markov de los 5 productos en estudio elaborados en la rotación A y B	160
Apéndice No. 11: Manual de usuario de la herramienta de planificación de la producción	187
<u>Apéndice No. 12: Lluvia de ideas</u>	<u>192</u>
<u>Apéndice No. 13: Diseño de interfases, elementos de diseño, esquema de seguridad y acceso</u>	<u>193</u>
XI. Anexos.....	200
Anexo No.1.Cotización de precio de bodega en a zona de Tibás.....	201
Anexo No 2. Referencias sobre compra de mesa de trabajo para la propuesta de mejora en el reproceso de área de moldeo y fundición.....	201
Anexo No.3. Referencia sobre la compra de hardware y software	203
Anexo No 4.Referencia sobre la adquisición del paquete Office y capacitación	203
Anexo No 4.Carta de entendimiento para la biblioteca	205

INDICE DE CUADROS

Figura No.	Descripción	Página
Cuadro No. 1.	Familias de los productos elaborados en Carmiol Industrial S.A.....	5
Cuadro No. 2.	Resumen de la metodología DMADV	33
Cuadro No. 3.	Resumen de la metodología DMADV	34
Cuadro No. 4.	Resumen de la metodología DMADV	35
Cuadro No. 5.	Datos de ventas desde enero hasta julio del 2019	50
Cuadro No. 6.	Datos de pedidos desde enero hasta julio del 2019	51
Cuadro No. 7.	Matriz de ponderación y determinación de causas	54
Cuadro No. 8.	Fechas de las dos últimas rotaciones de puestos de trabajo.....	59
Cuadro No. 9.	Cantidad de piezas defectuosas por cantidad de productos fabricados para la rotación A.	59
Cuadro No. 10.	Cantidad de piezas defectuosas por cantidad de productos fabricados para la B.....	60
Cuadro No. 11.	Información de asignación para el Rolled Throughput Yield de 301-100-E-AB-S-NPVC, 203-100-E-B, 300-150-E-A-S-V-2, 134-50-E-A-S y 114-100-E-A-S.	62
Cuadro No. 12.	Días de entrega de pedidos por cada lote	62
Cuadro No. 13.	Asignación de códigos a los trabajadores de Carmiol Industrial	62
Cuadro No. 14.	Asignación de puestos de trabajo para la rotación A	63
Cuadro No. 15.	Asignación de puestos de trabajo para la rotación B	63
Cuadro No. 16.	Porcentajes de RTY por lote fabricado para la rotación del A	65
Cuadro No. 17.	Porcentajes de RTY por lote fabricado para la rotación B.....	66
Cuadro No. 18.	First pass yield obtenido en las rotaciones	66
Cuadro No. 19.	Parámetros adquiridos con el muestreo de trabajo en el proceso de moldeo.....	73
Cuadro No. 20.	Parámetros adquiridos con el muestreo de trabajo en el proceso de fundición.....	74
Cuadro No. 21.	TNVA encontradas en el muestreo de trabajo.....	74
Cuadro No. 22.	Cantidad de piezas que podrían ser fabricadas en el tiempo de espera de arena.....	77
Cuadro No. 23.	Datos para el cálculo de tiempo takt time de los productos en estudio.....	80
Cuadro No. 24.	Datos para el cálculo de los tiempos promedios de los procesos mediante criterio experto	81
Cuadro No. 25.	Parámetros de las variables de entrada para la propuesta I.....	103
Cuadro No. 26.	Parámetros de las variables de salida para la propuesta I.....	103
Cuadro No. 27.	Costos de adquisición referentes a LabVIEW ®	108
Cuadro No. 28.	Rangos para cada nivel de las variables	109
Cuadro No. 29.	Rangos para cada nivel de la variable tamaño de orden.....	109
Cuadro No. 30.	Costos relacionados a la implementación del software Visual Basic®.....	114

Cuadro No. 31.Comparación de empresas que venden mesas de trabajo trasportadoras	115
Cuadro No. 32.Costos involucrados en la compra e instalación del producto escogido ..	116
Cuadro No. 33.Comparación de la variable tiempo de entrega.....	118
Cuadro No. 34.Costos relacionados con la implementación y cotización del proyecto	120
Cuadro No. 35.Datos relacionados al beneficio de la realización e implementación del proyecto	121
Cuadro No. 36.Plan de implementación de propuestas de mejoras del proyecto	124
Cuadro No. 37.Diagrama de Gantt para la implementación de mejoras.....	125

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Descripción	Página
Figura No. 1.	Ubicación geográfica de Carmiol Industrial S.A	3
Figura No. 2.	Organigrama de Carmiol Industrial S.A	4
Figura No. 3.	Diagrama de macroprocesos de Carmiol Industrial S.A	7
Figura No. 4.	Diagrama jerárquico de los temas a abarcar en el proyecto.....	12
Figura No. 5.	Simbología de los productos elaborados en Carmiol Industrial S.A	18
Figura No. 6.	Secuencia Genera de las tareas a realizar	29
Figura No. 7.	Mapeo de procesos de Carmiol Industrial S.A	37
Figura No. 8.	Proceso de preparación de arena	38
Figura No. 9.	Proceso de moldeo	39
Figura No. 10.	Mesas de transporte de moldes	39
Figura No. 11.	Preparación arena.....	40
Figura No. 12.	Preparación de aluminio y bronce líquido	40
Figura No. 13.	Mezcla para relleno.....	41
Figura No. 14.	Zona de relleno de moldes	41
Figura No. 15.	Área de lavado.....	42
Figura No. 16.	Área de cortes de piezas	42
Figura No. 17.	Desbaste externo	43
Figura No. 18.	Desbaste interno	43
Figura No. 19.	Área de perforado de piezas	44
Figura No. 20.	Área de ensamble	44
Figura No. 21.	Zona de torneado.....	45
Figura No. 22.	Limado de piezas	45
Figura No. 23.	Área de pulido.....	46
Figura No. 24.	Área de empaque.....	46
Figura No. 25.	Diagrama del proceso productivo de Carmiol Industrial S.A.....	47
Figura No. 26.	Gráfico de pastel con porcentajes promedio mensual de pedidos	48
Figura No. 27.	Gráfico de pastel con porcentajes promedio mensual de pedidos	49
Figura No. 28.	Diagrama de Ishikawa.....	53
Figura No. 29.	Puntuación de criterios e interrogante	54
Figura No. 30.	Matriz de multivotación de causas	55
Figura No. 31.	Percepción de dificultad por parte de los trabajadores en los puestos de trabajo en cada rotación.....	57
Figura No. 32.	Procesos productivos complicados de trabajar.....	58
Figura No. 33.	Relación entre piezas fabricadas y defectuosas.....	60
Figura No. 34.	Rolled Throughput Yield producto 301-100-E-AB-S-NPVC	64
Figura No. 35.	Redes de Petri para el proceso de moldeo del producto 301-100-E-AB-S-NPVC.....	64
Figura No. 36.	Cálculo de la matriz de transición el para el proceso de moldeo del producto de 301-100-E-AB-S-NPVC.....	65
Figura No. 37.	Diagrama de flujo del proceso de planificación de pedidos	69

Figura No. 38. Sistema actual de registro de las ordenes de pedidos	70
Figura No. 39. Lista de placas y piezas de los productos.....	71
Figura No. 40. Sistema de registro de ordenes adelantadas	71
Figura No. 41. Sistema de registro de ordenes atrasadas	72
Figura No. 42. Diagrama de flujo del proceso de planificación de materiales.....	76
Figura No. 43. Machote del registro actual de compra de materia prima.....	77
Figura No. 44. Parámetros de productos escogidos.....	78
Figura No. 45. Takt Time vs Cycle Time por producto	83
Figura No. 46. Machote del mapa de flujo de valor para los productos de las familias “Tapas de registro, caderas para piso y azotea”	85
Figura No. 47. Análisis de los 5 por qué.....	87
Figura No. 48. Número de pedidos por mes de las familias con más demanda.....	89
Figura No. 49. Cantidad total de pedidos por mes de los productos en estudio.....	90
Figura No. 50. Ventas de por mes de los productos en estudio.....	91
Figura No. 51. Proyección de ventas para los meses de agosto a diciembre.....	91
Figura No. 52. Gráfica de Distribución Chi cuadrada	92
Figura No. 53. Resultado de la asociación entre la cantidad de defectos y la rotación.....	93
Figura No. 54. Ejemplo de mesa transportadora de moldes tomada de Google	100
Figura No. 55. Sistema de inferencia difusa	102
Figura No. 56. Ingreso de la variable complejidad.....	104
Figura No. 57. Ingreso de la variable Tamaño de orden.....	104
Figura No. 58. Ingreso de la variable Rotación de puestos de trabajo.....	105
Figura No. 59. Ingreso de la variable RTY	105
Figura No. 60. Ingreso de la variable tiempo de entrega.....	106
Figura No. 61. Combinaciones de los niveles de las variables establecidas.....	106
Figura No. 62. Tiempo de entrega dado por LabVIEW ®.....	107
Figura No. 63. Interfaz para el ingreso de las variables.....	110
Figura No. 64. Pestaña de escogencia de productos.....	111
Figura No. 65. Interfaz de la variable rotación.....	111
Figura No. 66. Fragmento del código para la elección del producto.....	112
Figura No. 67. Fragmento del código para asignar según el tamaño y complejidad el tiempo de entrega.....	113
No. 68. Interfaz con variable de salida (Tiempo de entrega).....	114
Figura No. 69. Flujo de efectivo para seis meses	121

RESUMEN

Rojas, Kimberly. Octubre, 2019. Propuestas de mejoras en la planificación de la producción para ajustar los tiempos de entrega del proceso productivo., Proyecto de Graduación. Tecnológico de Costa Rica. Profesor Asesor: Ing. Dennis Arias Ramirez MEng.

El presente proyecto fue desarrollado en la empresa Carmiol Industrial S.A, y consistió en el diseño de propuestas de mejora para la planificación de los pedidos. El problema el incumplimiento con las entregas de las ordenes, de un 33%, un 1% corresponde a atrasos y un 32% de adelantos en las entregas, lo que hace que se pierda un total de ₡2 209,381 al mes. Por lo que el objetivo del proyecto fue acoplar los tiempos de entrega del proceso productivo.

En el diagnóstico de la situación actual se determinaron cuatro variables (rotación de puestos de trabajo, sistema de pedidos deficiente, distracciones en puestos de trabajo y escasos de materia prima) que afectan el proceso productivo de la empresa, lo que termina afectando los tiempos de entrega de los pedidos, dándoles a los clientes entregas adelantadas y atrasadas. Con estas variables se determina que existen reprocesos por piezas defectuosas, perdidas de tiempos en espera de materia prima, TNVA, y cálculos deficientes en los tiempos de entrega.

Ante este problema se determinó la necesidad de un software que le permita a la empresa calcular un rango del tiempo de entrega. Esta herramienta se diseñó en Visual Basic®, y utiliza datos e información proveniente de las variables encontradas en el diagnóstico de la situación actual. Con esta propuesta se reducen los pedidos adelantados de un 32% a un 20% y los atrasados de un 1% a 0,5%, obteniendo un ahorro de ₡762 039. Por otro lado, se presentó una segunda propuesta menos robusta, que consiste en la compra de dos mesas de transporte de moldes que llevarían el doble de los actuales, desde las áreas de moldeo a fundición. El fin de esta propuesta es disminuir cerca de 7 minutos el tiempo de espera entre el área de moldeo y fundición, ya que esta espera afecta la fabricación de piezas y por ende provoca atrasos en los pedidos.

Palabras clave: *retrasos, adelantos, tiempos de entrega, moldeo, fundición.*

ABSTRACT

Rojas, Kimberly. Octubre, 2019. Establishment of improvements in production planning to adjust the delivery times of the production process., Graduation Project. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Consulting Professor: Ing. Dennis Arias Ramírez. MEng.

This project was developed in the company Carmiol Industrial S.A, and consisted in the design of improvement proposals for order planning. Due to the problem was the non-compliance with the deliveries of the orders, of 33%, 1% corresponds to delays and 32% of advances in deliveries, which causes a total loss of ₡ 2 209,381 per month. So, the objective of the project was to match the delivery times of the production process.

In the diagnosis of the current situation, four variables were determined (rotation of jobs, poor order system, distractions in jobs and shortages of raw material) that affects the production process of the company, which ends up affecting the times of delivery of orders, giving customers early and late deliveries. With these variables it is determined that there are reprocesses for defective parts, lost time waiting for raw material, TNVA, and poor calculations in delivery times.

Given this problem, the need for software that allows the company to calculate a range of delivery time was determined. This tool was designed in Visual Basic® and uses data and information from the variables found in the diagnosis of the current situation. With this proposal, advanced orders are reduced from 32% to 20% and late orders from 1% to 0.5%, obtaining a savings of ₡ 762 039. On the other hand, a second less robust proposal was presented, which It consists of the purchase of two mold transport tables that would take twice as much as the current ones, from the molding to casting areas. The purpose of this proposal is to reduce the waiting time between the molding and casting area by about 7 minutes, since this wait affects the manufacturing of parts and therefore causes delays in orders.

Keywords: delays, advances, delivery times, molding, casting.

I. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se abarcan los principales datos de la empresa donde se realizó el presente proyecto junto con los aspectos generales del mismo.

A. Identificación de la empresa

La empresa Carmiol Industrial S.A se especializa en la fabricación de drenajes, calderas, tapas de registro, trampas de grasa, rodillos para soporte de tuberías. Entre sus objetivos está superar la expectativa de los clientes en calidad y servicio, mediante la mejora continua del desempeño de los productos, procesos, equipos y personal, así como del cumplimiento de los requerimientos legales y otros aplicables de las partes interesadas.

1. Misión y visión de la empresa

A continuación, se muestra la visión y misión de la empresa:

Visión

“Lograr ser una marca referente en Latinoamérica al superar las expectativas de nuestros clientes a través de la innovación y la excelencia.”

Misión

“Somos una empresa obsesionada por la satisfacción de nuestros clientes en donde nos dedicamos a la fabricación de drenajes o coladeras, granadas, tapas de registro, trampas de grasa y rodillos para soporte de tuberías, para los sectores ferretero y construcción, dando como respaldo la garantía más amplia y seria del mercado.”

2. Antecedentes históricos

Carmiol Industrial es una empresa dedicada a la fundición de aluminio y bronce con más de 60 años de experiencia. Carmiol es una empresa familiar, todo inicio con el padre del actual dueño, el cual fundó la compañía y fue dado años después a su hijo Alex Carmiol Herrera después de su muerte para que le diera continuidad al negocio. Debido a la innovación y mejora constante sus productos fue que Carmiol

creció como empresa, al principio la empresa operaba aproximadamente con 30 empleados, pero a pasar los años la cantidad disminuyó, actualmente la empresa cuenta con menos de la mitad de los trabajadores que tenía al inicio.

3. Ubicación geográfica de la empresa

Se localiza de la antigua ladrillera de la Uruca, 200 norte, contiguo a vidrios Zarate, calle 22, ruta 101, Colima de Tibás.



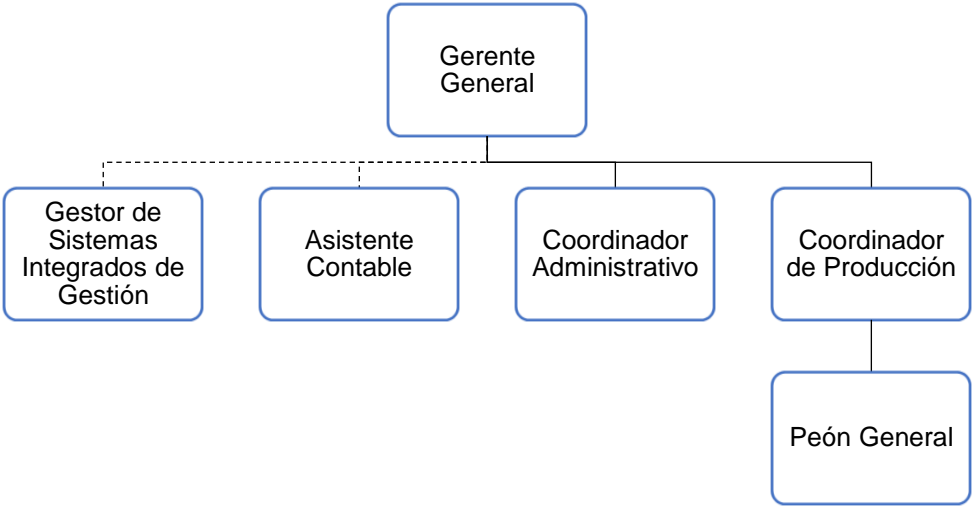
Fuente: Recuperado de Google Maps

Figura No. 1. Ubicación geográfica de Carmiol Industrial S.A

4. Estructura organizativa

La figura No. 2 se muestra el organigrama completo de la empresa Carmiol Industrial S.A.

La empresa está conformada por un gerente general en primer nivel. En el segundo nivel se encuentra el Gestor de Sistemas Integrados de Gestión, Asistente Contable, Coordinador Administrativo y de Producción y en el último nivel se encuentra el peón general.



Fuente: Departamento administrativo de Carmiol Industrial S.A

Figura No. 2. Organigrama de Carmiol Industrial S.A

5. Número de empleados

La empresa cuenta con 13 empleados. El área administrativa se compone de la siguiente manera: uno colaborador en coordinación administrativa, uno en la coordinación de la producción, uno en asistencia contable, un gestor de sistemas y nueve peones.

6. Tipos de productos

La empresa Carmiol Industrial S.A tiene 5 familias de productos: caderas para piso y azotea, tapas de registros, rodillos para soporte de tuberías y trampa de grasas la cantidad exacta de productos de cada familia se muestra en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Familias de los productos elaborados en Carmiol Industrial S.A

Familia	Nombre producto	Cantidad por familia
Calderas para piso	CI 101-CI 156	4263
Calderas para azotea	CI 200-CI216	161
Rodillos para soporte de tuberías	CI 400	8
Trampa de grasa	CI 500	8
Tapas de registro	CI 300-CI 305	132

Fuente: Elaboración propia

7. Mercados de exportación

Actualmente la empresa exporta sus productos a países como Guatemala, Panamá y Nicaragua de igual manera, vende los productos a nivel nacional.

8. Descripción general del proceso productivo

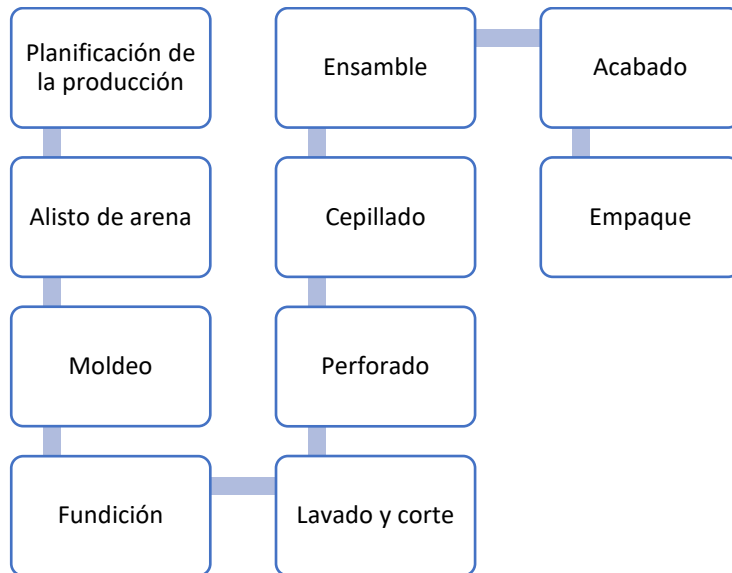
El proceso productivo de la empresa empieza con la planificación de la producción por parte de la coordinadora de producción, la cual le indica a planta cuanto se va producir y de que(material) o características llevaría el producto, después de este proceso se da la llegada de la arena a la máquina de Zarandeo, de este proceso salen dos tipos de arena, una fina y la otra con grumos y pequeños pedazos de metales, seguidamente la arena es trasladada al proceso de moldeo donde se encuentran dos máquinas compactadoras, uno crea los moldes de las piezas grandes de los productos y la otra las piezas pequeñas, es importante indicar que la arena fina será la encargada de brindar la forma al producto y la arena gruesa será de soporte, seguidamente a este proceso los moldes son trasladados al área de fundición de donde se les da el relleno, ya sea aluminio o bronce, cabe destacar que este relleno fue previamente fundido aproximadamente a 1060 °C el bronce y 600 °C el Aluminio, además es importante mencionar que tanto el aluminio fundido como el bronce provienen de distintos proveedores de metales, de igual manera

cuando un productos salen defectuosos son reciclados colocándolos de nuevo en el horno y utilizados como relleno.

Seguidamente el producto es llevado al área de lavado y corte, aquí a los productos se le cortan las deformidades que nacen durante el proceso de relleno, una vez pasado este proceso el producto es llevado al área de perforado, en esta área se realizan la perforación del producto, cabe destacar que según el producto y sus características se les realiza más de una perforación las cuales son las que ayudan a los productos estar estable, ya que une las piezas grandes y pequeñas por medio de tornillos, seguidamente se traslada el producto al área de maquinado o cepillado, en esta área se encuentra el torno, esta máquina es una herramienta que realiza un movimiento de corte girando sobre su eje, la cuchilla realiza el movimiento de avance eliminando el material en los sitios precisos los cuales no fueron tratados en el área de desbaste y corte, seguidamente el producto es llevado a ensamble en este proceso se unen las piezas.

Una vez eliminando material no deseado y unidas las piezas se procede al área de acabado, aquí el producto se limpia, abrillanta y restaura, todo con el objetivo de lograr una superficie lisa y brillante, por último, el producto es empacado y entregado a los clientes, cabe destacar que Carmiol Industrial no realiza el proceso logístico de su mercadería si no el cliente y recoge sus productos directamente en la empresa.

En la figura No. 3 se puede observar un diagrama de flujo del proceso productivo.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 3. Diagrama de macroprocesos de Carmiol Industrial S.A

B. Justificación del estudio

Hoy en día la empresa realiza aproximadamente 107 pedidos al mes para entregar a los clientes, lo que se traduce a la fabricación aproximada de 2162 productos, entre estos pedidos los productos que tiene una mayor volumen de demanda fueron agrupados como tipo A, según la clasificación ABC preliminar para sustentar esta justificación, estos no provienen específicamente de una sola familia si no de varias de ellas, y estos representan un 16% del total de los productos pedidos, los cuales representan además el 80% de la producción.

Actualmente el problema de Carmiol Industrial es con los tiempos de entrega de los pedidos, el 33% corresponde a un incumplimiento con la fecha de entrega, de estos 1% representa los retrasos, que equivalen en pérdidas económicas a un aproximado de \$2 133 381, dicha cantidad sale como un costo de oportunidad al atrasarse y no adquirir más compromiso con otros pedidos hasta lograr terminar con el pedido atrasado, por otra parte, el 32% de los pedidos son adelantados, lo que implica tener tanto un inventario lleno, y en cierta forma, la dificultad de recuperación del

dinero, es decir el cliente debe de realizar dos pagos, uno al realizar el pedido y el otro al final cuando se le entrega el producto.

Por lo tanto, al tener el producto terminado antes(adelantar el pedido) de la fecha prevista provoca que el cliente tarde en recoger los productos y por ende los productos queden almacenados en el inventario, con un promedio de 4 días por pedido, lo que a modo de proyección produce un costo de ₡76 000 y lo que quiere decir que por día equivale a un promedio de ₡19 000 de dinero perdido por tener el producto terminado en el inventario, como la empresa no tiene un lugar definido para el almacenaje de los productos terminados, estos costos se obtuvieron del alquiler que se paga por una bodega a nivel nacional (Costa Rica).

Si estos porcentajes se pueden reducir la empresa se ahorrará un aproximado de ₡2 209,381 al mes. La finalidad de este proyecto es proporcionarle a la empresa propuestas de mejora que les permita disminuir el problema existente con los tiempos de entrega de los pedidos, y de esta forma mitigar las pérdidas económicas que se generan, y así poder realizar las entregas de los pedidos en el tiempo que corresponda para cumplir con las expectativas de los clientes a través la excelencia y atención a sus necesidades.

C. Objetivos del estudio.

1. Objetivo general

Desarrollar propuestas de mejora en la planificación de pedidos para ajustar los tiempos de entrega del proceso productivo.

2. Objetivos específicos

Para el cumplimiento del objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Describir la situación actual del proceso de fabricación mediante un mapeo de procesos.
- Identificar las posibles causas raíz en los problemas de la planeación de la producción y su relación con el tiempo de entrega de los pedidos.
- Analizar como las variables encontradas afectan los tiempos de entrega de los pedidos.
- Diseñar una propuesta de mejora que involucre las variables relacionadas a los tiempos de entrega de los pedidos.
- Comparar el modelo de producción actual con el propuesto para su evaluación económica y eficiencia.

D. Alcances y limitaciones

1. Alcances

El presente trabajo se realiza en la empresa Carmiol Industrial S.A ubicada en Colima de Tibás, el proyecto se lleva a cabo en el departamento de producción y está enfocado en ajustar el lead time medio, específicamente por procesos(áreas), en total son 10 (planificación, alisto de arena, moldeo, fundición, corte y lavado, perforado, cepillado, ensamble, acabado y empaque), es decir el tiempo de fabricación que dura los productos en cada una de estas áreas.

Por otro lado, este trabajo abarcará el diseño de propuestas de mejora que permitan reducir la cantidad tanto de demoras como adelantos antes de tiempo de la producción de los pedidos.

Es importante mencionar que el estudio se va a hacer únicamente para 5 productos: 301-100-E-AB-S-NPVC, 203-100-E-A, 300-150-AS-V2, 114-100-E-A-S, y 134-50-E-A-S, los cuales comparten el mismo proceso productivo.

Además, es importante indicar que el estudio de trabajo realizado se hace únicamente para los procesos de moldeo y fundición.

Cabe destacar que el proyecto cuenta con una limitación de tiempo total de 13 semanas.

2. Limitaciones

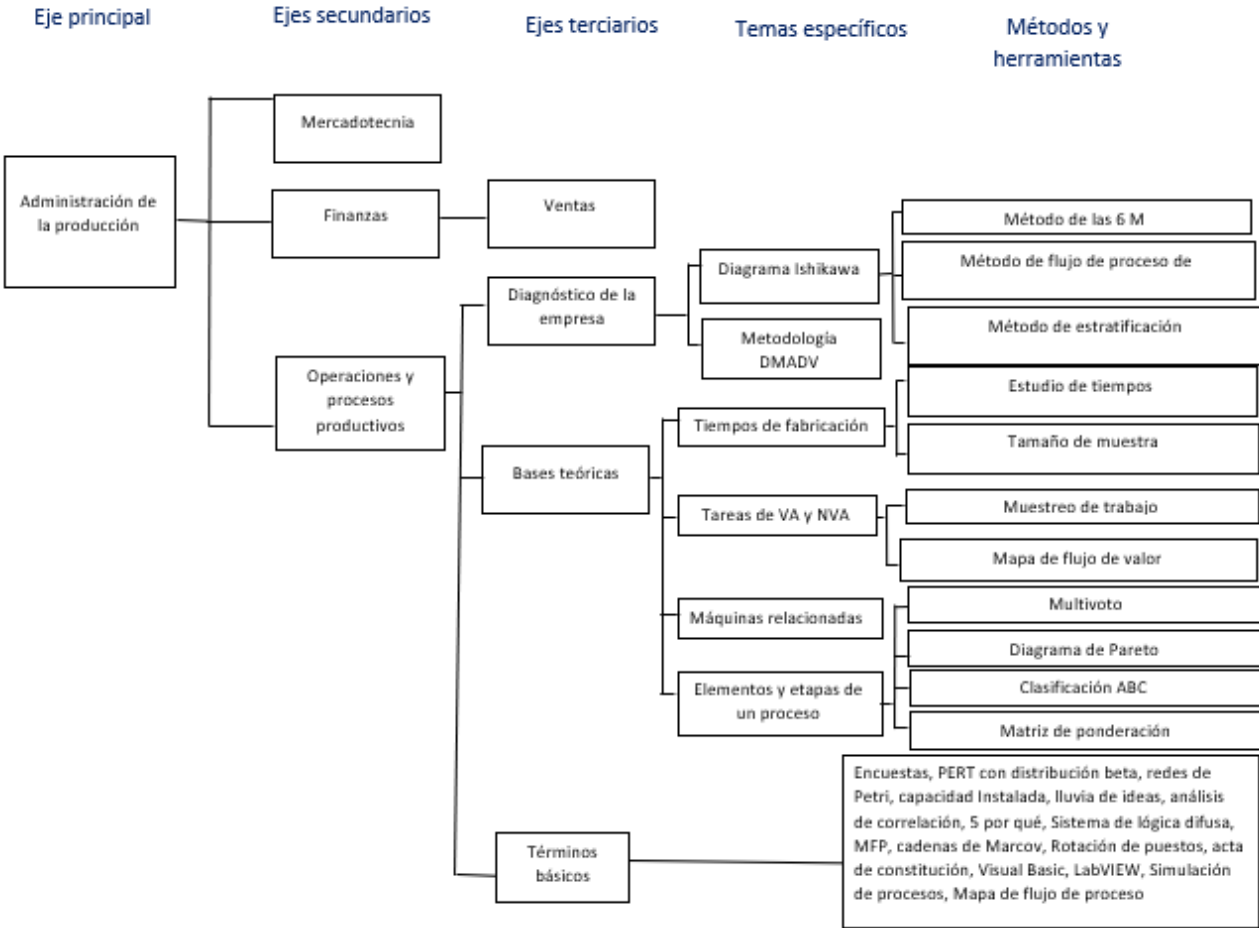
Una de las limitaciones es que la empresa no cuenta con históricos de la tardanza exacta en la cual los clientes acuden a recoger sus los pedidos.

Por otro lado, es importante mencionar que el plazo para la realización del estudio es limitante para ejecutar un periodo de prueba y observar los resultados de las mejoras en el software, por lo mismo el estudio se realiza solamente para cinco productos(301-100-E-AB-S-NPVC, 203-100-E-A, 300-150-AS-V2, 114-100-E-A-S, 134-50-E-A-S) de 4572 .

Por otra parte, el tipo de producción (contra demanda) es una limitante y es por esa razón que el tiempo de ciclo de cada proceso se hace por medio estimaciones por PERT con una distribución beta y no con un muestreo probabilístico.

II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta una serie de términos y conceptos fundamentales para la elaboración del proyecto, en la figura No.4 se muestra un diagrama de los temas y subtemas de una manera jerárquica.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 4. Diagrama jerárquico de los temas a abarcar en el proyecto

Administración de la producción

Administrar la producción no significa simplemente control y ajuste bajo ciertas condiciones dadas, sino también la creación de sistemas de gestión que sean lo suficientemente cambiantes para realizar mejoras y solucionar los problemas que tenga la empresa.

Para (Vilcarromero,2013) es el diseño y la mejora de los sistemas que crean y producen los principales bienes y servicios, además que está dedicada a la investigación y a la ejecución de todas aquellas acciones que van a generar productividad, mediante ya se la planificación, organización o control de la parte productiva.

A. Diagnóstico de la empresa

Hoy en día han surgido diversos modelos, sistemas y herramientas que han facilitado el trato a los problemas en las empresas, especialmente aquellas que buscan satisfacer al cliente, brindarles productos y servicios de calidad.

Dado la gran diversidad de modelos y herramientas se trabaja en conjunto con aquellas que permiten complementar conceptos teóricos con el análisis y mejora de procesos productivos.

A continuación, se muestran en detalles las herramientas a utilizar:

1. Metodología DMADV

Debido a que el proyecto está enfocado en el diseño de una propuesta de mejora para el adecuado cumplimiento de las entregas de pedidos, ya se atrasos o adelantos, se pretende el uso de la metodología DMADV(Definir-Medir-Analizar-Diseñar-Verificar)

Según (Heredia, 2007) es: Un sistema de mejoramiento utilizado para desarrollar nuevos productos o procesos a niveles de calidad de seis sigmas. La metodología DMADV también es utilizada cuando el proceso actual requiere un nivel de mejoramiento mayor al meramente incremental.

No es una metodología nueva, es una metodología bastante conocida, por lo que la literatura relacionada es numerosa, se utiliza la de (Piattini, 2018) para definir sus 5 fases:

- Definir: La primera fase consiste según el autor en definir el proyecto que se va a realizar con sus respectivas partes, metas, alcances y limitaciones, además en esta fase se da la búsqueda de las variables que se van a estudiar, los factores o partes de estas variables y lo que se espera del proyecto final.
- Medir: En esta fase se da la recolección de datos e información relevante para el proyecto, los requerimientos, los parámetros y necesidades que se relacionan con la variable de estudio, con el objetivo de obtener de una manera cualitativa y cuantitativa las necesidades que tendrá el proyecto, así como los requerimientos.
- Analizar: En esta fase se da la evaluación de los resultados obtenidos de las mediciones para la toma de decisiones con respecto a las entregas de pedidos de los clientes.
- Diseñar: En esta fase se da el inicio del diseño conceptual y detallada del prototipo que contemple con las necesidades de la empresa, este diseño puede ser el de un servicio o proceso, o bien una metodología o una herramienta que cumpla con los requerimientos. del proyecto.
- Verificar: En esta fase se pretende que el diseño propuesto cumpla con lo especificado por la empresa.

2. Diagrama de Ishikawa

A este diagrama se le conoce también con el nombre diagrama de causa y efecto o espina de pescado. Esta herramienta es conocida por ayudar a levantar las causas-raíz de uno o varios problemas, es una herramienta de calidad que analiza cada factor que está involucrado con el proceso y debida ejecución.

Según (Gutiérrez, 2010) existen tres tipos básicos de diagrama de Ishikawa:

a. Método de las 6M

El método de las 6 M consiste en agrupar las causas potenciales en 6 ramas principales(6M): Método de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente, cada uno de ellos aporta parte de la de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M.

b. Método de flujo del proceso

En este diagrama la línea principal del diagrama Ishikawa sigue la secuencia normal del proceso en la que se encuentra el proceso analizado. Además, este método permite explorar formar alternativas de trabajo, detectar cuellos de botellas, descubrir problemas ocultos.

c. Método de estratificación

Este método contrasta con el método 6M, es más sencillo de aplicar, ya que este se va de lo general a lo particular, además este método proporciona un agrupamiento claro de las causas potenciales del problema.

Para el análisis del proceso productivo de Carmiol Industrial se utiliza el método de las 6 M, ya que se puede aplicar secuencialmente para llega más al fondo del problema.

B. Bases teóricas

1. Elementos y etapas de un proceso

Cada proceso está conformado por un grupo de elementos y esos elementos son según (Cantón, 2010):

- Entradas: Estas se refieren a los productos que se van a transformar, la materia prima, el personal o todo lo que sea necesario para la realización del proceso.
- Recursos: Son elementos fijos o variables, imprescindibles para que el proceso tenga lugar, son los que actúan sobre las entradas de forma que los transforman.
- Flujo de transformación: Se refiere a la transformación de un producto, bien o servicio, además se puede actuar sobre el cliente de forma física, transportarlo etc.
- Salidas: Resultados que se generan de un proceso.

1.1. Clasificación ABC

En el proceso productivo de Carmiol Industrial se debe de realizar un análisis para ver el comportamiento de los datos, en decir ver como se han comportado las entregas de los pedidos meses atrás, para ello se utiliza la herramienta de del ABC, acompañada de la evaluación de criticidad y apha-beta-gamma, esta herramienta permite dividir en forma ordenada los productos de mayor importancia para la empresa.

Para (muñoz, 2009) la clasificación ABC se resume en los siguientes pasos:

- Seleccionar el criterio de valor
- Ordenar los artículos en orden de importancia de su valor
- Calcular para cada artículo, su porcentaje acumulado de valor
- Construir una gráfica de porcentaje acumulado

- Clasificar los artículos en A, B o C.

Por su parte, cuando a esta clasificación se le une alpha-beta y gamma, hará que un producto por ejemplo que es C por precio y 1 por demanda, será prioritario el esquema de alpha, beta y gamma.

Según (Collignon & Vermorel, 2012) la clasificación ABC se basa en ciertas reglas, las cuales se muestran a continuación:

Los artículos A son bienes cuyo consumo anual es el más elevado, el llamado 70-80% del valor de consumo anual de la empresa generalmente representa solo entre el 10 y el 20 % de los productos, mientras que los artículos B son los artículos de clase intermedia con un consume de valor medio, ese representa entre un 15-25%, por su parte lo artículos C son los de menor consumo el cual representan un 5% más bajo del valor del consumo anual y el 50% de los artículos de inventarios totales.

1.2. Multivoto

También llamada técnica de multivotación, esta consiste según (Villafaña, 2006) en una técnica grupal que permite a un equipo de trabajo reducir una extensa lista de posibles causas.

1.3. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es también llamado curva cerrada, esta es una gráfica que permite asignar ordenes de prioridades, según (Izar, 2004) es una herramienta para localizar las causas vitales que ocasionan los efectos no deseados que se representan en los negocios, por lo que representa una gran ayuda para la mejora de los procesos.

2. Máquinas y elementos relacionados al proceso productivo de la empresa

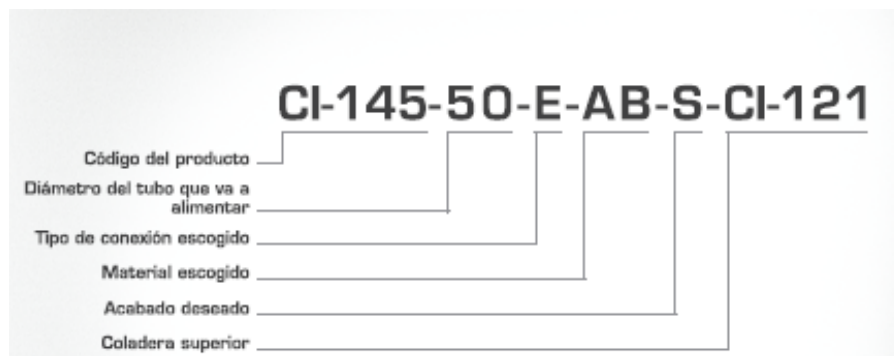
Si bien es cierto la industria de la metalurgia tiene herramientas y máquinas poco conocidas los cuales son recursos imprescindibles para la transformación de los

productos, para este proyecto se trabajará en el proceso productivo de los productos a base de aluminio y broce, específicamente en aquellos que tengan ciertas características que la empresa considera más importantes como el precio, demanda, y complejidad o el tamaño.

Una de las máquinas importantes para el proceso, es la zarándela, esta máquina se encarga de separar la arena gruesa de la fina, por otra parte, se encuentra los tornos, los cuales son los encargados de mecanizar, de darle parte del moldeo a la pieza, de igual manera en el área de moldeo se encuentran las compresoras estas serán las encargadas de darle presión al molde que contiene los dos tipos de arena.

Por otra parte, se encuentran tanto las esmeriladoras que son las encargadas de cortar y darle parte del acabado a las piezas como los mototools que son los encargados de brindarle un acabado interno a ciertas piezas con ciertas características, además, se encuentran otras piezas como taladros de banco y neumáticos que serán los encargados de perforar ciertas piezas, con ciertas especificaciones.

- Simbología de los productos de Carmiol Industrial S.A



Para Carmiol industrial los productos son llamados con conciertas simbología, la cual se muestra a continuación:

Fuente: Carmiol Industrial S.A

Figura No. 5. Simbología de los productos elaborados en Carmiol Industrial S.A

La imagen anterior es un ejemplo de un código de uno de los productos, este mismo se interpreta de la siguiente manera: drenaje CI-145 para tubo de 50 mm (2") de empotrar, con el plato inferior de aluminio y el drenaje superior de bronce, con acabado satinado y coladera superior CI-121.

3. Tiempos de fabricación o producción

Para (Cantón, 2010) un proceso consiste en la "formación de un conjunto de etapas y estas están formadas por un conjunto de elementos", (Fernández, 2003) menciona que un proceso, de producción es un sistema ordenado para la generación de un bien determinado que combina la utilización de recursos materiales, humanos y organizativos en un periodo de tiempo acotado. Además, la empresa contiene distintas operaciones para formar el producto y estas tienen un tiempo de producción y para poder determinar los tiempos y brindarle el análisis correspondiente se necesita una serie de estudios de tiempos, de métodos y movimientos, no obstante, se aplica el uso del muestreo de trabajo.

- Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica mayormente utilizada para determinar el tiempo de una actividad en específico, según (Nivel & Freivalds, 2004) los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible reducir más en una planta dada, e incrementan la eficiencia del equipo y el personal operativo, pero para aplicar el estudio antes se debe de seguir ciertos requerimientos. Se menciona que un operario debe de estar familiarizado con por completo una nueva técnica antes de estudiar la operación, de igual manera indica que el método debe estandarizarse en todos los puntos antes de iniciar el estudio y de igual manera el supervisor debe verificar el método para asegurar que la alimentación, la velocidad, las herramientas de corte y demás, cumplan con las prácticas estándar, como lo establece el departamento de métodos, no obstante el operario debe verificar que se aplique el método correcto.

Por otro lado, entre (Nivel & Freivalds, 2004) asegura que el equipo a utilizar en el estudio de tiempos de es de importancia, como mínimo es un cronómetro, una tabla, las formas para el estudio, calculadora de bolsillo y un equipo de videograbación.

Un estudio de tiempos se hace con el fin de poder determinar el tiempo estándar de una operación que se define según (Nivel & Freivalds, 2004), como “El valor de una unidad de tiempo para la realización de una tarea, como lo determina la aplicación apropiada de las técnicas de medición de trabajo efectuada por el personal calificado”, a lo que se le debe de agregar una fracción que contemplen holguras, para más detalle de esta relación se muestra la siguiente ecuación 1:

$$TE = TN + TN * H \quad (1)$$

TN=tiempo normal H=Holgura TE=tiempo estándar

- Determinación del tamaño de muestra

Según (Moreno, 2007) el tipo de estudio que se realiza influye en la determinación de tamaño de muestra, de igual manera que si se utiliza una muestra menor a 30 se debe utilizar la distribución t y no la normal o la f de Fisher , además para realizar un estudio de tiempos es importante determinar el tamaño de muestra de una forma estadística, para ello el tiempo se puede comportar de una manera normal con relación a la varianza y población desconocida.

$$\bar{x} \pm \frac{zS}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

\bar{x} = media muestral s= desviación estándar

Pero si se quiere encontrar tanto el error como el tamaño de muestra se tiene que despejar la ecuación 2 y para obtener un error que atribuible a la muestra se despeje esta ecuación 3:

$$n = \left(\frac{zS}{\bar{x}} \right)^2 \quad (3)$$

$$n = \left(\frac{zS}{\bar{x}e}\right)^2 \quad (4)$$

Cabe destacar que para estudios de variables individuales en ocasiones se calcula intervalos de predicción con el fin de poder conocer el movimiento de muestras futuras lo que se traduce a la siguiente ecuación según (Luko & Dean, 2011):

$$\bar{x} \pm t_{\alpha/2} s \sqrt{1 + \frac{1}{n}} \quad (5)$$

4. Tareas de Valor agregado (VA) y no agregado (NVA)

Cuando se habla de valor agregado consiste en satisfacer los requerimientos de los clientes y cuando se habla de una tarea se refiere a según (Belohlavek, 2005) al aporte que hace al objetivo final de un proceso, en otras palabras, es aquella actividad que se realiza correctamente y transforma o cambia el producto. Pero caso contrario es cuando se refiere a las tareas de no valor agregado, que son aquellas que sirven de apoyo o sirven de soporte a las actividades primarias.

Entre las herramientas o métodos que sirven para distinguir si una actividad es o no de agrado están:

- Muestreo de trabajo

El muestreo es un método que facilita un trabajo x, para (Caso, 2008) es una técnica para determinar mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias el porcentaje de aparición de una determinada actividad, aunque también se le conoce como métodos de observaciones instantáneas o método de observaciones aleatorias y control estadístico de actividades.

Es importante indicar que cuando se realiza el muestreo de trabajo se debe contemplar tanto el error como el nivel de confianza, las cuales se muestran a continuación en la siguiente ecuación:

$$n = p \cdot q \cdot \left(\frac{z \cdot \alpha/2}{e}\right)^2 \quad (6)$$

p : porcentaje verdadero de ocurrencia del elemento

e : error deseado para la medición

- El mapa de flujo de valor (VSM)

Según (Socconini & Reato, 2019), los mapas de flujo de valor proporcionan un conocimiento detallado de cualquier proceso en una empresa, este permite comprender con claridad el modo en que se desarrolla un proceso y detectar aquellas actividades que no aporten valor.

De igual manera este tipo de mapa se utiliza como una herramienta estratégica para establecer planes y proyectos de mejora con enfoques y objetivos específicos.

Por su parte (Rother & Aulinger, 2018) indican que es un método para analizar el estado actual y diseñar un estado futuro para la serie de acontecimientos que llevan a un producto o servicio desde su inicio hasta las manos de los clientes.

C. Términos básicos

- Capacidad instalada

Para (Vargas, 2006) es un conjunto de recursos productivos de que dispone la empresa y que pueden ser utilizados para producir, los cuales pueden ser naturales, instalaciones, líneas de producción, permisos y licencias etc.

Aunque también se puede definir según (Chain, 2007) como el potencial de producción que una empresa puede lograr durante un tiempo determinado.

- Encuesta

Esta consiste en una serie de preguntas que van dirigidas una población en específico.

- Lluvia de ideas

La lluvia de ideas es una herramienta útil para expresar ideas aleatorias, según (Winter, 2000) es una herramienta de creatividad que se utiliza para crear un gran número de ideas, lleva esfuerzo creativo, es simple pero eficaz, además indica que existen tres tipos de lluvias de ideas, por libre rotación, por turno y cual es más estructurado, por papel este particularmente se caracteriza por que da la idea de participación anónima.

Por su parte (Ballesteros, 2019) indica que es una estrategia espontánea y libre que sirve para exponer de manera rápida ideas de un tema en específico, una característica es que se desarrolla en forma de lista y esta puede de ser de forma ordenada o desordenada, todo depende de la persona.

- 5 por qué

Este es según (Morales, 2013) una herramienta que consiste en explorar un problema por medio de a causa efecto repitiendo 5 veces a sencilla pregunta ¿Por qué?, existe dos pasos para poder aplicarla:

Paso 1: Definir el problema que se quiere solucionar

Paso 2. Preguntar sucesivamente ¿Por qué?, cabe destacar que esto se tiene límite cuando ya no exista la forma de aplicar otro por qué.

- Excel

Excel es un programa informático que permite realizar tareas, contables y financieras, que tiene distintos complementos como Visual Basic, el cual es utilizado en este caso para crear una forma de otorgarle al cliente un tiempo de entrega de los pedidos.

- Acta de constitución

Es aquella herramienta que sirve para organizar la forma que un proyecto se va a ir desarrollando y los involucrados que tomará en cuenta.

Para (Guerrero, 2018) es un documento que autoriza formalmente el comienzo de un proyecto o fase y debe de ser emitido por una gerencia de alto nivel de la organización.

- Análisis de correlación

Este análisis permite demostrar de una manera más simple el actuar de dos variables, para (Benjumea,2006) estudia el grado de tendencia entre dos variables estadísticas, es decir la característica principal de esta técnica es medir el grado de ajuste entre la función teórica y la nube de puntos. Además, este determina si la dependencia es fuerte, débil, directa o inversa.

Por otro lado, para este tipo de análisis la reacción de estas dos variables se ven involucradas en un promedio simple ponderado, el cual según (Krajewski & Ritzman, 2000) todas las demandas tienen la misma ponderación en el promedio, es decir $1/n$, además indica que una de las ventajas es que permita hacer énfasis en la demanda reciente, pero para aplicar este método se debe tener una demanda con tendencia.

- PERT con distribución beta

Para (López, 2006) PERT supone que todos los tiempos de cada actividad que compone un proyecto son variables aleatorias que obedecen a las distribuciones beta, se dice que esta distribución tiene características que se avienen bien con las características de las variables aleatorias usadas en PERT, la primera es que hay pequeñas probabilidades de que se den valores extremos y la segunda es una distribución unimodal.

Esta característica hace que PERT sea de tal modo confiable para el cálculo de tiempos, para (Render, Stair & Hanna, 2006) indica que no siempre es fácil asignar o proporcionar estimaciones de tiempos a cada actividad o procesos, para esto se debe tener datos históricos sólidos porque si no el cálculo proporcionará

inseguridad, por esa razón se debe contemplar las tres formas en que se presenta PERT: tiempo optimista, pesimista y más probable.

Tiempo optimista(a): Es el tiempo que empleará en una actividad si todo va bien como sea posible.

Tiempo pesimista(b): Es el tiempo que se emplearía en una actividad suponiendo condiciones muy desfavorables.

Tiempo más probable(m): Estimación de tiempo más realista para determinar la actividad.

Po otro lado para el cálculo con una distribución beta se debe contemplar la fórmula

a utilizar:
$$\frac{a+4m+b}{6} \quad (7)$$

a=Tiempo optimista m=Tiempo más probable b=Tiempo pesimista

- Cadenas de Markov

Para la determinación de probabilidades en eficiencia de ciertos productos se utiliza la Cadena de Markov junto con las redes de Petri, para (Parra, 2005) una cadena de Markov es una serie de iteraciones de un fenómeno a través del tiempo. Por su parte (Urbano et al.,2016) indica que corresponde a una clase específica de proceso estocástico¹ en el ámbito de modelos probabilísticos, una de las herramientas fundamentales para este modelo son las matrices de transición o también las matrices de identidad.¹

- Redes de Petri

Estas son según (García & Escobar, 2018) una herramienta de modelado muy efectiva para la representación y el análisis de procesos recurrentes, estas están formadas por dos tipos de nodos llamados lugares y transiciones. Los lugares regularmente representan acciones o condiciones y por su parte las transiciones

¹ Corresponde a una colección indexada de variables aleatorias {Xt}

representan eventos y estas están conectados por los llamados arcos. Por su parte para (Castellanos & Guzmán, 2010) indica que es un método de modelización de sistemas a eventos discretos con el cual es posible evaluar y optimizar diferentes procesos.

- Rotación de puestos de trabajo

Para (Arcones, 2019) la rotación de puestos es cuando los trabajadores pasan de unas tareas a otras, es decir, se intercambian los puestos de trabajo periódicamente, indica que los motivos pueden ser variados y algunos de ellos son: la imposibilidad momentánea de suprimir cierta tarea tediosa o pesada, seguridad de equipos y personas, repartir la fatiga que puede producir el desempeño de las tareas de un puesto y por una mayor motivación del personal.

- Sistema de lógica difusa

En este proyecto se utilizan conceptos relacionados a la lógica difusa, esta es una técnica de predicción de variables de salida con respecto a variables de entrada tomando en cuenta conjuntos difusos, según (González, 2017): “La lógica difusa proporciona un mecanismo de inferencia que permite simular los procedimientos de razonamiento humano, basados en el conocimiento”, además indica que para definir un conjunto difuso hay que definir su función de pertenencia(membresía) y para ello se debe contemplar las variables lingüísticas, que es aquella cuyos valores son palabras o sentencias en un lenguaje natural o artificial ejemplo: alto y bajo.

Un sistema de lógica difusa se comporta de la siguiente manera:

Funciones de pertenencia= Difusificación de las entradas y Difusificación de las salidas

Flujo: Entradas→Difusificación de las entradas→Evaluación de las reglas de control→Difusificación de las salidas→Salida.

Los pasos son llevados a cabo para la toma de decisión en un sistema de inferencia, básicamente las reglas definen la estrategia de control o conocimiento y estas obtienen una función de membresía de la variable de salida.

- Simulación de procesos

Es una técnica que permite modelar el comportamiento físico de un sistema, es decir, la simulación de procesos se utiliza para el diseño, desarrollo, análisis y optimización de procesos técnicos tales como un software en Visual Basic, el cual puede ser comparado con otro modelo o sistema para ver su comportamiento según la necesidad.

- Mapa de flujo de proceso

Según (Orozco, 1996) es Un tipo de diagrama de flujo que ilustra las relaciones entre los principales componentes de una planta industrial. Estos emplean un conjunto de símbolos y notaciones para describir un proceso. Los símbolos cambian en distintos lugares y los diagramas pueden variar desde simples garabatos trazados a mano o notas adhesivas hasta diagramas de aspecto profesional con información detallada expansible desarrollados mediante software.

- Prueba de hipótesis

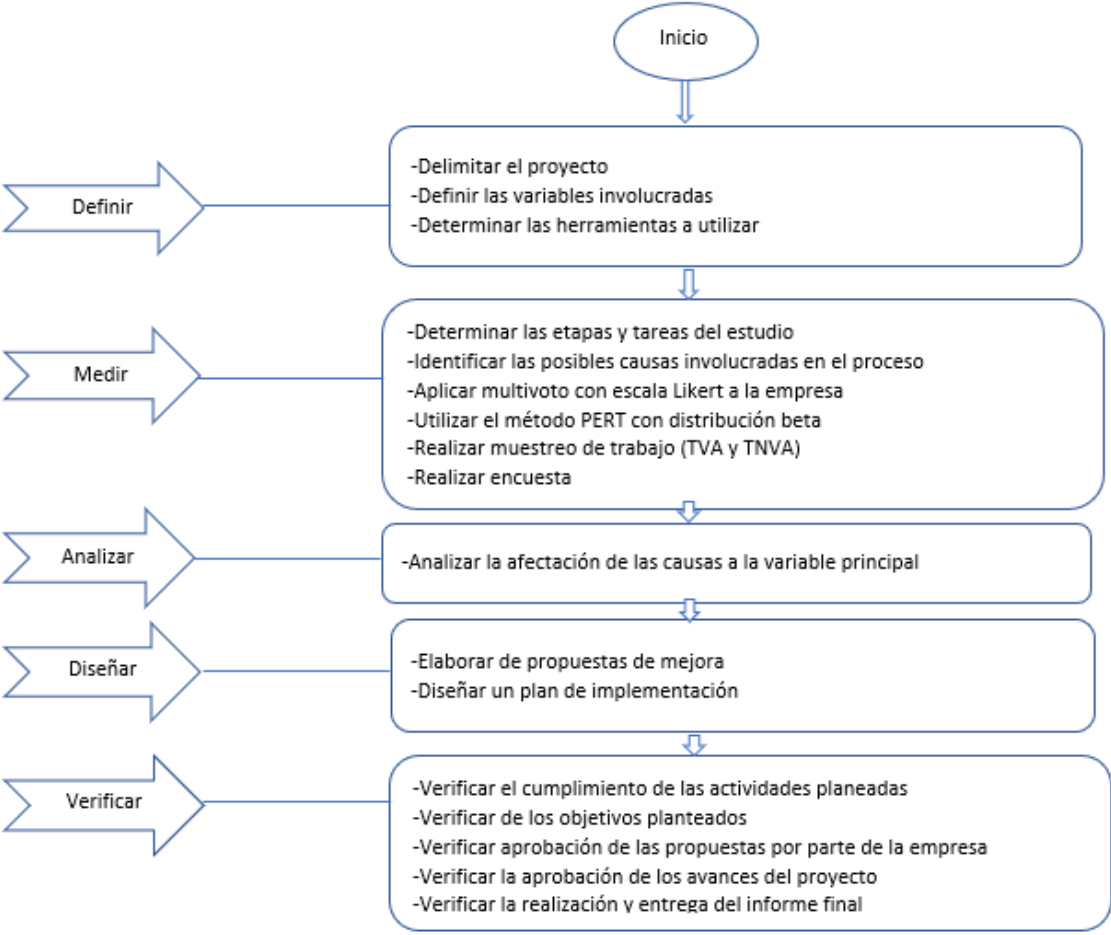
Una prueba de hipótesis es una regla que especifica si se puede aceptar o rechazar una afirmación acerca de una población dependiendo de la evidencia proporcionada por una muestra de datos.

Según (Minitab, 2018) una prueba de hipótesis examina dos hipótesis opuestas sobre una población: la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. La hipótesis nula es el enunciado que se probará. Por lo general, la hipótesis nula es un enunciado de que "no hay efecto" o "no hay diferencia". La hipótesis alternativa es el enunciado que se desea poder concluir que es verdadero de acuerdo con la evidencia proporcionada por los datos de la muestra.

III. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología utilizada en el proyecto con sus etapas principales y las actividades realizadas en cada una de las etapas.

La Metodología utilizada en el proyecto es la DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Verificar), a continuación, se muestran las etapas ya mencionadas:



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 6. Secuencia Genera de las tareas a realizar

A. Definir

A continuación, se muestran las descripciones de las actividades ejecutadas en la planeación del proyecto:

1. Delimitar el proyecto

Aquí se determinó la necesidad de la empresa en una propuesta de mejora y por ende la realización del proyecto en la empresa, además, se definió el problema que necesita intervención, por otro lado, se determinan tanto el alcance como las limitaciones de proyecto.

De igual manera se valoraron distintas metodologías con el fin de escoger la adecuada para el proyecto y se definieron los objetivos (general y específicos) a cumplir.

2. Definir las variables involucradas

En esta actividad se definieron las variables involucrados en el proceso productivo, así como las áreas que se ven involucradas.

3. Definir las herramientas a utilizar

Aquí se determinaron las herramientas y distintas técnicas que van a utilizar en cada fase y en el transcurso el proyecto, entre ellas se encuentran: multivoto con escala Likert, diagrama de Pareto, estudio de tiempos, muestreo de trabajo, mapa de flujo de valor, diagrama de Causa- Efecto, diagrama de Gantt, cálculo de tamaño de muestra, 5 porqué, Excel y otras.

B. Medir

En esta etapa se procede a realizar la medición y recolección de información por parte de las variables involucradas.

1. Determinar las tareas y etapas del estudio

En esta parte una vez definido el proceso en cual se trabajará, se determinan las etapas involucradas y con ellas las tareas a realizar para la obtención de datos.

2. Determinar las posibles causas involucradas en el proceso de fabricación

Se determinan las posibles causas o variables que están afectando el proceso de fabricación., además se diseñó una hoja de registro para guardar los datos obtenidos de las variables involucradas y de esta forma poder categorizarlas según su importancia para el proyecto.

3. Aplicar multivoto con escala Likert a la empresa

Se valida con la empresa los datos encontrados (Posibles variables involucradas)

4. Utilizar el método PERT con distribución beta

Primeramente, se realizó un muestreo preliminar para continuar con la definición de los parámetros que se necesitaran, seguidamente se determina el tiempo estimado.

5. Realizar muestreo de trabajo

En esta parte se realizó la toma de datos según el tamaño de muestra encontrado para medir el tiempo estándar que dura una pieza en específico según sus características particulares en cada uno de los procesos.

6. Realizar encuesta

En esta parte se realiza una encuesta que tiene como objetivo validar los datos obtenidos de la determinación de las causas que estén afectando la variable principal.

C. Analizar

1. Analizar la afectación de las causas a la variable principal

En esta parte se realizó el análisis de como cada variable encontrada afecta la variable principal, especialmente el análisis del por qué sucedió.

D. Diseñar

1. Elaborar la propuesta de mejora

En esta parte se realiza la elaboración de la propuesta de mejora que está alimentada con las variables involucradas y los factores, así como la elaboración y recomendación de otras propuestas de segundo plano.

2. Diseñar el plan de implementación

En esta parte una vez la propuesta diseñada se procede a elaborar un plan de implementación según los recursos de la empresa.

E. Verificar

1. Verificar las actividades planeadas

En esta parte se determinó que actividades se cumplieron según lo planeado.

2. Verificar los objetivos planteados

Aquí se determina si los objetivos planteados se cumplieron y si se realizaron en el tiempo previsto.

3. Verificar la aprobación de los avances del proyecto

En esta parte se le indica al estudiante si su avance realizado le es o no aprobado por el supervisor en la empresa.

4. Verificar la aprobación de las propuestas por parte de la empresa

Aquí la empresa le indica al estudiante si sus propuestas son aceptables o no.

5. Verificar la elaboración y entrega del informe final

En esta parte se llega a la culminación del proyecto donde se entrega el trabajo escrito y digital al profesor asesor y a la empresa y se generan las conclusiones y

recomendaciones, así como la hoja de calificaciones a la empresa y entrega de las bitácoras al profesor asesor. A continuación, en los cuadros No. 2, 3, 4 y 5 se muestra un resumen de la metodología DMADV.

Cuadro No. 2. Resumen de la metodología DMADV

Etapa	Relación con los objetivos	Actividades para realizar	Herramientas	Resultados esperados
Definir	Describir la situación actual del proceso de fabricación mediante un mapeo de procesos.	Delimitación del proyecto	Mapa de flujo del proceso.	Causas del problema encontrada
		Definición de las variables involucradas en el proceso de fabricación		Alcances y limitaciones
		Búsqueda y determinación de las herramientas técnicas.		Metodología definida
Medir	Identificar las posibles causas raíz y su relación con el tiempo de entrega de los pedidos.	Determinación de las tareas y etapas del proyecto.	Ishikawa, Multivoto con escala Likert, Pareto, Mapa de flujo de valor, encuesta, estudio de tiempos.	Descomposición de elementos de cada etapa.
		Identificar las posibles causas involucradas en el proceso.		Causas encontradas, clasificación de causas

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 3. Resumen de la metodología DMADV

		Aplicar multivoto con escala Likert		Variables que afectan el proceso productivo
		Utilizar el método PERT con distribución beta		Muestreo preliminar, parámetros de datos encontrados (tiempo estimado).
		Muestreo de trabajo (toma de tiempos).		Tareas de valor y no valor agregado.
		Aplicación encuesta.		Validación de las causas encontradas.
Analizar	Analizar como las variables encontradas afectan los tiempos de entrega de los pedidos.	Afectación de las causas a la variable principal	5 por qué, análisis de correlación, prueba hipótesis	El porqué de la afectación de las variables a los tiempos de entrega.
Diseñar	Diseñar una propuesta de mejora que involucre las variables relacionadas a lo entrega de los pedidos tiempos de	Elaboración de una propuesta de mejora	Herramientas de diseño (Visual Basic)	Propuesta de mejora para el proceso.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 4. Resumen de la metodología DMADV

		Diseño de un plan de implementación		Plan de implementación
Verificar	Comparar el modelo de producción actual con el propuesto para su evaluación económica y eficiencia.	Verificación del cumplimiento de las actividades planeadas	Simulación del proceso	Actividades verificadas
		Verificación de los objetivos planteados		Objetivos verificados
		Aprobación de los avances del proyecto.		Bitácoras
		Aprobación de las propuestas		Propuestas aceptadas o rechazadas
		Elaboración y entrega del informe final.		Conclusiones y recomendaciones. Documento escrito del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

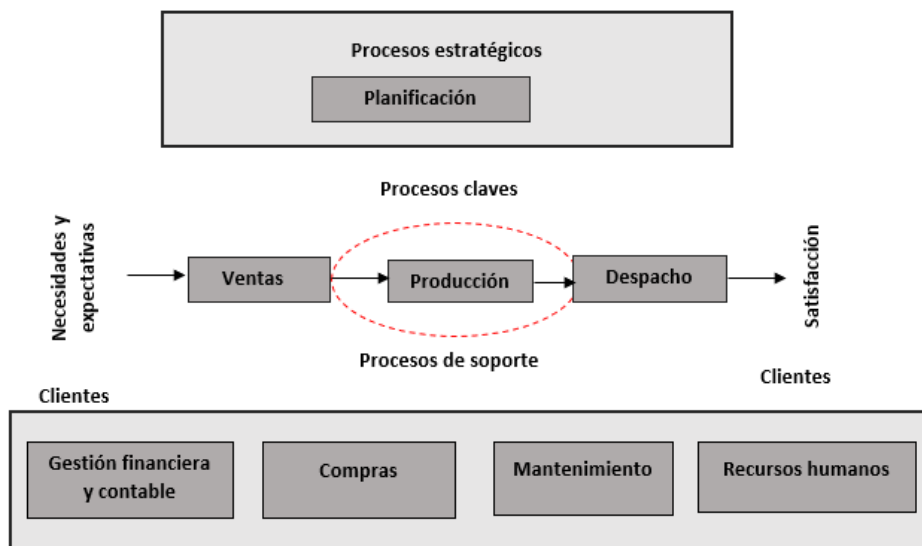
IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A. Desarrollo del proyecto

Como guía para la planificación de los requerimientos y tiempo del proyecto se realiza el acta de Constitución del proyecto donde se presenta a modo resumen la forma de cómo se desarrolla el estudio, dichas partes son: los interesados, el problema, los objetivos o meta y el tiempo para cada etapa, dicha herramienta se puede apreciar en el apéndice No. 1

De igual manera para contemplar cada una de las etapas y su correspondiente desarrollo se utiliza un diagrama de Gantt cuyo objetivo es ayudar a controlar la ejecución del proyecto, dicha herramienta se encuentra en el apéndice 2.

B. Descripción del proceso general



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 7. Mapeo de procesos de Carmiol Industrial S.A

En la figura No. 7 se encuentra el proceso estratégico que busca cumplir o alcanzar la visión y misión establecida por la empresa, mediante la toma de decisiones. Por otra parte, se muestran los procesos claves, los cuales son procesos esenciales para el funcionamiento de la empresa (Ventas, producción y despacho), de igual

manera, se muestran los procesos de apoyo que garantizan y brindan el desarrollo de las actividades mediante suministros o recursos.

Cabe destacar que en este mapeo de procesos no se muestran algunos procesos administrativos que no son importantes para el proyecto, en otras palabras, para la variable de estudio.

C. Análisis del proceso productivo de la empresa

Una vez conocido como proceso clave el proceso productivo (Alistado, moldeo, perforación, ensamble, cepillado, fundición, lavado y corte, acabado y empaque, el cual se puede observar en la figura No.25 de la página 47) es necesario un análisis de sus partes y procedimiento:

1. Planificación de la producción

Se define qué productos son los que se van a fabricar y el tiempo aproximado de su terminación, así como la preparación de materia prima a utilizar.

2. Zarandeo de arena

En esta actividad se alista la arena con ayuda de la máquina de Zarandeo (Ver figura No.8), la cual separa la arena en dos tipos: fina y gruesa o con grumos, ambos tipos de arena servirán para formar los moldes.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 8. Proceso de preparación de arena

3. Preparación de moldes

En esta actividad se elaboran los moldes con la arena fina y gruesa proveniente de la máquina de zarandeo, es decir se da la forma moldeada que llevará el producto.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 9. Proceso de moldeo

En la figura No.10 se observa la mesa (en total son dos iguales) que actualmente utilizan para transportar los moldes a el área de fundición.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 10. Mesas de transporte de moldes

4. Agregar más arena o agua

Esta actividad parte del área de preparación de arena, básicamente esta tarea consiste en darle consistencia a la arena (ver figura No.11). Cuando el molde se desmorona se procede a dos cosas: agregar agua si la mezcla de arena está seca y si está húmeda o con exceso de agua se le agrega más arena, hasta lograr una contextura adecuado para la formación del molde.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 11. Preparación arena

5. Preparación de bronce/aluminio

En esta actividad la materia prima de aluminio o bronce son agregados al horno para ser derretidos ver figura No.12.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 12. Preparación de aluminio y bronce líquido

6. Relleno de molde

En esta actividad se da el relleno del molde, ya sea de aluminio o bronce derretido, como se observa en la figura No.13 el empleado sostiene un chorreador el cual lleva líquido hacia un recipiente, el cual será el encargado de rellenar los moldes con aluminio o bronce (ver figura No.14).



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 13. Mezcla para relleno



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 14. Zona de relleno de moldes

7. Lavado

En esta actividad las piezas después del proceso de fundición son llevadas a una pila para ser lavadas con agua, en la figura No.15 se observa un carretillo varias piezas de diferentes productos siendo lavadas por un empleado.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 15. Área de lavado

8. Corte de pieza

En esta actividad se cortan los residuos de aluminio o bronce que no pertenecen a las características del producto, en la figura No 16 se puede ver la máquina cortadora a la par de distintas piezas por ejemplo del producto 203-100-E-A(canastas).



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 16. Área de cortes de piezas

9. Desbaste

En esta actividad se brinda un lijado o desbaste de las piezas con el fin de quitarle los grumos o lo áspero de las piezas, además dependiendo de las características de las piezas se dan un desbaste interno o externo, en la figura No.17 se observa la máquina de lijado la cual es la encargada de brindarle un desbaste externo a las piezas y en la figura No. 18 se puede ver el desbaste interno de una pieza de la familia de calderas para azotea.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 17. Desbaste externo



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 18. Desbaste interno

10. Perforación de piezas

En esta actividad se realiza la perforación de las distintas partes de los productos con el fin de ajustarlas por medio de tornillos.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 19. Área de perforado de piezas

11. Ensamble

En esta actividad se unen las partes de las piezas para formar el producto, en la figura No.20 se observa la fase de unión de unas piezas provenientes de la familia de tapas de registro.



Fuentes: Elaboración propia

Figura No. 20. Área de ensamble

12. Refrentado/torneado

En esta actividad las piezas son mecanizadas con ayuda del torno donde se desprende viruta propia del metal, en la figura No.21 se observa el torno con una pieza de las familias de calderas para piso.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 21. Zona de torneado

13. Limado

En esta actividad se le da un acabado a la pieza por medio de un limado cuya finalidad tiene eliminar las partes de virutas que no se pudieron eliminar en el torneado, en la figura No.22 se observa la escobilla encargada de brindar el limado de las piezas.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 22. Limado de piezas

14. Pulido

En esta actividad se abrillantan y limpian las partes de los productos, es importante indicar que no todas las piezas necesitan de este proceso, las características del producto lo definen, en la figura No.23 se observa la escobilla encarda de realizar tales actividades de acabado.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 23. Área de pulido

15. Empaque

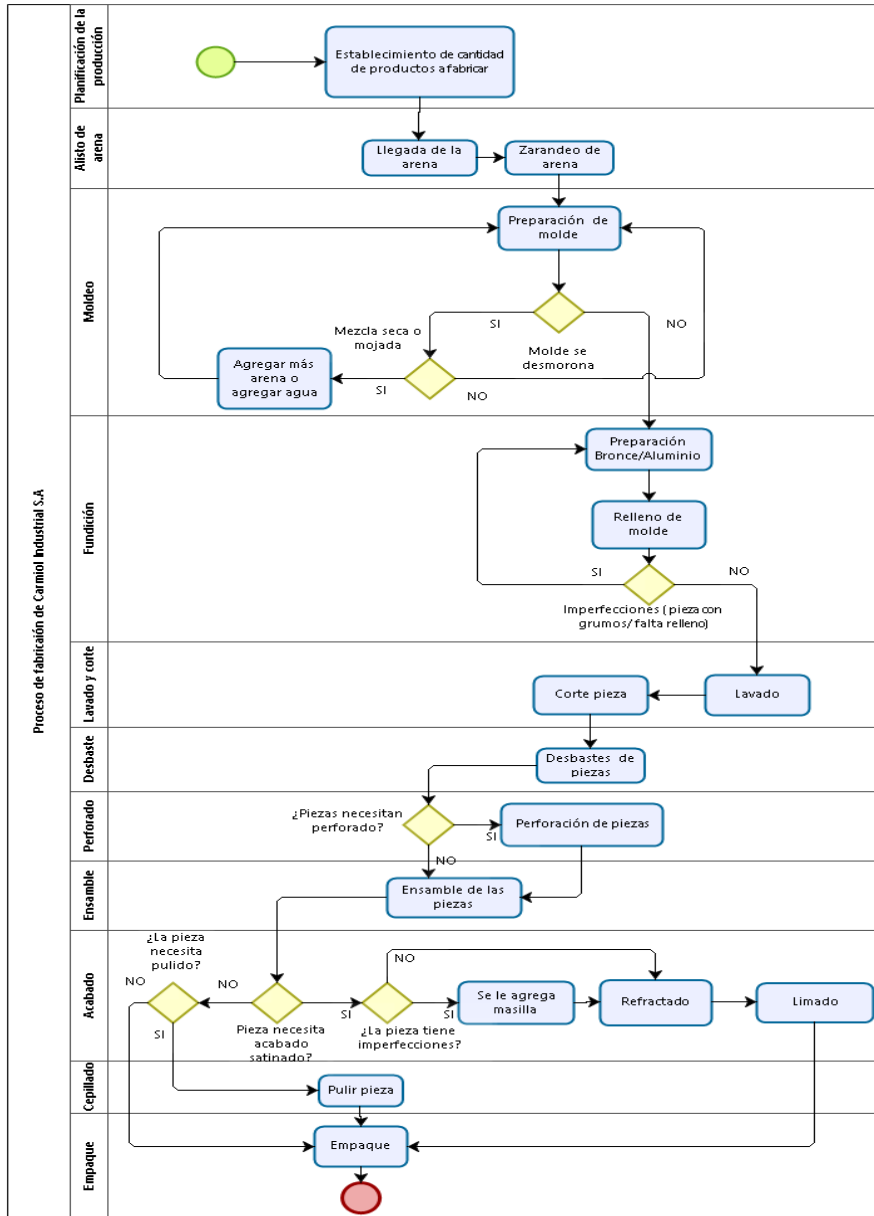
En esta actividad el producto es empacado para su respectiva entrega al cliente o para guardarlo en el inventario, en la figura No.24 se observa el área de empaque del producto terminado.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 24. Área de empaque

Por otro lado, como se menciona anteriormente el análisis se centra en el proceso de fabricación de la empresa y para más detalle de este se realiza un diagrama general para conocer cuál es procedimiento básico realizado actualmente.

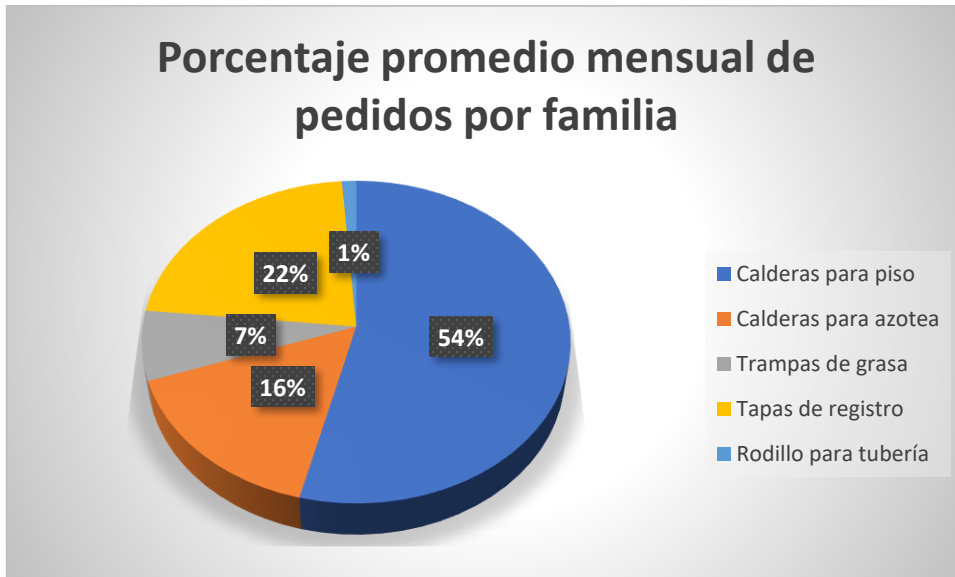


Fuente: Elaboración propia

Figura No. 25. Diagrama del proceso productivo de Carmiol Industrial S.A

D. Familia de productos en estudio

Carniol Industrial S.A posee en total 5 familias de productos (Trampas de grasa, tapas de registro, rodillo para tuberías, calderas para piso y azotea) de estas solo tres familias se toman en cuenta y de las cuales 5 productos(114 -100-E-A-S, 301-100-E-AB-S-NPVC, 134-50-E-A-S, 203-100-E-A, 300-100-A-S-V2) provenientes de ellas son analizados para el proyecto en estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 26. Gráfico de pastel con porcentajes promedio mensual de pedidos

La etapa de producción de pedidos es una de las partes donde se consume la mayor cantidad de recursos, hay que tener en cuenta que el tiempo en esta parte depende de los trabajadores, esto es debido a que las máquinas utilizadas no son automatizadas si no que necesitan ser manejadas por los operadores, es decir el proceso de fabricación de la empresa es completamente manual. Como se ha mencionado antes, el proyecto abarca solamente aquellas familias y productos con ciertas características, específicamente los tres productos más difíciles de fabricar y los dos más sencillos de producir, se hace de esta manera contemplando la demanda de ventas y las necesidades de la empresa.

En la figura No.9 se muestra que las calderas para piso son la familia que más pedidos tienen mensualmente con un porcentaje de un 54%, seguidas de las tapas de registro con un 22%, caso contrario para los rodillos para piso que son la familia con menos pedido.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 27. Gráfico de pastel con porcentajes promedio mensual de pedidos

Como se mencionó anteriormente para el estudio se abarcarán cinco productos por familia, específicamente aquellas que tienen mayor demanda de pedidos, dicha clasificación se compone de los artículos sencillos de hacer: 114 -100-E-A-S, el cual es uno de los productos fáciles de fabricar en comparación con los productos de la misma familia de calderas para piso, la 300-100-A-S-V2 del grupo de tapas de registro.

Por otra parte, los productos difíciles de elaborar actualmente para la empresa son: la 301-100-E-AB-S-NPVC, es uno de los artículos más laboriosos de hacer con respecto al resto de la familia de tapas de registros, debido a que su composición

es de bronce, el cual es un material complejo de tratar por parte de los trabajadores en comparación con el aluminio, la 203-100-E-A, miembro de las calderas para azotea, es de igual manera un producto que cuesta hacer debido a que está compuesto de una parte de bronce específicamente la tapa y el cuerpo de aluminio y la 134-50-E-A-S el cual también brinda complejidad en su fabricación por sus características internas, ya que la tapa es delgada y a la hora del llenado tiende a quebrarse por lo que siempre hay reprocesos para esta parte del producto, además que se tiene que dar un acabado por aparte, es decir tapa y cuerpo por separado.

En la figura No.27 se puede observar que el 86% de los productos fabricados por mes corresponde a la 300-100-A-S-V2, seguido de las tapas de registro, 301-100-E-AB-S-NPVC y 114-100-E-A-S respectivamente.

Para dichos artículos la similitud en su estructura es similar por lo que el tiempo en cada proceso por familia es parecido, lo que suele cambiar es el tamaño y el material, para los empleados según la encuesta aplicada (Ver apéndice No.3), el bronce es el material que más les cuesta trabajar.

En el cuadro No.5 y No.6 se presentan las ventas y cantidad de pedidos respectivamente de los últimos seis meses.

Cuadro No. 5. Datos de ventas desde enero hasta julio del 2019

Ventas por producto					
Mes	300-100-A-S-V2	203-100-E-A	301-100-E-AB-S-NPVC	114-100-E-A-S	134-50-E-A-S
Enero	₡167 520	0	₡897 000	₡134 595	₡30 780
Febrero	₡596 382	₡232 500	₡51 179	₡299 100	₡20 520
Marzo	₡658 371	₡113 463	₡256 614	₡69 706	₡36 345
Abril	₡127 363	₡128 511	₡379 141	₡714 595	₡106 815
Mayo	₡1 932 610	₡54 000	₡369 575	₡337 225	₡337 235
Junio	₡203 782	₡23 365	₡140 628	₡121 988	₡73 698
Julio	₡28 200	₡11 682	₡421 886	₡17 643	₡169 280

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 6. Datos de pedidos desde enero hasta julio del 2019

Pedidos por producto					
Mes	300-100-A-S-V2	203-100-E-A	301-100-E-AB-S-NPVC	114-100-E-A-S	134-50-E-A-S
Enero	26	0	12	9	1
Febrero	32	15	2	20	1
Marzo	3	28	21	41	1
Abril	5	11	9	41	1
Mayo	7	2	30	8	1
Junio	8	2	3	7	1
Julio	11	1	9	1	1

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro No. 6 el producto 114-100-E-S ha tenido la mayor cantidad de pedidos en estos últimos meses, pero no genera tanta ganancia económica en comparación a los otros artículos, pues en cuanto a esto el 300-100-A-S-V2 es el que le deja mayor beneficio económico, dado que se pide en grandes cantidades en cada pedido (ver figura No.27) y a esto se le suma el precio de venta. Por otro lado, es importante mencionar que la constancia de la cantidad de pedidos no es igual cada mes, el único producto de los 5 analizados, que si ha tenido esta igualdad ha sido el 134-50-E-A-S.

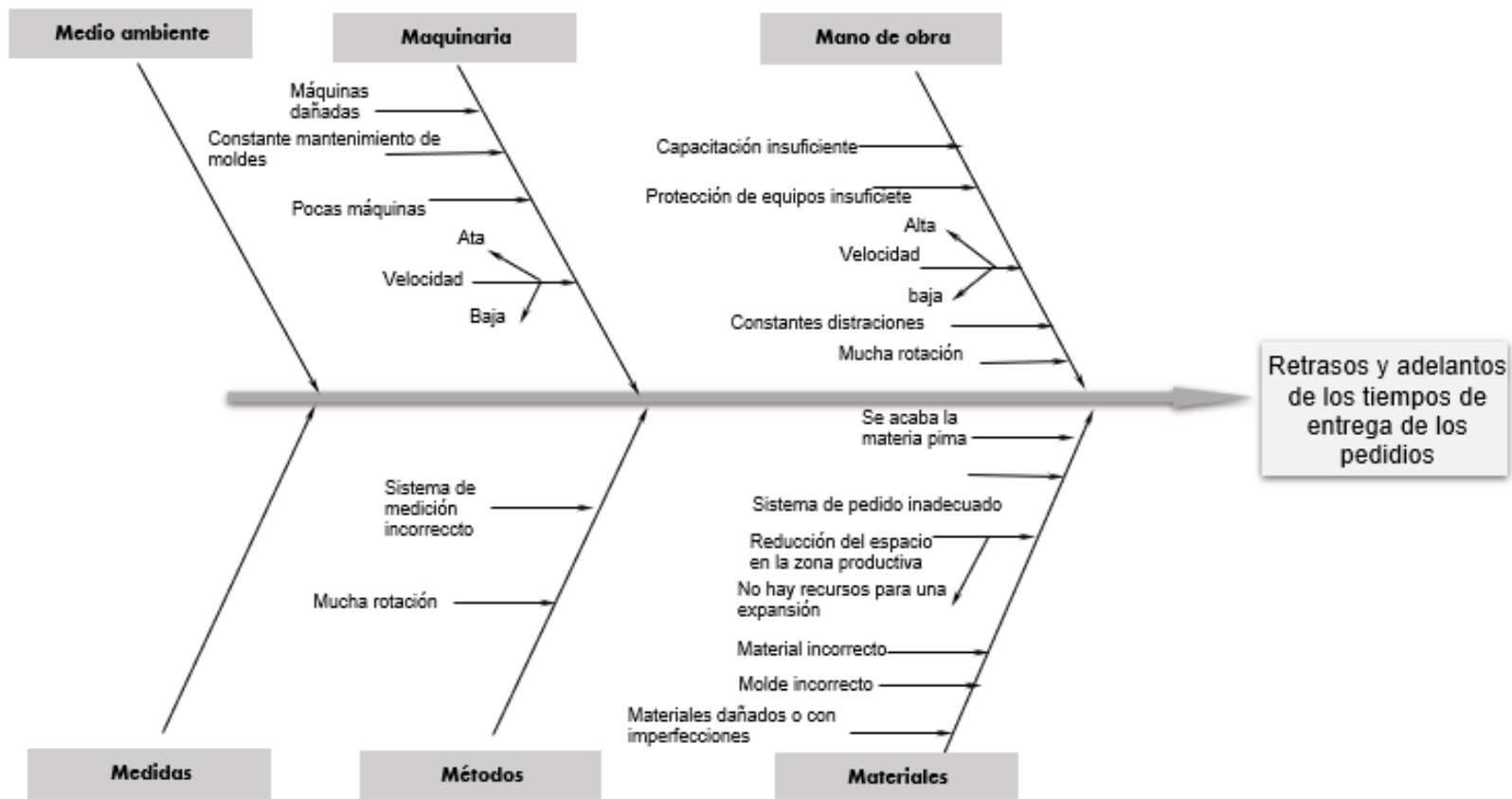
E. Determinación de variables y factores relacionados con la planificación de producción

Para seleccionar las variables a utilizar en el estudio se realiza una lluvia de ideas (ver apéndice No 12), la cual se realizó con la encargada de producción, cabe destacar que las variables son referentes al proceso productivo de la empresa, es decir para el surgimiento de estas variables se toman en cuenta todos los procesos desde la planificación de los pedidos hasta el empaque del producto, el objetivo de esta técnica es mostrar una serie de opciones que permitan escoger las variables que se relacionan con el problema principal (tiempos de entrega).

A continuación, se enlistan las variables:

- Tipo de trabajo
- Falta de materia prima
- Sistema de planificación incorrecto
- Máquinas dañadas
- Constante mantenimiento de los moldes
- Mucha rotación
- Sistema de medición incorrecto
- Velocidad variante
- Capacitación insuficiente
- Materiales y moldes incorrectos
- Poco espacio de trabajo
- Distracciones continuas
- Insuficientes protecciones al operador
- Tipo de diseño

Con dichas opciones se procede a realizar un diagrama Ishikawa que agrupa estas posibles causas en subgrupos como mano de obra, máquinas, métodos y materiales que permiten conocer de una forma sencilla de donde provienen dichas causas y subcausas:



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 28. Diagrama de Ishikawa




Para determinar cuáles son las causas que tienen una mayor importancia se realiza una matriz de ponderación con cuatro preguntas que tienen la finalidad de proporcionar facilidad a la hora de buscar un puntaje para la ordenación de las causas, dichas interrogantes involucran un valor del 1 al 3 siendo este último el del puntaje superior, dichos valores proceden de una escala establecida con la empresa bajo un criterio de importancia en atención de las causas. (ver figura No.29).

Cuadro No. 7. Matriz de ponderación y determinación de causas

CAUSAS	CRITERIOS				TOTALES
	FACTOR	CAUSA	SOLUCIÓN	FACTIBLE	
Maquinaria					
Constantes mantenimiento a los moldes	2	1	1	2	6
Máquinas dañadas	1	1	1	1	4
Pocas máquinas	2	2	1	1	6
Velocidad	3	3	2	3	11
Métodos					
Mucha rotación	3	3	3	3	12
Sistema de medición incorrecto	3	3	3	3	12
Mano de obra					
Capacitación incorrecta	3	2	1	1	7
Tiempos de descanso	2	1	2	1	6
Velocidad	3	3	2	3	11
Constantes distracciones	3	3	3	3	12
Mucha rotación	3	3	3	3	12
Materiales					
Molde incorrecto	2	2	1	1	6
Material incorrecto	1	1	1	1	4
Reducción del espacio en la zona productiva	3	2	3	2	10
Sistema de pedido inadecuado	3	2	2	2	9
Se acaba la materia prima	3	3	3	3	12

Fuente: Elaboración propia

¿Es un factor que lleva al problema? ¿Es factor?
 ¿Es una causa directa? ¿Causa directa?
 ¿Tiene una solución directa? ¿Solución directa?
 ¿Tendría una solución factible? ¿Solución factible?

Escala
 1: Bajo/menos beneficio
 2: Medio/ni menos ni mas beneficios
 3: Alto/más beneficios

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 29. Puntuación de criterios e interrogante

Aplicando los criterios y las preguntas correspondientes a la matriz de ponderación se determina que cuatro causas tienen un puntaje de 12 (puntaje mayor), y éstas son: la rotación de los puestos de trabajo, sistema de planeación de pedidos insuficiente (que no brinda una fecha de entrega correcta al cliente), constantes distracciones en los puestos de trabajo y materia prima escasa.

Cabe destacar que aquí se toma en cuenta solamente 4 M's del diagrama de Ishikawa (Maquinaria, Mano de obra, Métodos y materiales) debido a que no se determinaron posibles causas y sub-causas referentes a Medio ambiente y Medidas.

Para validar si estas variables y factores encontrados en la lluvia de ideas y en el Ishikawa poseen la misma importancia para todos los interesados, se realizó un multivoto de causas basando los criterios de selección en la escala de medición tipo Likert adecuando los criterios a este caso en particular, el cual es llenado por la empresa, específicamente por los involucrados en el proceso como la coordinadora de producción, gerente de la empresa y coordinador administrativo.

Dicha matriz se muestra a continuación en la figura No.30 y la boleta utilizada para la recolección de datos se puede ver en el Apéndice No.4

MATRIZ DE MULTIVOTACIÓN DE CAUSAS		
Tema: Problemas en los tiempos de entregas de los pedidos a los clientes		
Propósito: Elegir las causas raíz de mayor impacto en el problema de adelantarse y atrasarse con los pedidos de los clientes		
Item	Problemas	Votación
		Total
1	Rotación de personal	3
2	Variaciones de tiempo en velocidad de personal	1
3	Material dañado o con imperfecciones ocasionan continuamente reprocesos	1
4	No conocer los tiempos estándares	2
5	Trabajadores de planta se encuentran desmotivados	2
6	Constantes distracciones en los puestos de trabajo	3
7	La planeación de pedidos es insuficiente	3
8	Constante antenimientos a los modes	2
9	Capacitación insuficiente	1
10	Escases de espacio en planta	2
11	Poco personal	2
12	Se acaba materia prima	3

Puntaje	Escala	Categoría
3	Sumamente importante	
2	Importante	
1	No importante	

Problemas con mayor votación	
La planeación de pedidos es insuficiente	
Rotación de personal	
Constantes distracciones en los puestos de trabajo	
Se acaba materia prima	

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 30. Matriz de multivotación de causas

Como se puede observar, en la figura No.30 la empresa considera que entre los factores y causas que pueden estar afectando los tiempos de entrega se encuentran: la manera de realizar la planeación de pedidos, las constantes rotaciones de los puestos de trabajo, las distracciones en las áreas de trabajo, y la poca materia prima(arena), cabe destacar que la empresa se basó en su criterio experto tanto para tomar la decisión de la escogencia de cada una de estas variables como para asignarle una priorización de las más urgentes para atender, la empresa le dio un priorización de atención a estas variables, en primer lugar se encuentra la manera de realizar los pedidos, en segundo lugar las constantes rotaciones de los puestos de trabajo, en tercero las distracciones en entre las áreas de trabajo y de último la escases o poca de la materia prima(arena).

F. Medición de las variables involucradas y factores relacionados a la planificación de producción

En esta parte se procede a medir las causas encontradas en el Ishikawa, con el fin de determinar que tanta afectación hay de estas variables con los tiempos de entrega.

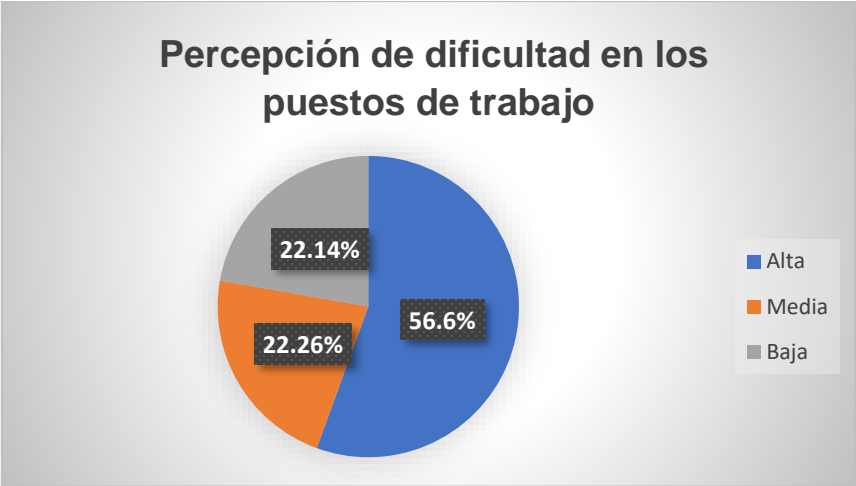
- Rotación de personal

La empresa actualmente opta por cambiar el personal de sus puestos de trabajo cada 15 días, con el fin de reducir la fatiga en ciertos procesos, en este caso específicamente en el área de fundición y moldeo, debido a que son áreas muy pesadas y difíciles de manejar para ellos (trabajadores de planta), lo cual indica la encuesta aplicada (ver en el apéndice No. 3).

Lo anterior, lo que quiere decir es que las tareas realizadas en estas áreas conllevan constante esfuerzo físico y mental dado que son tareas que conllevan muchos detalles por ejemplo en fundición, si el líquido ya sea de bronce o aluminio se sale del molde durante la chorreada por no agregar dicho material derretido en el lugar correcto, se da tanto un desperdicio de líquido como la deformidad de las piezas.

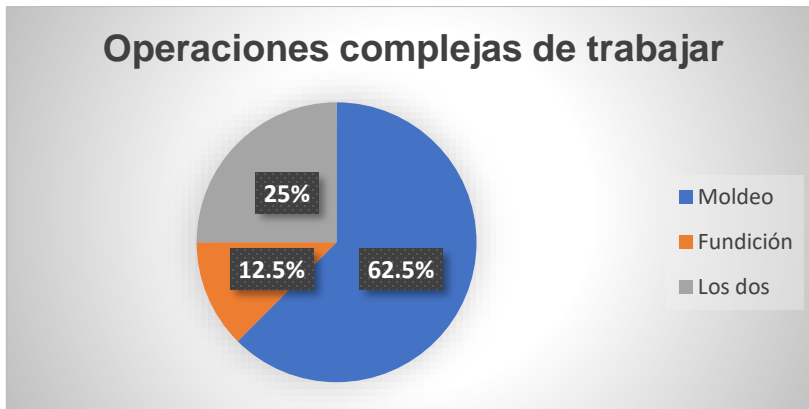
La encuesta tiene como objetivo conocer tanto el nivel de experiencia como la percepción del operador sobre la dificultad en los distintos puestos de trabajo en la planta, en esta encuesta la población entrevistada fue de 9 personas, cabe destacar que esta cantidad es el total de peones de la empresa, se realiza de esta forma porque se necesita conocer la opinión de todos los empleados, dicha encuesta tiene un total de 12 preguntas, las cuales lograron el objetivo planeado.

Por otro lado, el instrumento de medición utilizado por la encuesta en el cuestionario, el cual es formulario que contiene las preguntas que son dirigidas a los sujetos objeto de estudio, el proceso de validación de este fue mediante una entrevista a los trabajadores en donde explicaran las razones que los llevaron a dar la respuesta que dieron en cada caso, además se realizó un análisis de los currículos para comprobar la experiencia en cuanto años de estadía en la empresa.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 31. Percepción de dificultad por parte de los trabajadores en los puestos de trabajo en cada rotación



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 32. Procesos productivos complicados de trabajar

Entre los datos obtenidos se determina que 56.6% de los empleados consideran que existe dificultad alta en puestos de trabajo, relacionado a este porcentaje se tiene que un 62.5% de los empleados indican que moldeo es el proceso que les cuesta más de trabajar especialmente cuando el material es de bronce, seguido por fundición con un 12.5%, este según los empleados es porque hay mucho tiempo perdido debido al reproceso de piezas, específicamente por defectos(moldeo), ver apéndice No.3.

Es por esa razón que es importante contemplar la cantidad de las piezas defectuosas que salen al final de las operaciones, pero específicamente en moldeo, que es donde inicia la fabricación de los productos y ver si la rotación de los puestos de trabajo ² perjudica al final para entregar los pedidos, para ello se le conoce a la primera rotación (12/08/19) como rotación A y a la segunda(02/09/19) como rotación B, se realizó esta definición para una mejor comprensión de los datos.

² La rotación de puestos es cuando los trabajadores pasan de una operación a otra (ver definición en página 26)

Cuadro No. 8. Fechas de las dos últimas rotaciones de puestos de trabajo

Fechas de rotación de puestos de trabajo	
Inicio	Final
12/08/19	30/08/19
02/09/19	20/09/19

Fuente: Elaboración propia

Para ello primeramente se hace un análisis de las piezas defectuosas de los productos en estudio las cuales se pueden ver en los cuadros No.9 y No.10 que se elaboraron en las más recientes rotaciones, en el cuadro No.8 se presenta la fecha de inicio y final de dichas rotaciones (A y B).

Cuadro No. 9. Cantidad de piezas defectuosas por cantidad de productos fabricados para la rotación A.

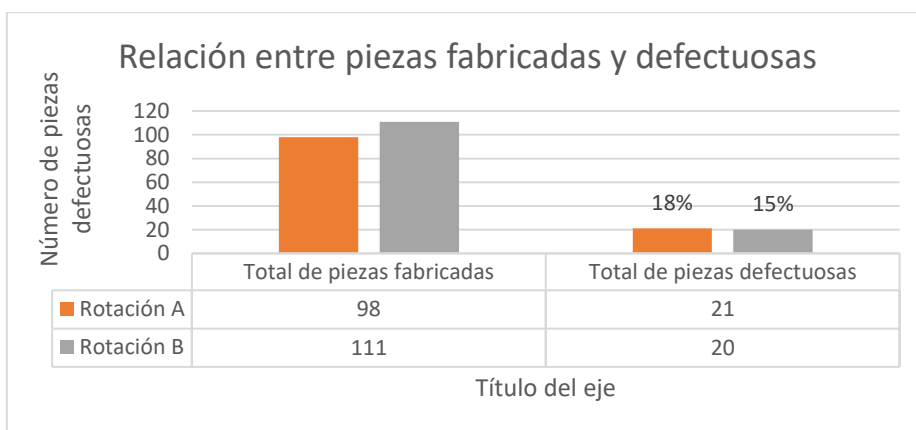
Cantidad de piezas defectuosas por cantidad de productos fabricados			
301-100-E-AB-S-NPVC			
37 unidades			
Cuerpo abajo	Cuerpo	Tapa	Total
2	2	1	5
203-100-E-AB-S-NPVC			
14 unidades			
Canasta	cuerpo	Total	
1	1	2	
300-150-E-A-S-V-2			
40 unidades			
Marcos	Tapa	Total	
1	5	6	
114-100-E-A-S			
20 unidades			
Rejilla	Cuerpo	Total	
1	6	7	
Total de piezas defectuosas			
20			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 10. Cantidad de piezas defectuosas por cantidad de productos fabricados para la B.

Cantidad de piezas defectuosas por cantidad de productos fabricados			
301-100-E-AB-S-NPVC			
37 unidades			
Cuerpo abajo	Cuerpo	Tapa	Total
1	1	6	8
203-100-E-AB-S-NPVC			
21 unidades			
Canasta	Cuerpo	Total	
1	2	3	
300-150-E-A-S-V-2			
20 unidades			
Marcos	Tapa	Total	
3	1	4	
134-50-E-A-S			
20 unidades			
Rejilla	Cuerpo	Total	
6	0	6	
Total de piezas defectuosas			
21			

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 33. Relación entre piezas fabricadas y defectuosas

Como se puede observar en la figura No.33 la cantidad de productos defectuosos es equivalente al 18% para la rotación A y 15% para la B.

Lo que quiere decir, que existe diferencia entre las rotaciones y los niveles de defectuosos obtenidos en la fabricación de un mismo modelo x.

En las páginas No.115,116 y 117 se puede ver un análisis más detallado de estos porcentajes y la correlación que tienen ambas variables (piezas defectuosas y rotación de los puestos de trabajo).

Por otro lado, para poder definir una variable probabilística que contemple las posibles variaciones que se dan en la cantidad de piezas defectuosas que se produce en cada proceso, se realiza un análisis con el uso primeramente del Rolled Throughput Yield(RTY)³, redes de Petri y matriz de transición de Markov, en este caso se toma en cuenta desde moldeo hasta Acabado, iniciando desde el proceso cuello de botella(moldeo) y hasta los otros procesos.

En el cuadro No.11 se muestra información para el Rolled Throughput Yield, de los cinco productos, esta misma contiene un número que representa cada proceso. Por otro lado, en el cuadro No,13 se muestran los códigos que se le asignaron a los trabajadores de planta, este tipo de asignación significa:

T: Trabajador

C: Carmiol Industrial

0_ (1,2,3,4,5,6,7,8): Número asignado según el tiempo de experiencia en la empresa(estadía).

Cabe destacar que este código fue asignado por cuestión meramente del proyecto, como medio de simplificación para el análisis de este.

³ Índice de desempeño acumulado

Cuadro No. 11. Información de asignación para el Rolled Throughput Yield de 301-100-E-AB-S-NPVC, 203-100-E-B, 300-150-E-A-S-V-2, 134-50-E-A-S y 114-100-E-A-S.

Datos para el Rolled Throughput Yield	
No. asignado	Proceso
1	Moldeo
2	Fundición
3	Corte y lavado
4	Desbaste
5	Perforado
6	Acabado
7	Empaque

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 12. Días de entrega de pedidos por cada lote

Producto	Cantidad de días para entregar el pedido
301-100-E-AB-S-NPVC	6
203-100-E-B	4
300-150-E-A-S-V-2	3
134-50-E-A-S	1
114-100-E-A-S	2

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 13. Asignación de códigos a los trabajadores de Carmiol Industrial

Códigos trabajadores	
Trabajador	Código
Jonathan	TC01
Cristóbal	TC02
Hanzel	TC03
Juan Diego	TC04
Mairon	TC05
Armando	TC06
Cristopher	TC07
Roberto	TC08

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 14. Asignación de puestos de trabajo para la rotación A

Asignación de puestos para la rotación A	
Proceso	Código trabajador
Moldeo	TC03
	TC05
Fundición	TC06
Lavado y corte	TC06
Desbaste	TC08
Perforado	TC04
Ensamble	TC07
Acabado	TC01
	TCI02

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 15. Asignación de puestos de trabajo para la rotación B

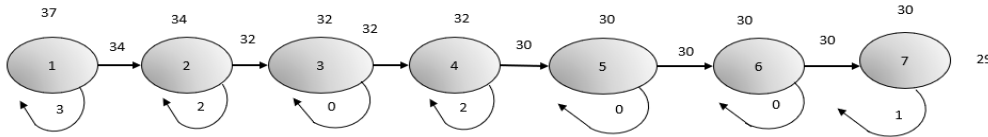
Asignación de puestos para la rotación B	
Proceso	Código trabajador
Moldeo	TC01
	TC02
Fundición	TC03
Lavado y corte	TC03
Desbaste	TC04
Perforado	TC07
Ensamble	TC08
Acabado	TC05
	TC06

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los Rolled Throughput Yield, las redes de Petri y cadenas de Markov de cada lote de los productos seleccionados para el estudio, cabe destacar que el análisis se hace solamente para dos rotaciones.

A continuación, se presenta la medición de RTY probabilístico del área de moldeo relacionada con la rotación A (Las demás partes están en el anexo No.10):

- 301-100-E-AB-S-NPVC

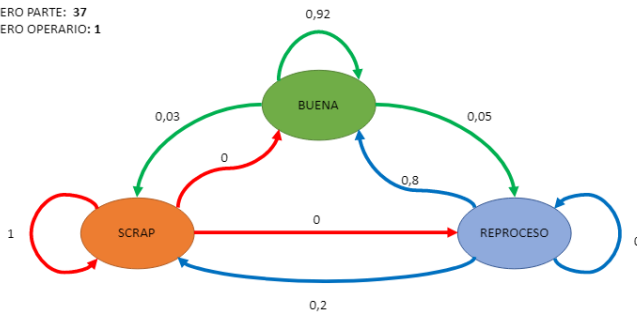


Fuente: Elaboración propia

Figura No. 34. Rolled Throughput Yield producto 301-100-E-AB-S-NPVC

Según los datos anteriores tengo: $(34 \cdot 100) / 37 = 91,89$ redondeado a 92%, ese es el yield o rendimiento (piezas buenas) para moldeo, con estos datos se obtiene: que del 8% restante, un 5% es para reproceso, en este reproceso el 80% sale como buena nuevamente y un 20% es para scrap, por otro lado el restante 3% de las piezas va directamente para scrap y aquí el 100% de scrap permanece como desperdicio, lo que se puede ver en la figura 35.

OPERACIÓN: MOLDEO
 NUMERO PARTE: 37
 NUMERO OPERARIO: 1



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 35. Redes de Petri para el proceso de moldeo del producto 301-100-E-AB-S-NPVC

Operación: **MOLDEO**
 Número parte: **37**
 Operario: **TC01**

	B	R	S	ID
B	0,92	0,8	0	1
R	0,05	0	0	0
S	0,03	0,2	1	0

	B	R	S	Zdo
B	0,92	0,8	0	0,92
R	0,05	0	0	0,05
S	0,03	0,2	1	0,03

B	0,88
R	0,046
S	0,067

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 36. Cálculo de la matriz de transición el para el proceso de moldeo del producto de 301-100-E-AB-S-NPVC.

En la figura 36 se observa una matriz de transición que calcula la probabilidad de que haya piezas buenas para el siguiente periodo, dados los resultados actuales se debería esperar un 88% de eficiencia en la operación de moldeo para 37 unidades y el operario TC01, cabe destacar que las unidades son indiferentes pues, aunque sean 10 o 100 unidades el porcentaje de eficiencia será el mismo, en este caso un 88%.

Cabe destacar que se contempla únicamente los procesos donde propiamente se da la formación sólida de los productos, es decir para esta parte no se toma en cuenta el proceso de alistado de arena ni empaque.

Por otro lado, en esta sección (diagnóstico) solo se muestran el cálculo y análisis de RTY para la rotación A, los datos relacionados al cálculo del RTY general de la rotación B se encuentra en el anexo No.10.

Cuadro No. 16. Porcentajes de RTY por lote fabricado para la rotación del A

RTY para la rotación del 12/08/19	Producto
69%	301-100-E-AB-S-NPVC
80%	203-100-E-A
74%	300-150-E-A-S-V-2
63%	134-50-E-A-S

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 17. Porcentajes de RTY por lote fabricado para la rotación B

RTY para la rotación del 02/0919	Producto
84%	301-100-E-AB-S-NPVC
85%	203-100-E-B
80%	300-150-E-A-S-V-2
54%	114-100-E-AS

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 18. First pass yield obtenido en las rotaciones

First pass yield para la rotación B	
Producto	FPY
301-100-E-AB-S-NPVC	78%
203-100-E-A	86%
300-150-E-A-S-V-2	80%
134-50-E-A-S	78%
First pass yield para la rotación A	
Producto	FPY
301-100-E-AB-S-NPVC	86%
203-100-E-A	85%
300-150-E-A-S-V-2	86%
114-100-E-A-S	65%

Fuente: Elaboración propia

Como muestra el cuadro No.16 y No.17. la probabilidad que cada unidad salga del proceso de fabricación de modo aceptable es diferente para cada lote es decir de modo no defectuosa, entre más grande sea la producción menos RTY se tiene, debido a que tendrán aumento la cantidad de piezas defectuosas.

Por otro lado, en el cuadro No.18 se muestra el first pass yield o indicador de rendimiento del proceso de fabricación de cada uno de los productos en las dos rotaciones medidas.

Por lo tanto, para un lote de 37 productos de la 301-100-E-AB-S-NPVC según el tiempo de ciclo de 36.63 min por unidad, la producción total tendría que estar lista para 2 días y 4 hrs, trabajando 10 hrs al día pero con el total de unidades defectuosas en el pedido, al final de todos los procesos se tiene solamente un total de 70% de rendimiento en el proceso de fabricación es decir para completar el pedido se tiene que recurrir a trabajar un 6,7 hrs extras del tiempo previsto, lo que implica un retraso en el pedido.

De la misma manera funciona para un pedido de 21 productos de la 203-100-E-B, las cuales según el tiempo de ciclo es de 31.56 min por unidad, lo que quiere decir que en un día el pedido estaría listo, pero debido a las piezas defectuosas en el pedido, al final solamente se tienen 86% de rendimiento en el proceso de fabricación y para completar el pedido se debe de trabajar 1,6 hrs extras de lo planeado.

Por otro lado, para un lote de 20 productos de 300-150-E-A-S-V-2 trabajando 10 hrs y con un tiempo de ciclo de 32.58 min, el pedido tendría que estar en un día, pero los productos defectuosos provocan un atraso que implica trabajar 1 hrs de más para completarlo.

A sí mismo, para un lote de 20 unidades, pero de la 134-50-E-A-S según el tiempo de ciclo de 33.51 min por producto, el pedido debería estar listo en un día y 1 hora, pero se debe trabajar un total de 6,7 hrs más de las establecidas para poder completar el pedido lo que implica retrasos en la producción del lote y por ende en la entrega de este.

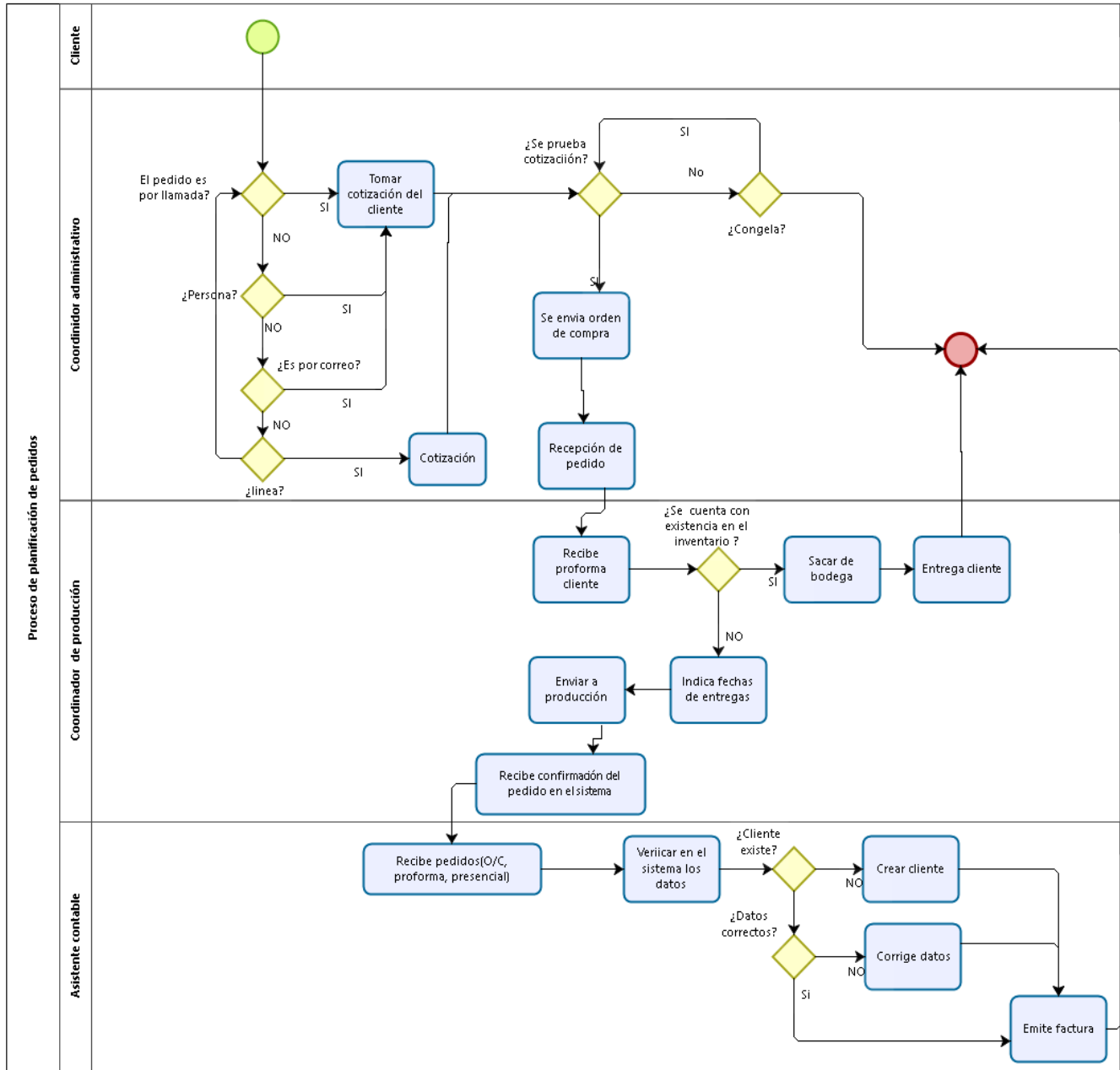
Para más detalle de los tiempos de ciclo de cada uno de los productos en estudio se pueden ver en el apéndice No.7.

- **Sistema de planeación de pedidos**

Actualmente, la empresa no cuenta con un sistema o plataforma que le permita determinar el tiempo aproximado que pueden tardar en completar un pedido, entonces, tienden a hacerlo a criterio experto, es decir, toman en cuenta si en el

inventario hay piezas del pedido, las características del producto, por ejemplo, la medida del tubo (2, 3 o 4 pulgadas) y si es para entrega inmediata.

En la figura No.70 se muestra a detalle como funciona la planificación de los pedidos, cabe destacar que para este proceso participa la coordinadora de producción, asistente contable y coordinador administrativo, este último es el que tiene el primer contacto con cliente, ya que debe tomar la orden del pedido, el cual puede ser cualquiera de las cuatro formas (llamada telefónica, personalmente, línea (página web) y correo electrónico), por otro lado, la coordinadora se encargará de indicar la fecha de producción y la orden respectiva para la fabricación de los pedidos, y el asistente contable es el responsable de corregir y crear cuentas clientes, así como la emisión de facturas, la cual como requisito debe de ser electrónica.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 37. Diagrama de flujo del proceso de planificación de pedidos

Como indica la figura No.70, el cliente tiene cuatro formas diferentes de ponerse en contacto con la empresa una vez esto suceda el almacenamiento de las ordenes producidas se acumulan en una base de datos en Excel, que lleva el registro del tipo de cliente, las características de los productos y las fechas que se realizaron, lo que a modo resumen lo muestra la figura No.71.

Cant.	Orden	Código	Material	Cliente	Fecha de entrega	Fecha moldeo	O.P	Pizarra	Producido	Fecha real	Observaciones
2	9793	CI 207-200-E-A	Aluminio	REDES GENERALES	6/9/2019	4/9/2019	107	✓	✓	6/9/2019	
3	10358	CI 102-50-E-A-P	Aluminio	INTEGRA	6/9/2019	6/9/2019	0	✓			
3	10358	CI 302-50-E-A-P	Aluminio	INTEGRA	6/9/2019	6/9/2019	0	✓			
4	10357	CI 112-50-E-A-P	Aluminio	INTEGRA	6/9/2019	6/9/2019	110	✓			
4	10357	CI 300-100-A-P-V-2	Aluminio	INTEGRA	6/9/2019	6/9/2019	0	✓			
48	5979	CI 116-STC-A-S	Aluminio	INVERSIONES LARA	9/9/2019	4/9/2019	109	✓			
54	2792	CI 112-50-E-A-P	Aluminio	HEREDIA PARKS	9/9/2019	4/9/2019	110	✓			
2	10360	CI 136-50-E-A-AD	Aluminio	INTEGRA	9/9/2019	6/9/2019	111	✓			
7	69294	CI 204-A-SC	Aluminio	ELISEO VARGAS	9/9/2019	6/9/2019	111	✓			ALA 1pm
18	69294	CI 203-A-SC	Aluminio	ELISEO VARGAS	9/9/2019	6/9/2019	111	✓			ALA 1pm
2	41816	CI 300-100-A-P-V-2	Aluminio	EDICA	9/9/2019						

Fuente: Carmiol Industrial S.A

Figura No. 38. Sistema actual de registro de las ordenes de pedidos

Por otro lado, es importante indicar que para la elaboración de los moldes es necesario tener la forma que va a llevar dicho molde y como la cantidad de productos supera los 2000, implica tener un registro que los caracteriza a cada uno, para eso la empresa cuenta con un registro que dependiendo del producto y sus partes se le tiene un molde definido, el cual de igual manera se debe de tomar en cuenta durante la planificación de los pedidos, ya que una equivocación de los mismo tendería en promedio 4,35 min de tiempo en cambio de molde, que se podría estar utilizando para estar fabricado las piezas.

En la figura No.72 se presenta el actual registro de los moldes y sus características, es importante indicar que los colores que salen (rojo, amarillo y azul) sirven de guía para los empleados, esto con el fin de acelerar el proceso de cambio, lo cual de igual manera se contempla en la planificación, además estos colores corresponden a las placas utilizadas para hacer los moldes.

N. Placa	Codigo de pieza	Parte de pieza	Cant. X placa	Medida de placa	Caja
1	CI 129	Rejilla	1	14x14	Azul
2	CI 137, Tipo 2	Rejilla	2	14x16	Roja
3	CI 115 y CI 117 38"	Cuerpo	4	14x4	Amarilla
4	CI 114	Rejilla	1	14x14	Azul
5	CI 112	Rejilla	4	14x14	Azul
6	CI 134	Rejilla	4	14x14	Azul
7	CI 102, CI 133, CI 304, CI 148, CI 154	Rejilla	4	14x14	Azul
8	CI 132	Rejilla	4	14x14	Roja
9	CI 104, CI 131	Rejilla	1	14x14	Azul
10	CI 301, 302, 303 4"	Cuerpo	1	14x14	Amarilla

Fuente: Carmiol Industrial S.A

Figura No. 39. Lista de placas y piezas de los productos

No obstante, es importante mencionar que una vez la empresa ha realiza todo este proceso (almacenamiento de ordenes), los datos e información de los mismos clientes, pedidos (fecha que ingresa a producción y fecha que sale) también se maneja en una base de datos en Excel en cual llevan el control de los pedidos que han sido adelantados y los que se han atrasado, además de las razones del porque sucedieron.

A continuación, se muestra en la figura No. 73 y No.74 el sistema de registro que tiene la empresa actualmente y que también le sirve de guía para contemplar el aproximado de tiempo en que se tiende a atrasar o adelantar dependiendo de la orden o pedido.

Fecha que entra la orden a producción	Fecha que sale la orden de producción	Cant. Días producción	Entregada	Fecha de compromiso con el cliente	Cant. Días de diferencia de compromiso vrs n	Estado	Tamaño de la orde
17/12/2018	7/1/2019	6	✓	8/1/2019	1	Adelantada	Grande
18/12/2018	10/1/2019	9	✓	22/1/2019	12	Adelantada	Grande
19/12/2018	14/1/2019	8	✓	22/1/2019	8	Adelantada	Grande
20/12/2018	15/1/2019	7	✓	22/1/2019	7	Adelantada	Grande
28/2/2019	6/3/2019	4	✓	19/3/2019	13	Adelantada	Grande
7/1/2019	10/1/2019	3	✓	15/1/2019	5	Adelantada	pequeña
7/1/2019	14/1/2019	5	✓	17/1/2019	3	Adelantada	Grande
7/1/2019	15/1/2019	6	✓	21/1/2019	6	Adelantada	Grande

Fuente: Carmiol Industrial

Figura No. 40. Sistema de registro de ordenes adelantadas

Fecha que entra la ord	Fecha que sale la order	Cant. Días	Entregad	Fecha de compromiso con el cliente	Cant. Días de diferenc	Estado	Tamaño	Mes
15/5/2019	23/5/2019	6	✓	21/5/2019	-2	Atrasada	Grande	may-19
31/5/2019	5/7/2019	25	✓	20/6/2019	-15	Atrasada	Grande	jun-19
7/6/2019	1/7/2019	16	✓	25/6/2019	-6	Atrasada	Grande	jun-19
1/7/2019	8/7/2019	5	✓	5/7/2019	-3	Atrasada	pequeña	jul-19
1/7/2019	8/7/2019	5	✓	5/7/2019	-3	Atrasada	pequeña	jul-19
30/7/2019	5/8/2019	6	✓	31/7/2019	-5	Atrasada	Pequeña	jul-19

Fuente: Carmiol Industrial

Figura No. 41. Sistema de registro de ordenes atrasadas

Por otro lado, es importante indicar que la empresa no conoce el tiempo de ciclo de todo el proceso de fabricación de una pieza en específico, y como se menciona anteriormente, no poseen un sistema o software que les indique o les diga, el tiempo aproximado que tardaría sacar un lote de n cantidad de piezas y lo cual perjudica, debido a que cuando el cliente llama no se le da una fecha exacta de cuando estaría listo el pedido y de ahí surgen los problemas con los tiempos de entrega, ya que el sistema actual se hace a criterio experto, basándose en los datos ya mencionados anteriormente.

- **Distracciones en puestos de trabajo**

Las interrupciones de tareas entre los empleados son una distracción que puede resultar en errores, por lo mismo se debe de tener en cuenta cuales son las tareas que agregan valor(TVA) y cuales no (TNVA), para ello primero se debe de determinar en qué área o áreas se realizará la medición, como el proceso productivo de Carmiol S.A es el mismo para todos los productos, se procede a realizar el análisis en el llamado cuello de botella que según la teoría de las restricciones es realmente importante que el flujo de producción sea equilibrado porque lo necesario es brindarle atención a aquel proceso que no esté generando el flujo necesario para completar la producción, ya que cada minuto perdido por un cuello de botella es un minuto perdido en toda la fábrica o empresa.

Por lo mismo, según los tiempos de cada proceso ya calculados (ver apéndice No.7) se determina que el proceso cuello de botella es moldeo debido a que tiene el tiempo de salida por pieza más elevado con respecto al resto, por otro lado, el proceso de

fundición es de igual manera la segunda operación que más tiempo consume para elaborar una unidad.

Para conocer el porcentaje de tiempo invertido en las tareas de valor agregado en el proceso de moldeo y fundición, las cuales a su vez también van a estar involucradas en la entrega de pedidos, se realizó un muestreo de trabajo, para ello se requiere cierta cantidad de muestras que den respaldo estadístico a los valores tomados con la finalidad que estos se ajusten a la realidad.

En los cuadros No.19 se presenta un resumen de los datos de las muestras realizadas en al proceso de moldeo y fundición, cabe destacar que esta medición se hace en estos procesos dado que son las áreas que menos piezas buenas a la primera salen, además es importante mencionar que el total de trabajadores en la zona de moldeo son dos y en fundición una, de igual manera es importante indicar que se utiliza un nivel de confianza del 90% y un error de un 10%, cabe destacar que estos valores se obtuvieron al hacer potencia de prueba con el premuestreo.

Cuadro No. 19. Parámetros adquiridos con el muestreo de trabajo en el proceso de moldeo.

Moldeo	
Parámetro	Valor
E	0.1
$\alpha/2$	0.05
$t(\alpha/2)$	1.64
P	0.65
Q	0.35
N	61

Fuente: Elaboración propia

El muestreo para esta área se realizó durante una parte de la jornada laboral y en total fueron 61 muestras (ver apéndice No.8) y además parte de un muestreo preliminar. De los datos recolectados se estima que el 58% del tiempo es invertido

en TVA y el 42% es invertido en TNVA como los desplazamientos innecesarios dentro del proceso, y la espera de materia prima o espera del ayudante del moldeo.

Cuadro No. 20. Parámetros adquiridos con el muestreo de trabajo en el proceso de fundición.

Fundición	
Parámetro	Valor
E	0.1
$\alpha/2$	0.05
$t(\alpha/2)$	1.64
P	0.75
Q	0.25
N	50

Fuente: Elaboración propia

El muestreo de esta área se realizó durante cierta parte de la jornada laboral, específicamente en la hora de la mañana (ver apéndice No.8), en este se determinó que un 62% es invertido en tareas de valor agregado y un 38% de tareas de no valor agregado como cambio de guantes para sostener el chorreador y traslados innecesarios por la zona.

Cuadro No. 21. TNVA encontradas en el muestreo de trabajo

TNVA
Hablar con compañero o asistente
Falta de arena
Trayectoria del asistente con arena
Espera de la ayuda del asistente
Limpieza constante de la zona de trabajo
Desplazamientos innecesarios dentro del proceso
Mantenimiento constante de la maquinaria
Arena no se acopla al molde
Cambio de guantes

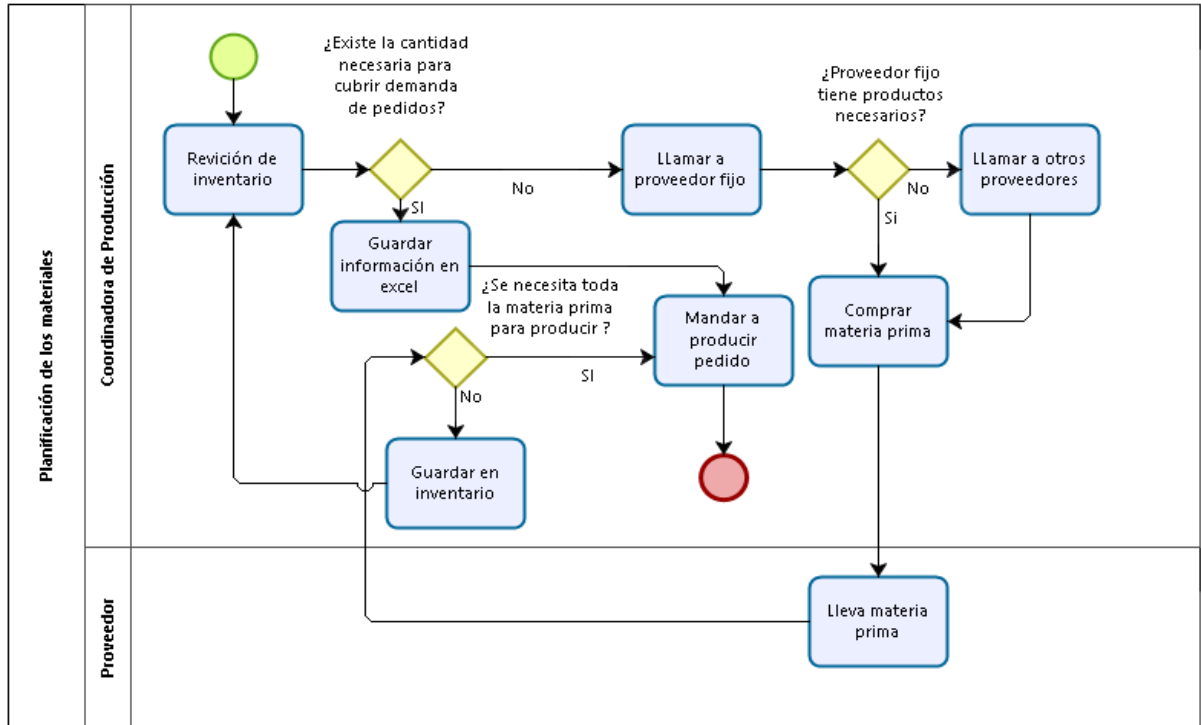
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, de los datos encontrados en el muestreo de trabajo se observa que una de las TVNA, es la constante trayectoria que realiza el asistente con la arena y la falta de esta misma en el área de moldeo, además de un constante cambio de equipo de trabajo del fundidor como lo son los guantes y limpieza de la mascarilla o lentes protectores.

- **Disponibilidad de materiales**

Para la confección de pedidos es importante revisar la disponibilidad de materiales, especialmente materia prima como los es el aluminio, el bronce y arena necesaria para cumplir con esa labor, como se mencionó en el punto anterior uno de los de los distractores más comunes es la falta de materia prima(arena).

En la figura No. 75 se muestra el proceso de planeación de los materiales, en donde las partes involucradas son el proveedor y la coordinadora de producción, el proceso inicialmente comienza cuando se revisa el inventario de materia prima y si existe o no producto, en dado caso que no, se busca el proveedor que la empresa tiene fijo, si este no maneja el material necesario se tiende a buscar otros proveedores los cuales debe de llevar dicho material a las instalaciones de la empresa para cancelar el pago ya sea por medio de cheque o transferencia bancaria.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 42. Diagrama de flujo del proceso de planificación de materiales

Actualmente, en el proceso de fabricación, específicamente en el área de moldeo, existe faltante de arena para la confección de los moldes, como se mostraba en la figura No. 3, antes de que la arena llegue a moldeo debe de haber pasado por el proceso de zarandeo, donde la arena es separada en arena fina y gruesa, pero además debe de ser humedecida con agua, de igual manera la contextura correcta, se mide a criterio experto, es decir los empleados son los que determinan si la arena está lista para hacer los moldes.

Para más detalle en la figura No.76, se muestra cómo funciona la compra de la materia prima y el almacenaje de esta y en el cuadro No. 22 se muestra el tiempo

promedio que dura cada producto en el proceso de moldeo y en el cuadro No.22 se observa cuantos productos en promedio se estarían fabricando en un periodo de tiempo de espera por la materia prima.

Cuadro No. 22. Cantidad de piezas que podrían ser fabricadas en el tiempo de espera de arena

Producto	Cantidad de piezas
301-100-E-AB-S-NPVC	3
203-100-E-B	4
300-150-A-S-V-2	6
114-100-E-A-S	6
134-50-E-A-S	5

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCION	TIPO MOV	FECHA	CANTIDAD	UNID
ALUMINIO	C:COMPRA	13/07/2019	1.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	16/07/2019	1.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	05/08/2019	180.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	06/08/2019	631.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	09/08/2019	57.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	09/08/2019	170.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	09/08/2019	136.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	09/08/2019	16.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	23/08/2019	1 018.00	KL
ALUMINIO	C:COMPRA	03/09/2019	275.00	KL
ALUMINIO	E:COMPRA	15/01/2019	863.50	KL
ALUMINIO	E:COMPRA	22/01/2019	855.00	KL

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 43. Machote del registro actual de compra de materia prima

Es importante mencionar que la arena se cambia cada dos meses, pero esta misma no es completamente nueva, sino que se mezcla con la arena que ya se ha usado para crear los moldes.

Cabe destacar que el proceso de fundición inicia cuando se encuentran en el área 60 unidades es decir se funde cada 60 piezas, las cuales son trasladadas desde moldeo hasta ahí y cuando dicho proceso acaba, la arena se prepara nuevamente y moldeo se queda sin arena en una espera aproximada de 15 min (ver apéndice No.5).

Dicho dato se obtuvo del muestreo preliminar por cada uno de los productos, en donde en todos los casos sucedió lo mismo (arena falta en moldeo).

Es así como cada atraso de 15 min por no tener arena disponible se traduce a no producir de 3 a 6 piezas en las máquinas de compactación y lo equivale a alargar el tiempo de fabricación del pedido de dichas piezas.

G. Mapa de flujo de valor (VSM)

1. *Parámetro de los productos escogidos*

Anteriormente en la página No.48 se mencionaba cuáles eran los productos escogidos (301-100-E-AB-S-NPVC, 203-100-E-AB-S-NPVC, 300-150-E-A-S-V-2, 114-100-E-A-S y 134-50-E-A-S), pero no a detalle el porqué de su escogencia, en la figura No.77 se muestra un resumen de las características de cada producto.

	114-100-E-A-S: Compuesto de rejillas y cuerpos, es un producto muy cotizado por sus características y detalles, además para la empresa es catalogado como un producto fácil de fabricar con respecto a los otros de la familia de calderas para piso.
	134-50-E-A-S: Compuesta por una rejilla y un cuerpo, proviene de la familia de calderas para piso, aquí cabe destacar que de los 5 productos es el más complicado de hacer, debido a la rejilla, ya que por su delgadez y detalles en tiende a romperse cuando se está haciendo el molde.
	203-100-E-A: Formada por una canasta y un cuerpo, es el producto más fácil de fabricar y de alta demanda para su familia de calderas para azotea.
	300-150-E-A-S-V-2: Formada de tapa y marco, es el producto calificado por la empresa como el más fácil de fabricar de todas las familias, además la demanda de pedidos para la empresa es superior con respecto a los demás.
	301-100-E-AB-S-NPVC: Compuesta de tapa de bronce, cuerpo superior y inferior con roscado, calificado como un producto difícil de fabricar y de alta demanda de pedidos.

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 44. Parámetros de productos escogidos

2. *Indicadores del VSM*

Para analizar el flujo de estos materiales se realiza un mapa de flujo de valor (VSM), pero para ello primeramente se debe de tener una serie de indicadores para su adecuado uso y comprensión.

El primero de estos indicadores es el takt time, este corresponde al ritmo en que se debe fabricar la producción.

Para el cálculo de este tiempo se debe contemplar ciertos criterios, entre ellos conocer la demanda de los productos en cuestión y el tiempo disponible para laborar por día y por semana.

El tiempo disponible es aquel en que se contempla los tiempos de comida y descanso, y que al final será reducidos del tiempo total para obtenerlo.

En la ecuación 8 se observa la fórmula para calcular el time takt:

Tiempo takt= (Tiempo disponible para operario) / (demanda)

Usando la ecuación se calcula y determina el tiempo takt para cada uno de los procesos de producción de los productos en estudio, para más detalle se encuentra en el cuadro No.23.

Cuadro No. 23. Datos para el cálculo de tiempo takt time de los productos en estudio

Parámetro	114-100-E-A-S	134-50-E-A-S	300-150-E-A-S-V-2	301-100-E-AB-S-NPVC	203-100-E-A
Horas laborales por semanal	(10 hrs *60 min) = 50 hrs=600 min				
Tiempos de comidas por día	70 min (45min de almuerzo y 25 de meriendas)				
Demanda semanal (unidades pedidas)	20	20	40	37	21
Tiempo disponible	=600 min-70 min=530 min =530 min *60 =31800 s	=600 min-70 min=530 min =530 min *60 =31800 s	=600 min-70 min=530 min =530 min *60 s=31800 s	=600 min-70 min=530 min =530 min *60 s=31800 s	=600 min-70 min=530 min =530 min *60 s=31800 s
Tiempo takt	= (31800 s) /20 ud =1590 s/ud =26.5 min/ud	= (31800 s) /20 ud =1590 s/ud =26.5min/ud	= (31800 s) /40 ud =795 s/ud =13.25 min/ud	= (31800 s) /37 ud =859 s/ud =14.3 min/ud	= (31800 s) /21 ud =1514 s/ud =25.23 min/ud

Fuente: Elaboración propia

Con el cuadro No.23 se determina que el tiempo takt calculado para un pedido de 20 ud del producto 114-100-E-A-S debería durar elaborándose menos de 26.5 min/ud, lo mismo para 134-50-E-A-S, por su parte para una cantidad de 37 ud de 300-150-E-A-S-V-2 debería ser menos de 14.3 min/ud, para la 301-100-E-AB-S-NPVC con un pedido de 37 unidades de 13.25 min/ud y para un pedido de 203-100-E-AB-S-NPVC debería durar menos de 25.23 min/ud.

Para (Salazar, 2016) el segundo indicador del VSM es el tiempo de ciclo individual, el cual como ya mencionaba anteriormente es el tiempo que se le dedica a cada proceso de fabricación, para el cálculo del tiempo de cada operación se debe considerar una cantidad de muestras, cabe destacar que este indicador se determinó solamente para el área productiva.

Es sumamente importante indicar que se realizó un muestreo preliminar y de él se partió para calcular el tiempo de ciclo de cada uno de los procesos, no se realizó un registro de tiempo completo o muestreo definitivo, debido que los pedidos son contra demanda por lo cual es difícil la toma de tiempos para un mismo producto por lo mismo se optó por escoger aquellos con ciertos parámetros, los cuales fueron establecidos por empresa como los más urgentes para conocer su tiempo de ciclo, además como los procesos son iguales para todos los productos, el tiempo de cada operación para un producto de cada familia es similar por lo mismo se le dio la clasificación de los más difíciles y los más fáciles de fabricar.

En el cuadro No. 24 se muestran los tiempos para los procesos del VSM mediante criterio experto, se realizó de esta manera para obtener un respaldo de cómo la empresa considera que se están manejando actualmente las operaciones en cada una de las áreas.

Cuadro No. 24. Datos para el cálculo de los tiempos promedios de los procesos mediante criterio experto

Datos para el cálculo de tiempo por medio de criterio experto(min)				
Proceso	Tiempo mínimo	Tiempo normal	Tiempo máximo	Tiempo esperado
Alistado de arena	2	4	6	4.00
Moldeo	2.5	3	4	3.17
Lavado y corte	0.5	0.7	1	0.73
Perforado	0.2	0.5	0.8	0.50
cepillado	0.5	0.8	1	0.77
Ensamble	0.5	0.8	1	0.77
Acabado	3	4.5	6	4.50
Empaque	0.5	0.7	1	0.73

Fuente: Elaboración propia

3. Muestreo preliminar para tiempos de producción

Para determinar el tamaño de muestra necesario para calcular el tiempo de ciclo individual se realizó un muestreo preliminar de 12 datos, esto para que los tiempos sean ajustados a un nivel de confianza y a un error estadístico.

Cabe destacar que para efectos de la empresa se estableció un nivel de confianza de un 90% y un error de un 10%.

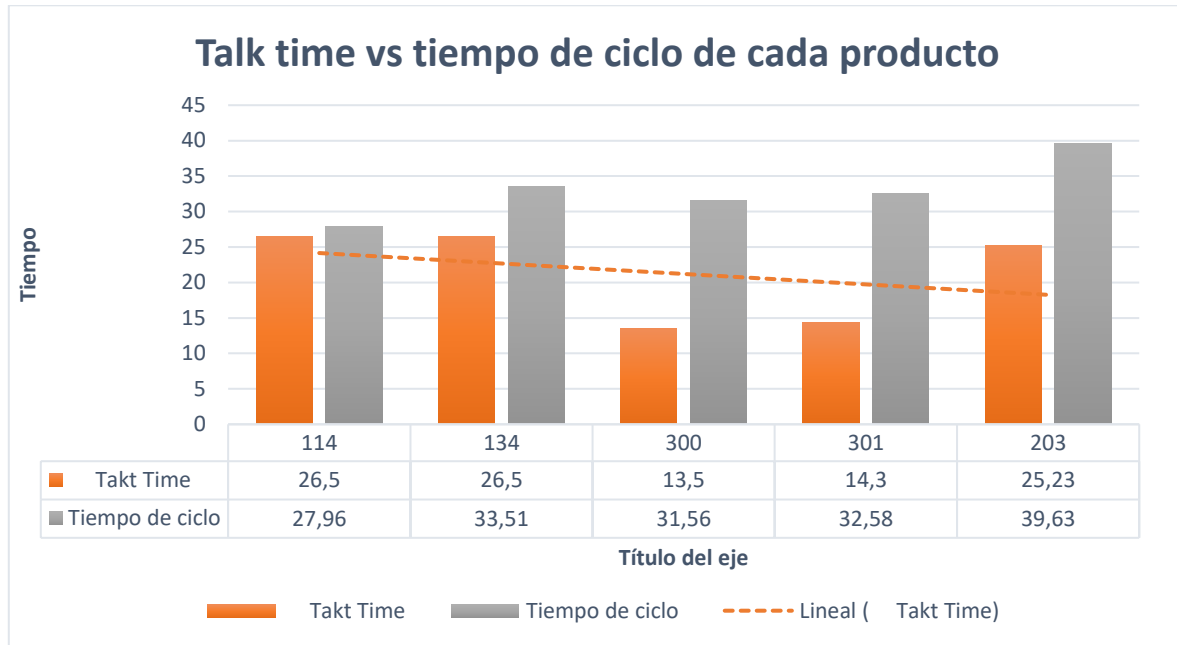
Para cada uno de los productos se realiza una prueba de normalidad (ver apéndice No.5) para conocer el comportamiento de los tiempos preliminares y se determina que sólo los datos de la 114-100-E-A-S no son normales, lo que significa que se tendría que aplicar error sobre la mediana y a los demás un error sobre la media pero para el tipo de proceso productivo de Carmiol Industrial no se pudo hacer un muestreo aleatorio, ni estratificado ni sistemático y menos conglomerado, ya que según (Espinoza, 2016) no se cumple con los requisitos necesario para poder aplicar cualquiera, especialmente porque no tienen la misma oportunidad de ser seleccionados y para el caso de muestreos no probabilístico no se corre el riesgo de aplicarlos debido a la deficiencia y lo poco representativa que pueden ser las muestras.

Es por esa razón, que para el cálculo del tiempo de cada proceso se realiza una estimación utilizando la técnica de PERT con distribución beta para obtener el tiempo estimado en cada proceso, que de igual manera termina brindando un tiempo de realización de cada etapa, se corre el riesgo de realizarlo de esta manera ya que estadísticamente existe subjetividad en los estimados de tiempos.

En este caso el estudio se hizo en base a los tiempos preliminares, tomando de referencia el valor inferior como el óptimo y el mayor como el pesimista (ver apéndice No.7), de igual manera se contempló el criterio experto que el coordinador de producción brindó (ver cuadro No.24).

H. Análisis del diagrama VSM y las otras mediciones

Primeramente, para el análisis se realiza una comparación de takt time y el tiempo de ciclo, con el fin de observar más claramente la diferencia entre ambos.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 45. Takt Time vs Cycle Time por producto

Como se muestra en la figura No.78 el tiempo de ciclo de los cinco productos es superior al Takt time, por lo que deben analizarse los procesos de elaboración de cada producto para reducir los tiempos correspondientes y así poder satisfacer la demanda de pedidos.

Estos datos indican que cuando la demanda crece entonces el takt time descenderá, para conseguir la demanda, lo que implica que se debe encontrar pérdidas potenciales en el sistema que ayude a producir en menor tiempo, lo que permite reducir el tiempo de ciclo de producción.

Caso contrario, si la demanda desciende pues el takt Time crecerá (proceso más lento) para conseguir la demanda, entonces esto indica que no es ideal descender

la producción, por lo que es posible que sea mejor reducir el número de horas del personal activo en planta.

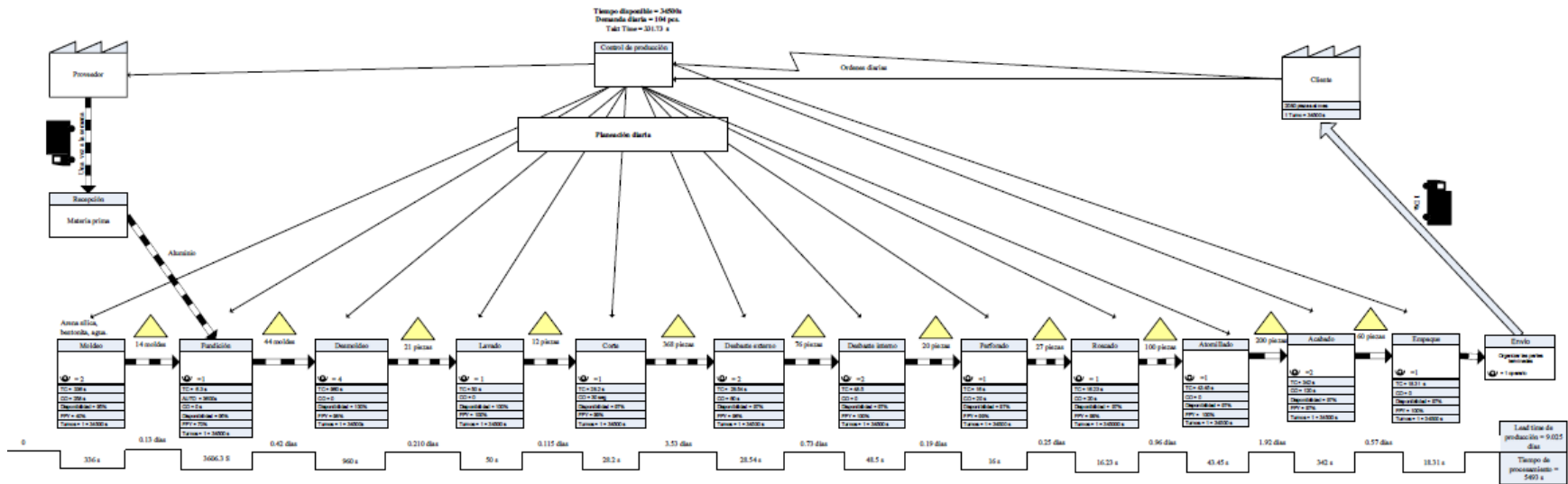
- Diagrama de Flujo de valor

La manera más recomendable para analizar los tiempos mencionados es mediante un diagrama de flujo de valor (VSM), esta herramienta permite ver cómo está el actual proceso y de esta forma planificar como podría ser en el futuro.

Dado que los tiempos por producto son similares por familia, se realiza un VSM que involucra la producción diaria de las familias de estos insumos en estudio, cabe destacar que se contempla los tiempos de ciclo de cada uno de ellos, así como el takt time de todos estos productos por día.

Por otro lado, es importante indicar que como se indicaba anteriormente en la parte de medición de variables, la demanda de los productos seleccionados no es continua, así que este diagrama tiene involucrado otros productos de la misma familia de los seleccionados, los cuales reciben los mismos procesos.

.



Fuente:Elaboración propia

Figura No. 46. Machote del mapa de flujo de valor para los productos de las familias “Tapas de registro, caderas para piso y azotea”

Al ser el proceso de fabricación muy extenso, el diagrama también lo es, por lo mismo, para más detalle y claridad de cada dato de la figura No.79 se puede observar en el apéndice No.9.

En este caso, se observa que los procesos que mas tiempo se llevan para la fabricación de los productos diariamente son desbaste(interno y externo), desmoldeo(enfriamiento de la arena) y moldeo, superando los 5 min por cada pieza y el proceso que menos tiempos se lleva para fabricar una pieza por día es fundición, el cual dura 6,3 segundos, además es importante resaltar que entre los procesos con más bajo FPY (Piezas buenas a la primera) se encuentra el proceso de moldeo y fundición, lo que quiere decir que en estos dos procesos se encuentran un porcentaje significativo de piezas defectuosas.

Es decir que la empresa requiere para producir cualquier producto de las tres familias, un tiempo de 91.55 min que es equivalente a 1,5 hrs, mientras que esa pieza tarda 9.025 días para salir de la planta al cliente.

Por otro lado, aquí (figura No.79) destacan dos puntos importantes, el ingreso de pedido a producción y el reproceso en piezas en moldeo y función.

Existe la posibilidad de mejora para el ingreso de las ordenes de trabajo a producción, esto porque se desconoce un sistema que les permita tomar decisiones que los lleva involucrar las variables que afectan los trabajos y por ende la entrega de los pedidos.

La manera con que se atiende un pedido es deficiente esto es debido a la fecha de entrega un pedido, dado que se desconoce la fecha exacta, pues la fecha brindada al cliente se da por criterio experto y con esta se corre el riesgo de cometer errores que al final perjudican la entrega de la orden demandada por el cliente.

Por otro lado, con el muestreo de trabajo se determina que existen tareas que no le agregan valor al proceso de fabricación, estas se pueden ver en el cuadro No.21. A modo resumen, si alguna de estas actividades fueran eliminadas, se tendría más disponibilidad de tiempo para elaborar las piezas de los productos.

Análisis de los 5 por qué

Por otro lado, se realiza la técnica de los 5 por qué, para analizar las relaciones de las causa-efecto que genera el problema con los tiempos de entrega de pedidos.

Problema	1-¿Por qué?	2-¿Por qué?	3-¿Por qué?	4-¿Por qué?	5-¿Por qué?
	Porque existe una constante rotación de puesto de trabajo	¿Y por que hay rotación?: Porque se debe reducir la fatiga que pueden producir ciertos puestos de trabajo	¿Y por que se hay fatiga en los puestos de trabajo?, por hay mucho esfuerzo físico	¿Y por qué hay mucho esfuerzo físico?, porque hay trabajos muy pesados	Y por qué hay muchos trabajos pesados?, porque los productos son en su mayoría hechos de aluminio, bronce y otro de materiales. que son pesados y de gran peso.
Por qué se dan los adelantos y atrasos en las entregas de los productos?	Porque hay un sistema de planeación de pedidos insuficiente	¿Y por qué existe un sistema de de planeación de pedidos insuficiente?: Porque se le da una fecha no tan certera a los clientes.	Y por qué no se le da una fecha exacta?: porque se desconoce el tiempo que tarda un producto en un proceso	¿Y por qué no se tiene medido el tiempo que tarda cada producto en cada proceso?: Porque todo se ha basado en criterio experto	¿Y por qué todo se ha hecho a criterio experto?: Porque no se le ha dado la importancia suficiente para hacer las mediciones de los estándares
	Porque se dan constantes distracciones en los puestos de trabajo	¿Y por qué hay distracciones en los puestos de trabajo?: porque están cansados	¿Y por qué están cansados?:Porque el trabajo es repetitivo y la planta es caliente	¿Y por qué la planta es caliente?: porque no tiene la suficiente ventilación además que existe desacomodo que sofoca.	¿Y Por que existe desacomodo?: porque no hay suficiente espacio para poner las piezas
	Porque no hay disponibilidad de materiales(arena)	¿Por qué la cantidad de arena es poca?, porque toda es utilizada cada 60 piezas en el área de	¿Y por qué todo es utilizada?:Porque no hay suficiente arena	¿Y por qué no hay suficiente?: Porque no se ha comprado	¿Y por qué no se ha comprado?: Porque no hay suficiente espacio en la planta.

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 47. Análisis de los 5 por qué

Como se puede ver en la figura No.80, el problema planteado es el adelanto y atraso de los pedidos, el primer “porque” se hace énfasis en las causas ya encontradas en el Ishikawa y matriz de ponderación, el segundo, tercer, cuarto y quinto “porque” hace referencia a la continuación de cada una de las variables secundarias (sistema de planeación incorrecto, materia prima insuficiente, rotación de puestos de trabajo y distracciones en las áreas de trabajo).

Es así, como cada causa se desglosa con cinco preguntas que al final llevan a la naturaleza de cada una de ellas(causa), en el caso de la rotación de los puestos de trabajo, la empresa asume el reto de estar cambiando a sus empleados cada 15 días de sus puestos, se llega a la conclusión que lo hacen para disminuir los trabajos pesados que requieren algunas tareas, especialmente para las áreas de fundición y moldeo, ya que éstas requieren levantar y estar moviendo muchas piezas, entre ellas los moldes de arena o el jarro de cerámica o hierro con el líquido fundido de ya sea aluminio o bronce.

No obstante, la facilidad con que los trabajadores se acoplen es fundamental, especialmente en este tipo de tareas que brinda estrés laboral y presión, esto debido a que es importante que en el transcurso de cada uno de los procesos que les corresponda sepan responder a las exigencias y poder crear las piezas de una manera adecuada que no atrase el tiempo de entrega de los pedidos.

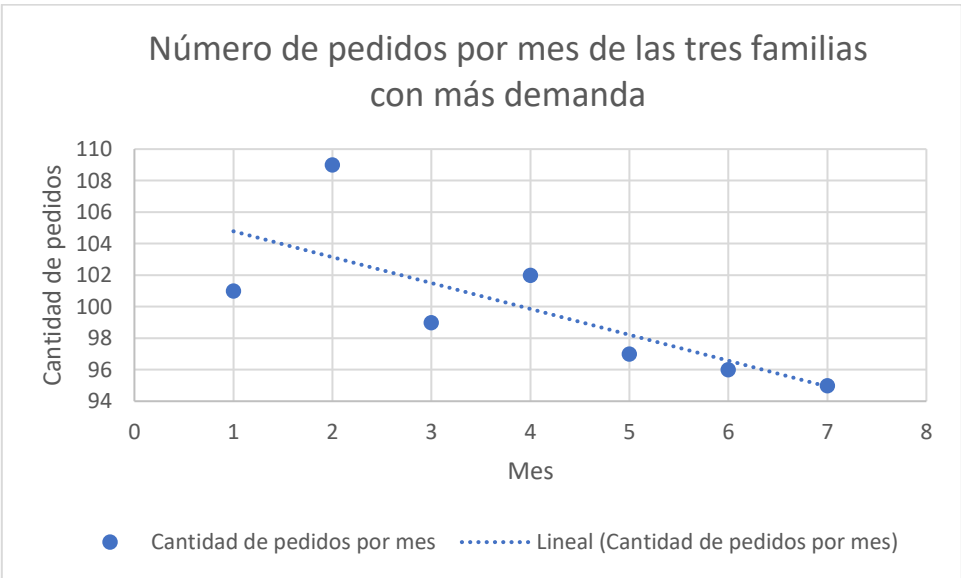
Por otra parte, un sistema de pedidos ineficiente ha provocado que el cliente se lleve una fecha de entrega no tan certera, debido a la falta de conocimiento del tiempo de ciclo y por ende a los estándares de cada producto en cada proceso, todo este proceso de brindarle al cliente la fecha de entrega de la orden se ha hecho a criterio experto.

Otra causa, para analizar es la disponibilidad de arena en el sector de moldeo, la cual es fundamental para fabricar los moldes, la empresa en este momento no tiene los recursos necesarios para ampliar el local y por ende no hay lugar donde almacenar la arena, por lo que se tiene que estar utilizando a misma por tres meses.

Por otro lado, otra de las causas son las distracciones en los distintos puestos o áreas de trabajo, en este caso se determina que es debido a la fatiga y cansancio que genera a zonas de trabajo, especialmente porque el trabajo es repetitivo y continuo, lo que tiende a los mismos empleados dejar por fuera sus funciones de fabricar para realizar otras actividades como hablar o acomodar los moldes o barrer constantemente la zona de trabajo, de igual manera existe otro factor dentro de esta causa y es lo caliente de la zona de trabajo y esto sucede debido a la falta de ventilación de lugar y el desacomodo(materiales dispersos) de la planta, lo que de igual manera sucede por el poco espacio de la zona productiva.

- Análisis de correlación

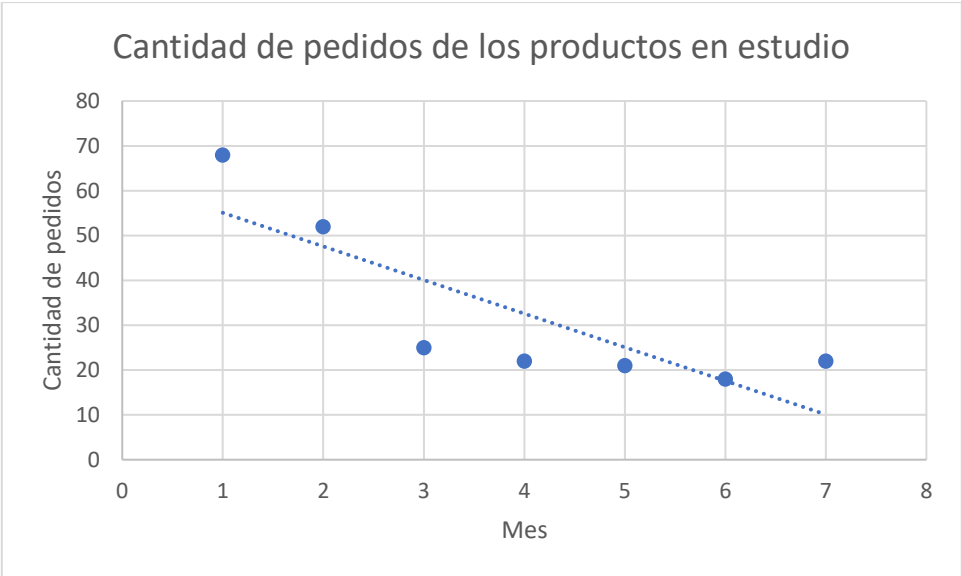
Para observar de una manera más detallada el comportamiento de los pedidos y las ventas de los productos en estudio se realizan gráficas de dispersión, las cuales se pueden observar en la figura No.81, 82, 83 y 84



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 48. Número de pedidos por mes de las familias con más demanda
En este caso , el número de pedidos ha decaído al pasar los meses , se observa que el mes de febrero(2) es el mes que más ventas tuvo con respecto a los meses

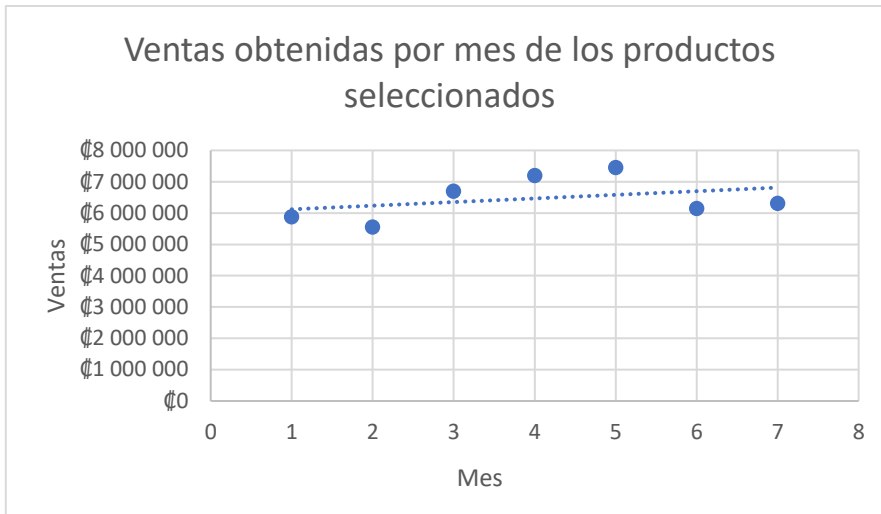
anteriores y de igual forma también se ve que junio es el mes que menos pedidos de las tres familias ha tenido, para analizarlo de manera más detallada se observa en la figura No.82 que los pedidos de 5 productos en estudio (301-100-E-AB-S-NPVC, 203-100-E-AB-S-NPVC, 300-150-E-A-S-V-2, 114-100-E-A-S y 134-50-E-A-S), han tenido bajas especialmente en el transcurso febrero y marzo, pero también han subido en el mes de julio la demanda, lo que se espera que continúe.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 49. Cantidad total de pedidos por mes de los productos en estudio

Por otro lado, la tendencia de las ventas se ha mantenido en forma variada, tan solo para el mes de junio/julio las ventas han subido de un 49% a un 50% (ver figura No.83), lo que a modo de proyección se espera que para agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre aumente, lo que se puede ver en a figura No.3

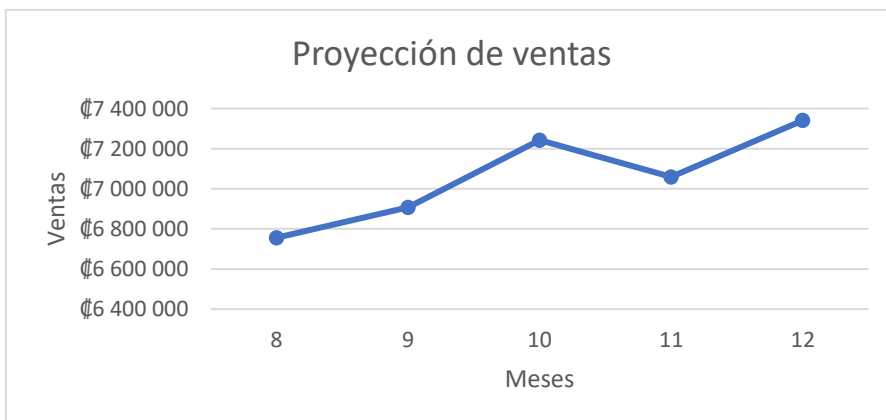


Fuente: Elaboración propia

Figura No. 50. Ventas de por mes de los productos en estudio

Para el cálculo del pronóstico de los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, se utiliza pronóstico simple ponderado, ya que el histórico de las ventas se comporta con tendencia.

En la figura No. 84 se muestra el comportamiento que tendrían las ventas para estos meses, lo que a su vez significa que, en dado momento, si las ventas aumentan la empresa por ende tendrá más cantidad de productos para fabricar y pedidos que completar.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 51. Proyección de ventas para los meses de agosto a diciembre

- Prueba de hipótesis

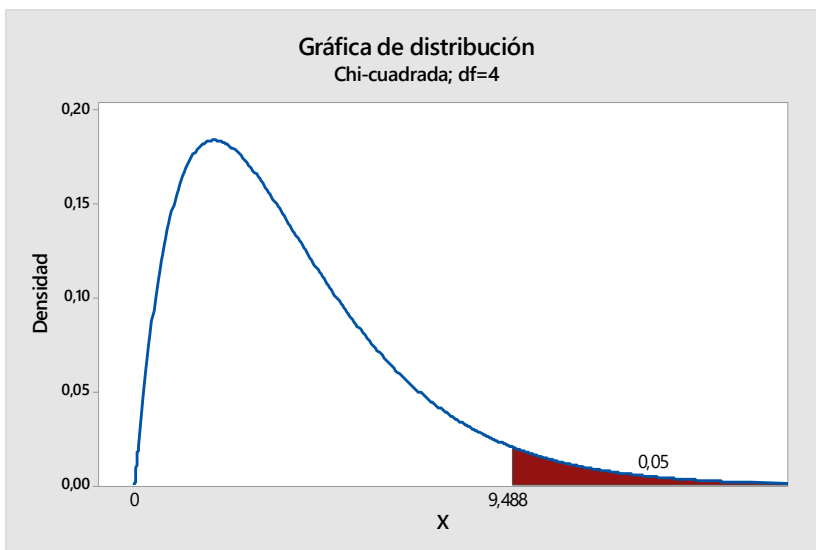
Para conocer si existe correlación entre las variables (rotación de los puestos de trabajo y las cantidades de piezas defectuosas), se realiza una prueba de hipótesis utilizando una tabulación cruzada y Chi cuadrada, se realiza dicha prueba debido a que la variación de piezas defectuosas por las rotaciones es pequeña.

Para ello se plantea primeramente las hipótesis nula y alternativa:

H0: Las variables son independientes; no existe ninguna asociación entre las variables.

H1: Las variables no son independientes; existe una asociación entre las variables

Con respecto a esto se selecciona un nivel de confianza (α) de un 5% con probabilidad de rechazar la hipótesis nula, se da la selección de una estadística de prueba (Chi-cuadrada) y se define la forma de tomar la decisión($gl=k-1=5-1=4$):



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 52. Gráfica de Distribución Chi cuadrada

Cuando se habla de la forma de tomar la decisión se refiere a un valor que se obtiene de la información de la muestra para determinar si se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Seguidamente se procede a la tomar de decisión sobre la prueba:

Filas: Rotación Columnas: Columnas de la hoja de trabajo

	203	300	114	301	134	Todo
12 de agosto	2	6	7	5	0	20
	2,439	4,878	3,415	6,341	2,927	
	-0,2811	0,5080	1,9403	-0,5327	-1,7108	
2 de septiembre	3	4	0	8	6	21
	2,561	5,122	3,585	6,659	3,073	
	0,2743	-0,4957	-1,8935	0,5199	1,6696	
Todo	5	10	7	13	6	41

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Residuos estandarizados

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	14,276	4	0,006
Relación de verosimilitud	19,300	4	0,001

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 53. Resultado de la asociación entre la cantidad de defectos y la rotación

Se utiliza una prueba de Pearson y la prueba de relación de verosimilitud para determinar si existe una asociación entre la cantidad de defectos y la rotación. Dado que los valores p de la prueba de Pearson y de la prueba de relación de verosimilitud son menores a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y concluye que existe una asociación entre las variables de la rotación de los puestos de trabajo y la cantidad de piezas defectuosas.

En estos resultados, hubo un total de 41 piezas defectuosas en dos rotaciones que se hicieron seguidas. Del total de defectuosas, un 20 fueron de la rotación que se realizó el 12 de agosto de las cuales 7 fueron del producto de la 114-100-E-A-S, 2 de la 203-100-E-B, 6 del 300-150-AS-V2 y 5 del 301 -100-E-AB-S-VPVC, por su

parte para la rotación del 5 de septiembre tubo un total de 21 piezas defectuosas, la mayor cantidad para la 301 -100-E-AB-S-VPVC con 8 piezas defectuosas. El residuo negativo indica que se produjeron menos mangos defectuosos de los esperados.

V. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

- Se determina y cuantifica que las variables con mayor importancia de afectación en el control de la producción de los productos seleccionados (301-100-E-AB-S-NPVC, 203-100-E-B, 300-150-A-S-V-2, 114-100-E-A-S y 134-50-E-A-S) son: Sistema de pedidos inadecuados, rotación constante de los puestos de trabajo, faltante de materia prima y distracciones en los puestos de trabajo.
- Se determina que el tiempo de fabricación del producto 301-100-E-AB-S-NPVC es 39,63 min, para la 203-100-E-B es de 31.56 min para 300-150-A-S-V2 es de 32.58 min, para la 114-100-E-A-S es de 27.96 min y para 134-50-E-A-S es de 33,51 min, los cuales se utilizaron en VSM que involucraba las tres familias de los dichos producto por su igualdad de procesos.
- Se concluye que el área que provoca mayor cantidad de reprocesos y pérdidas de tiempo es moldeo, seguido de fundición, además se determina que la cantidad de pedidos adelantados es mayor a los pedidos atrasados.
- Se determina que la probabilidad que la empresa le dedica a las TVA es de 61% para el producto 300-150-A-S-V2, un 55% al 203-100-E-B, un 47% al 114-100-E-A-S, un 59% al 301-100-E-AB-S-NPVC y un 56% al 134-50-E-A-S.
- Se determina que el tiempo de ciclo es mayor al takt time para cada uno de los productos y además se determina que las ventas de estos pedidos han aumentados los dos últimos meses (junio y julio).
- Se encontraron eventos Kaizen a lo largo del proceso productivo, por lo que es necesario tratar los problemas encontrados y realizar los respectivos cambios para combatirlos.

VI. SOLUCIONES AL SISTEMA PLANTEADO

En esta parte del proyecto se abarcan las soluciones al problema planteado, mediante la situación actual y definición del proyecto. De igual manera se presentan cuestiones relacionadas a la elaboración de dichas propuestas.

A. Diseño de propuestas basado en el análisis y medición de las variables involucradas

En esta parte se plantean distintas cuestiones relacionadas a la elaboración de las propuestas y las medidas a tomar para su diseño.

En el análisis de los productos en estudio se determinó que los puntos a mejorar están presentes en dos puntos:

- El ingreso de pedidos a producción
- El reproceso de piezas en área de moldeo/ fundición (Evento Kaizen)

A lo anterior, las propuestas de mejoras están basada en estos dos puntos.

La primera de ellas (propuesta) está basada en un modelo que permita programar la producción según la capacidad actual, pero para ello se contempla primeramente la definición de un RTY probabilístico que tome en cuenta los reprocesos presentes a lo largo del proceso productivo y este junto con otras variables de entrada se encargarán de brindar una variable de salida.

Por lo tanto, esta variable de salida (tiempo de entrega) corresponde a un parámetro de tiempo que indica un rango de días a entregar cierto pedido, además dichas variables y factores se determinaron en el diagnóstico de la situación actual presente en el capítulo IV del actual documento.

Para esta primera propuesta se analizó el comportamiento de las variables en el software de programación gráfica llamado LabVIEW®, el cual ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar algoritmos de análisis de datos, además, según (UTN, 2018) permite diseñar interfaces de usuario para áreas de la industria, este software no programa sobre líneas de códigos, si no sobre iconos que representan ciertas funcionalidades y cables que representan flujo de datos.

LabVIEW ® permite facilidad en cuanto a flexibilidad en medición de las categorías de las variables debido a que posee distribuciones que permite analizar el comportamiento de estas.

Es importante mencionar que debido a que las variables de entrada son distintas en cuanto a sus características, van a generar salidas distintas de tiempo, es por esa razón que se dificulta el uso de alguna técnica matemática como modelos de predicción estadístico.

Por otro lado, se da una segunda propuesta de mejora, está basada en eventos Kaizen encontrados a lo largo del proceso productivo, específicamente entre las áreas de moldeo y fundición. Actualmente, el transporte de moldes desde esta zona (moldeo) hasta el proceso de fundición se hace por medio de dos mesas, una para los moldes de las piezas de mayor tamaño y la otra para las de menor tamaño, las cuales solo contiene un estante, lo que está construyendo a la pérdida de tiempo de la espera de moldes para realizar la fundida como de la espera de la arena a moldeo, la cual es reutilizable después de terminar este proceso(fundición).

Por esa razón la segunda propuesta consiste en dos mesas con doble estante y ruedas, una para los moldes provenientes de la máquina grande y otro de la máquina pequeña, cabe destacar que esta propuesta es menos robusta que la primera, pero está vendría acelerar el proceso de fabricación de moldes, ya que a este mueble le caben el doble de moldes de lo que le cabe a la que actualmente se está usando, es decir el proceso de fundición se realizaría más rápido.

Para esta segunda propuesta se realizarán investigaciones sobre los costos y modelos que vayan a incurrir en el menor gasto para la empresa.



Fuente: Imágenes de Google

Figura No. 54. Ejemplo de mesa transportadora de moldes tomada de Google

1. Modelo de planificación de pedidos según las variables seleccionadas

Para el diseño de este modelo se contemplan cuatro variables de entrada (Tamaño de orden, rotación de puestos de trabajo, RTY, complejidad de los productos) de estas el RTY fue la variable que con mayor análisis (ver sección de diagnóstico).

Para obtener el resultado del RTY primeramente se realiza un análisis de las redes de Petri y matriz de transición de Markov, con las redes de Petri se analiza el rendimiento de las piezas buenas de cierto producto en cada operación o área de trabajo hasta llegar al final del proceso productivo, aquí se determina cuantas piezas van a reproceso y a scrap, como resultado final se obtuvo que la mayor parte de las piezas que no están buenas van a reproceso directamente y no a scrap, además se determina que las piezas que van a scrap se quedan 100% como scrap.

Por otro lado, con ayuda de las matrices de Markov se obtuvo que, sin importar la cantidad de piezas, la probabilidad de piezas buenas (RTY) para el próximo periodo debe ser el mismo, pues lo que tiene que cumplir es que se mantengan ciertas condiciones como: el producto, los trabajadores y sus puestos de trabajo.

En el modelo realizado en LabVIEW ® la variable RTY indica la probabilidad de haya piezas buenas o aceptables (según estándares de calidad de la empresa)

contemplando cierto producto, fuerza laboral y sus respectivos puestos de trabajo, tamaño de orden y complejidad del producto, mediante dos niveles, alto y bajo, los cuales se asignaron tomando en cuenta los resultados obtenidos con las cadenas de Petri y matrices de Markov y las rotaciones A y B

Por otro lado, es importante indicar que LabVIEW® se basa en lógica difusa (para más detalle ver página número 26).

A continuación, se presenta la utilización de esta lógica en el modelo elaborado en LabVIEW®:

Variables de entrada: Tamaño de orden, rotación de puestos, RTY, complejidad

- Tamaño de orden {pequeño, intermedio, elevado} por lo tanto las funciones de membresía⁴ son: $\{\mu_{\text{pequeño}}, \mu_{\text{intermedio}}, \mu_{\text{elevado}}\}$.
- Rotación de puestos de trabajo {Rotación I, Rotación II}, las funciones de membresía son: $\{\mu_{\text{Rotación I}}, \mu_{\text{Rotación II}}\}$
- RTY {Bajo, Alto}, las funciones de membresía son: $\{\mu_{\text{Bajo I}}, \mu_{\text{Alto}}\}$
- Complejidad {Bajo, Medio, Alto}, las funciones de membresía son: $\{\mu_{\text{Bajo}}, \mu_{\text{Medio}}, \mu_{\text{Alto}}\}$.

Variables de salida: Tiempo de entrega

Tiempo de entrega {Lento, Intermedio, Alto}, las funciones de membresía son: $\{\mu_{\text{Lento}}, \mu_{\text{Medio}}, \mu_{\text{Alto}}\}$.

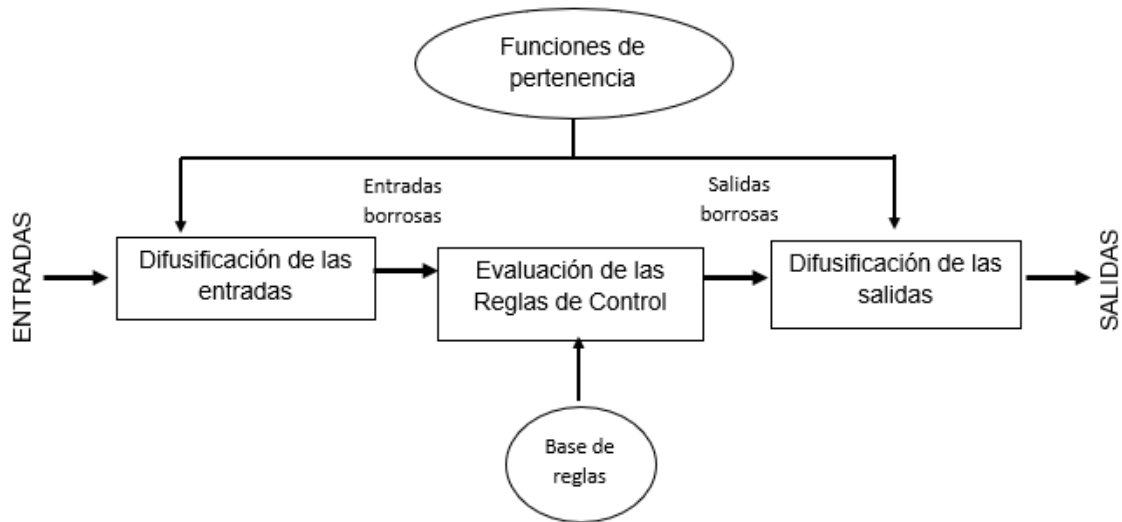
Las reglas de decisión son en total 36, por lo mismo a continuación se brinda solo un ejemplo: IF complejidad is Baja and tamaño de orden is pequeño and Rotación de puestos is Rotación I and RTY is Bajo then tiempo de entrega is Alto.

El sistema primeramente reconoce la variable de entrada, luego convierte un número en valores correspondientes a las funciones de membresía, seguidamente

⁴ Membresía corresponde a grado de pertenencia de un elemento a un subconjunto definido por una etiqueta (niveles de las variables)

se evalúa las reglas, se determina el conjunto de salida de cada regla, se obtiene la función de membresía de la variable de salida a partir de alguna operación entre todos los conjuntos de salida y se determina cual dato es el más representativo para brindar la variable de salida.

Para verlo de una forma más detallada y sencilla se presenta en figura No.88 en donde se observa cómo funciona este sistema.



Fuente: Elaboración propia basada en libro de lógica difusa de Carlos Gonzáles

Figura No. 55. Sistema de inferencia difusa

Aquí se puede observar de una manera resumida lo que se presenta en la página 26.

Por otro lado, para este modelo se utilizan los parámetros de control determinados para cada una de las variables establecidas como ya se mencionaba anteriormente, las cuales se muestran a modo de resumen en el cuadro No.25.

Cuadro No. 25. Parámetros de las variables de entrada para la propuesta I

VARIABLES DE ENTRADA	NIVEL
Complejidad	Baja
	Intermedia
	Alta
Rotación de puestos	I rotación
	II rotación
RTY	Bajo
	Alto
Tamaño de orden	Pequeño
	Medio
	Alto

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 26. Parámetros de las variables de salida para la propuesta I

VARIABLE DE SALIDA	NIVEL
Tiempo de entrega	Bajo
	Intermedio
	Alto

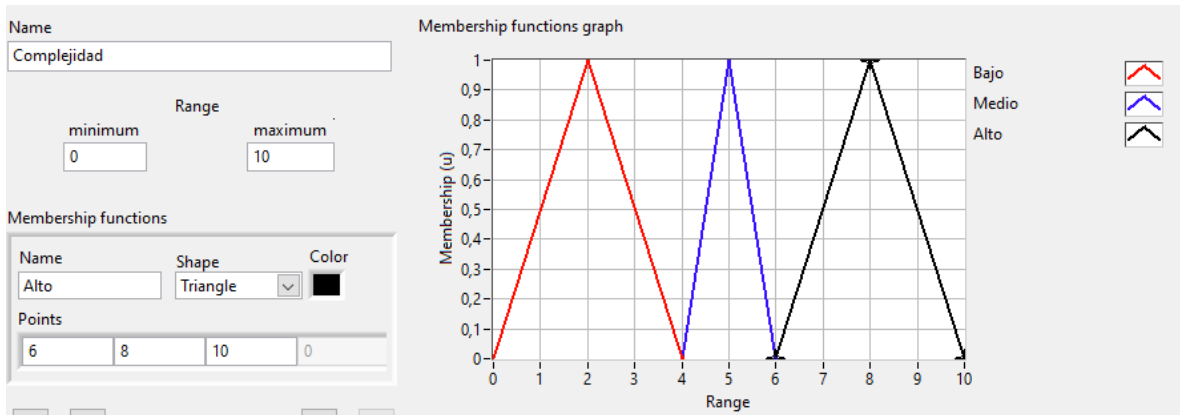
Fuente: Elaboración propia

En el cuadro No.26 se muestra los niveles que tiene la variable salida (tiempo de entrega), cabe destacar que este tiempo de entrega va a variar según el producto y las variables de entrada establecidas, dichos rangos de tiempo se elaboran tomando en cuenta el talk time de cada orden, lead time e históricos de la empresa.

Con los niveles de las variables establecidos se realizaron 36 combinaciones incluido el tiempo de entrega, es importante indicar que en la variable de la rotación de puestos ya va incluido el operario y el proceso correspondiente a cada trabajador.

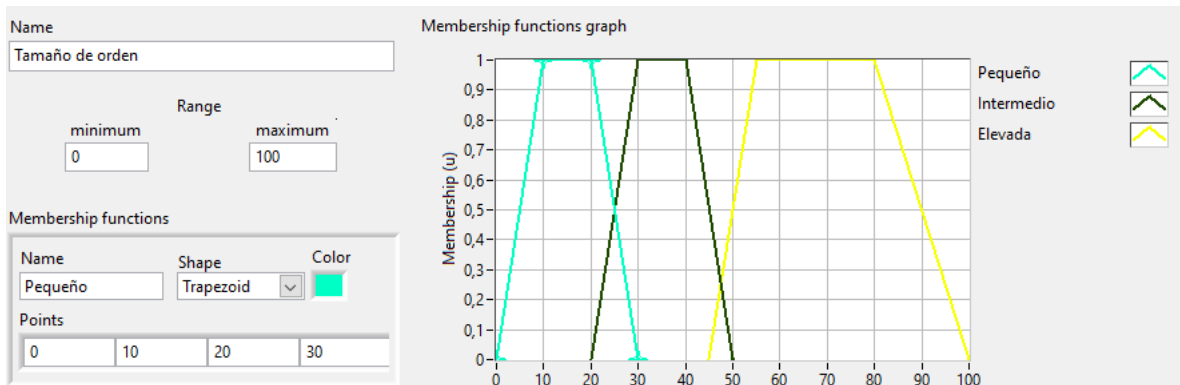
También, que los rangos o parámetros otorgados a estas variables fueron tomado de los históricos de la empresa, así como el criterio experto del asesor industrial.

A continuación, se muestra en las figuras No.89, 90, 91, 92, 93 el ingreso de las variables al sistema:



Fuente: Elaboración propia

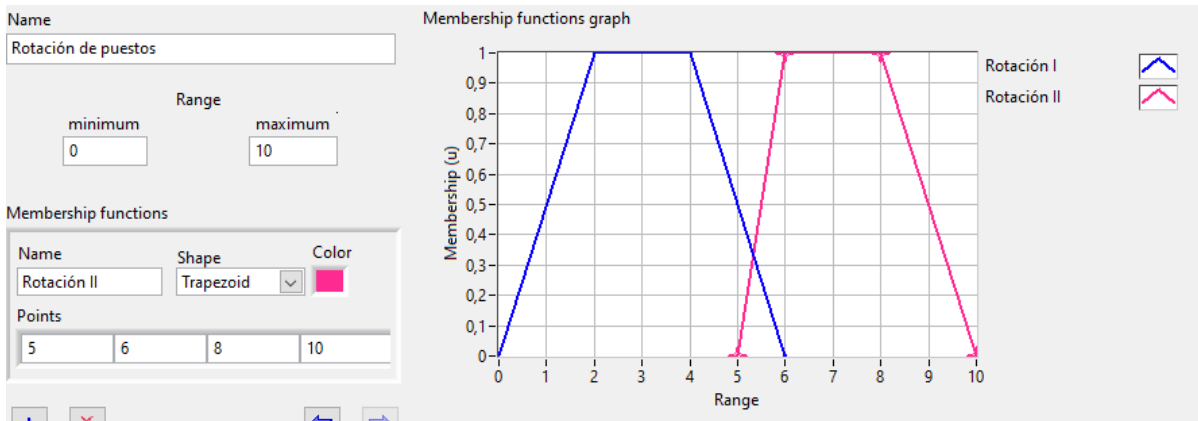
Figura No. 56. Ingreso de la variable complejidad



Fuente: Elaboración propia

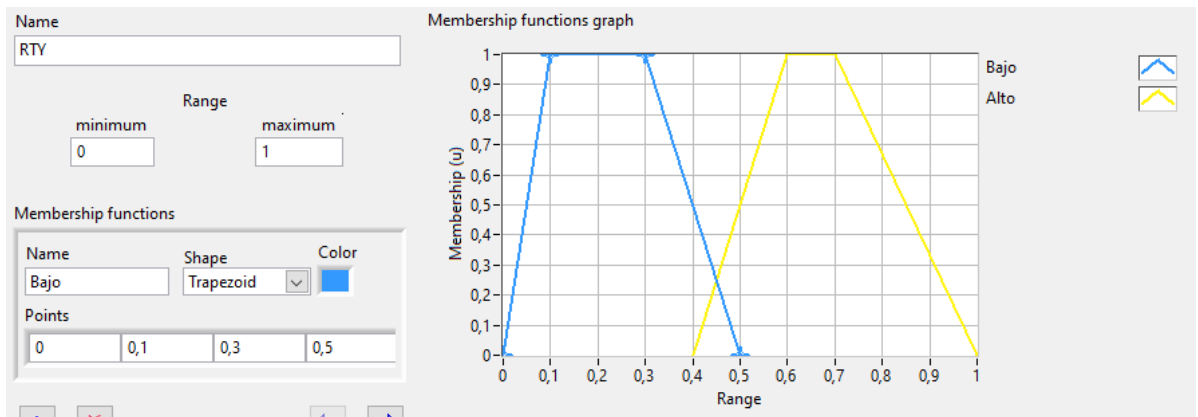
Figura No. 57. Ingreso de la variable Tamaño de orden.

Estos rangos corresponden a los históricos del producto con mayor cantidad de pedido, de esta manera se realiza en este sistema para que pueda evaluar y contemplar el resto de los productos con ventas por debajo de este mismo.



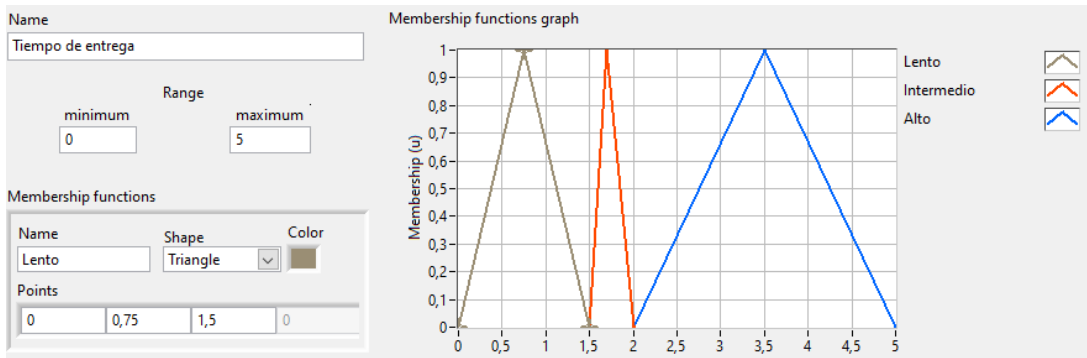
Fuente: Elaboración propia

Figura No. 58. Ingreso de la variable Rotación de puestos de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 59. Ingreso de la variable RTY



Fuente: Elaboración propia

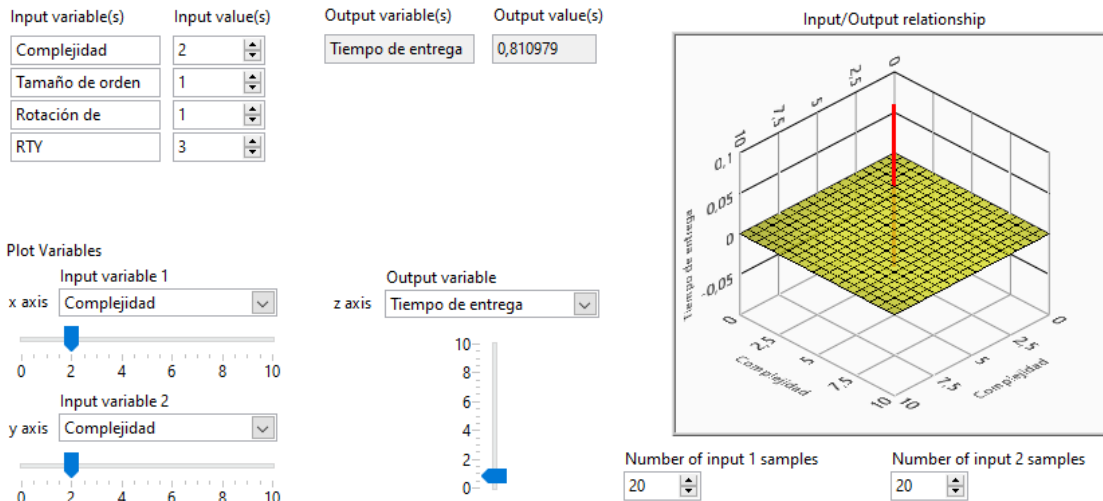
Figura No. 60. Ingreso de la variable tiempo de entrega

The figure displays a rule editor interface. At the top, there is a list of 7 rules. Below the rules, the 'Defuzzification method' is set to 'Center of Area'. The main part of the interface is a rule configuration table with 'IF' and 'THEN' sections.

Defuzzification method				Consequents	
Center of Area					
IF		THEN			
+	Complejidad	=	Alto	+	Tiempo de entrega = Alto
X	Tamaño de orden	=	Pequeño	X	
	Rotación de puestos	=	Rotación I		
	RTY	=	Bajo		

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 61. Combinaciones de los niveles de las variables establecidas



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 62. Tiempo de entrega dado por LabVIEW ®

Como muestra la figura No. 95 el tiempo de entrega para un pedido con una complejidad de nivel 2, tamaño de orden 1, con rotación I y RTY de nivel 3 es de 0,810979, lo que equivale según la figura No. 95 a un tiempo de entrega lento es decir el tiempo para entregar este pedido es poco.

Para poder implementar este software se tiene que incurrir a ciertos costos como lo son: costo de capacitación, adquisición y el equipo necesario para descargar y mantener dicho programa.

A continuación, en el cuadro No. 27 se muestra un desglose de los costos por adquirir este software.

Cuadro No. 27. Costos de adquisición referentes a LabVIEW ®

Detalle	Valor
Costo de capacitación	¢392 175 ⁵
Costo de adquisición del software	¢2 013 165 ⁶
Costo de computadora	¢669 630 ⁷
Total	¢3 074 970

Fuente: Elaboración propia

Según estos datos a la empresa le costaría obtener el software en ¢3 074 970.

Sin embargo, LabVIEW ®, presenta ciertas dificultades para el usuario, incluido el acceso y manejo de este, es por esa razón que se busca un software o sistema amigable con el usuario, en este caso se implementará una programación en Visual Basic® de Excel, este software permite otorgar los rangos de las variables a un modo más abierto y que estos tengan relación con datos digitados directamente por el usuario.

Y esta es la diferencia entre ambos programas pues con LabVIEW ® se hace complejo ya que con este hay que estar vigilando que las combinaciones no se repitan, además, no brinda una forma en la que el usuario ingrese valores si no que todo se maneja con distribuciones específicas para cada uno de los diferentes niveles de las variables.

Los rangos para cada una de las variables se presentan en el cuadro No.28 y No.29.

⁵ Costo de capacitación online impartido por National Instruments de \$675.

⁶ Valor del paquete general de Labview obtenido de la página oficial de National Instruments

⁷ Costo por la compra de un computador core 7

Cuadro No. 28. Rangos para cada nivel de las variables

VARIABLES DE ENTRADA	NIVEL	INTERVALOS DE ENTRADA
Complejidad	Baja	[0, 4]
	Intermedia	[4, 6]
	Alta	[6, 10]
Rotación de puestos	I rotación	[0,5]
	II rotación	[5,10]
RTY	Bajo	[0,6]
	Alto	[6, 10]

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 29. Rangos para cada nivel de la variable tamaño de orden

Producto	Variable tamaño de orden(cantidad)		
	Pequeño	Media	Alta
300-150-A-S-V2	[0,30]	[30,50]	[50,100]
114-100-E-A-S	[0,15]	[15,30]	[30,50]
301-100-E-AB-S-NPVC	[0,20]	[20,40]	[40,60]
134-50-E-A-S	[0,30]	[30,50]	[50,80]
203-100-E-A-S	[0,14]	[14,20]	[20,40]

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro No.29 se observan los rangos dados para cada nivel de la variable tamaño de orden y el producto correspondiente a estas, cabe destacar que se hace por producto porque las ordenes varían de cada pieza y por ende los rangos de unos van a ser más elevados que otros.

Además, es importante mencionar que para este caso la variable del RTY depende de la rotación que se vaya a escoger, la cual depende del producto a seleccionar.

Al igual que LabVIEW ® con Visual Basic® también se utiliza los rangos presentes en el Cuadro No. 28 solamente que para este caso estos rangos sirven de guía pues en este software se utilizan las combinaciones dadas en la figura No.94

Para ingresar estas variables se diseñó una herramienta utilizando formularios en Visual Basic®, en donde se dio el uso de etiquetas para cada variable incluyendo un espacio para que digiten la cantidad del pedido, este dato es fundamental pues de él depende que surja el tiempo de entrega.

Para más detalle se muestra en la figura No.96 el ingreso a la herramienta.

The image shows a software interface with the following elements:

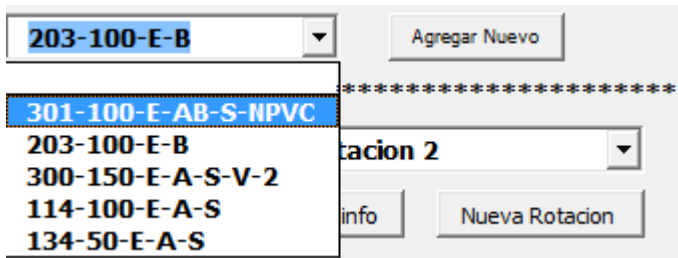
- A dropdown menu labeled "Seleccione el producto" with a small downward arrow.
- A button labeled "Agregar Nuevo" to the right of the dropdown.
- A horizontal separator line consisting of asterisks.
- A dropdown menu labeled "Seleccione la rotación" with a small downward arrow.
- Two buttons below the dropdown: "Más info" and "Nueva Rotacion".
- Another horizontal separator line consisting of asterisks.
- A text input field labeled "Digite la cantidad del producto".
- A dropdown menu labeled "Seleccione la complejidad del producto" with a small downward arrow.
- Two buttons at the bottom: a green button labeled "Calcular entrega" and a red button labeled "Salir".

Fuente: Elaboración propia en Visual Basic ®

Figura No. 63. Interfaz para el ingreso de las variables

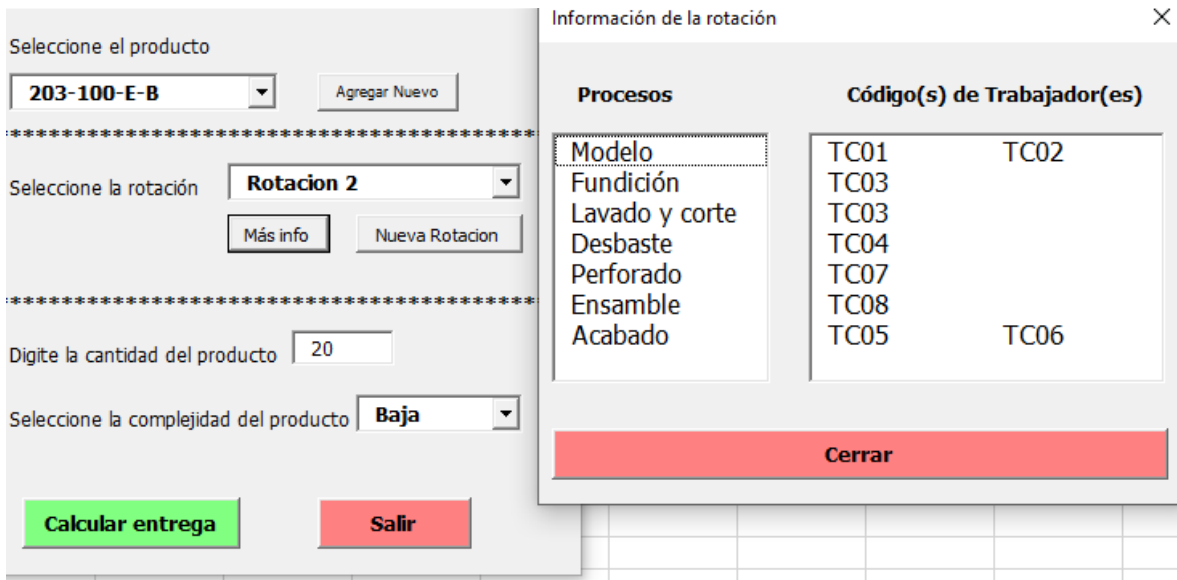
Como se puede observar en la figura No.95 el usuario lo único que tiene que digitar es el valor de la cantidad y el resto de los niveles de las variables se escogen por pestañas.

Cabe destacar que la variable del RTY va incluido cuando se escoja la rotación y en cuanto a los niveles planteados en la figura No.96 estos solamente sirven de guía para conocer cuál de las rotaciones es el que tiene el RTY bajo o alto dependiendo del producto.



Fuente: Elaboración propia en Visual Basic ®

Figura No. 64. Pestaña de escogencia de productos



Fuente: Elaboración propia en Visual Basic ®

Figura No. 65. Interfaz de la variable rotación

En la figura No.98 se muestra que cuando el usuario escoja la rotación tiene la opción de verificar los procesos y el código de cada trabajador, tanto para la variable rotación como producto existe la opción de agregar una nueva ronda de estas variables, las cuales una vez agregadas se almacenan en la herramienta y luego podrá ser utilizadas para el mismo fin, pero es importante mencionar que aunque se agregue el producto y sus componentes(RTY, tamaño de orden y complejidad) el programa no podrá leerlo, pues para hacerlo se deben hacer combinaciones internas y manejar nuevos rangos para que relacionen con los productos existentes,

es decir de los productos agregados en el programas se pueden usar de guía con productos provenientes de la misma familia.

```
'Al elegir un producto del combobox
Private Sub cmbProduct_Change()
    Me.cbmRotacion.Clear
    cbmRotacion.Style = 2
    If Me.cmbProduct.Value = "134-50-E-A-S" Then
        Me.cbmRotacion.AddItem "Rotacion 1"
    End If
    If Me.cmbProduct.Value = "114-100-E-A-S" Then
        Me.cbmRotacion.AddItem "Rotacion 2"
    End If
    If Me.cmbProduct.Value <> "114-100-E-A-S" And Me.cmbProduct.Value <> "134-50-E-A-S" Then
        Me.cbmRotacion.AddItem "Rotacion 1"
        Me.cbmRotacion.AddItem "Rotacion 2"
    End If
End Sub
```

```
'Boton para calcular todo el proceso
Private Sub entregaBtn_Click()

' Declaraciones de las variables a utilizar
Dim rotacion As String
Dim producto As String
Dim cantidad As Integer
Dim complejidadProducto As String
Dim complejidadCantidad As String
Dim RTY As Integer
Dim salidaDias As String

rotacion = cbmRotacion.Value
```

Fuente: Elaboración propia en Visual Basic ®

Figura No. 66. Fragmento del código para la elección del producto

```

If producto = "134-50-E-A-S" Then
  If cantidad > 0 And cantidad <= 30 Then
    complejidad = "Baja"
  ElseIf cantidad > 30 And cantidad <= 50 Then
    complejidad = "Intermedia"
  ElseIf cantidad > 50 And cantidad <= 80 Then
    complejidad = "Alta"
  End If
End If

If producto = "114-100-E-A-S" Then
  If cantidad > 0 And cantidad <= 15 Then
    complejidad = "Baja"
  ElseIf cantidad > 15 And cantidad <= 30 Then
    complejidad = "Intermedia"
  ElseIf cantidad > 30 And cantidad <= 50 Then
    complejidad = "Alta"
  End If
End If

If producto = "301-100-E-AB-S-NPVC" Then
  If cantidad > 0 And cantidad <= 20 Then
    complejidad = "Baja"
  ElseIf cantidad > 20 And cantidad <= 40 Then
    complejidad = "Intermedia"
  ElseIf cantidad > 40 And cantidad <= 60 Then
    complejidad = "Alta"
  End If
End If

```

Fuente: Elaboración propia en Visual Basic ®

Figura No. 67. Fragmento del código para asignar según el tamaño y complejidad el tiempo de entrega

El rango de entrega para este pedido es de 2.5 a 4.2 días y se espera que tenga un RTY de un 69

Aceptar

Fuente: Elaboración propia en Visual Basic ®

No. 68. Interfaz con variable de salida (Tiempo de entrega)

Cuadro No. 30. Costos relacionados a la implementación del software Visual Basic®

Detalle	Valor
Costo de capacitación	₡20 000 ⁸
Costo de adquisición del software	₡199 999 ⁹
Costo de computadora y complementos	₡669 630 ¹⁰
TOTAL	₡881 713

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que, si la empresa ya tiene office con paquete profesional, no requerían invertir en este tipo de gastos, a no ser que se tenga que adquirir ciertos complementos que son necesario y que tienen que ser comprados para que funcione Visual Basic ®.

Por otro lado, es importante mencionar que esta herramienta elaborada en Visual Basic ® es a un nivel demostrativo pues acá se trabajan con variables que no son 100% continuas y tampoco son 100% discretas¹¹.

En el apéndice No.11 se muestra un manual de usuario de esta herramienta de programación de la producción.

⁸ Tomado de un di laboral de un Técnico Medio en Educación Superior cuyo salario base es: ₡451 523

⁹ Costo obtenido de Microsoft por la compra de un paquete office para empresas

¹⁰ Valor de mercado de una computadora Core 7 y complementos

¹¹ Se dice de discreta cuando no se puede tomar ningún valor dentro de dos consecutivos.

2. Propuesta de traslado de moldes

Debido a que uno de los problemas en el Control de Producción fue identificado como un evento Kaizen, se propone el uso de dos mesas con doble estantería que, si bien no eliminarían los reprocesos, pero facilitarían el traslado de los moldes, lo que contribuiría a disminuir el tiempo de espera de arena para la fabricación de dicho bien, pues cuando sucede un reproceso se pierde tiempo y con estas mesas se ahorrarían el tiempo de espera.

Para la propuesta se realizó una investigación sobre los diferentes productos existentes en el mercado que cumplieran con el espacio disponible que tiene la empresa pues la empresa no desea realizar muchos gastos.

En los cuadros No.31 se muestra una comparación entre las diferentes opciones encontradas en el mercado nacional, por su parte en el anexo No.2 se encuentran imágenes de los productos encontrados con su respectivo precio y características.

Cuadro No. 31.Comparación de empresas que venden mesas de trabajo trasportadoras

Producto	Proveedor	Tamaño	precio
Mesas de trabajo de dos niveles	EQUINOX Costa Rica	1,10 m frente	₡55 670
		70 cm fondo	
		90 cm alto	
Mesa de trabajo	Taller Gato	1,40 m frente	₡67000
		1,60 cm de fondo	
		1 m alto	

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro No.32 se observa que de las dos opciones encontradas las características de los tamaños son parecidos es decir no hay mucha diferencia de tamaños por lo que se escoge la que tiene el precio más bajo, además se contempla el tamaño de las actuales mesas de trabajo que tiene la empresa, la opción elegida es EQUINOX Costa Rica estos están ubicados en Av. 48, Hatillo Centro, San José, actualmente sólo tienen una sucursal, estos realizan el material que el cliente desee, aunque su característica es trabajar con acero inoxidable, pero realizan pedidos especiales según las necesidades del cliente.

Cuadro No. 32.Costos involucrados en la compra e instalación del producto escogido

Detalle	Costos involucrados
Adquisición del producto	₡55 670
Costo de instalación	₡1 400 ¹²
Costo de transporte de ir a recogerlo	₡7 000 ¹³
Total	₡64 070

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro No.32 el costo total por adquirir este producto(mesa) es de ₡64 070 por cada mesa.

¹² Tomado del salario que gana un peón por hora en la empresa

¹³ Costo aproximado de gasolina y pago para ir recoger el producto hasta la empresa

VII. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES

Dado que la metodología está enfocada en el diseño de propuestas de mejora y verificación, este capítulo se enfocará en la parte de verificación de esta metodología establecida. Para esta etapa se realiza una comparación entre el modelo actual utilizado para calcular el tiempo de entrega y el propuesto (software en Visual Basic).

Cuadro No. 33.Comparación de la variable tiempo de entrega

Producto	Tamaño pedido	Complejidad	Tiempo dado por medio del modelo actual (criterio experto)	Tiempo Herramienta
114-100-E-A-S	45	Baja	3 días	1 día
300-150-A-S-V2	60	Baja	4 días	3,5 días a 4,2 días
301-100-E-AB-S-NPVC	21	Intermedio	7 días	2,2 días a 3,5 días
134-50-E-A-S	30	Alta	4 días	4,5 días a 5 días
203-100-E-A-S	15	Alta	4 días	2,5 días a 3,5 días

Fuente: Elaboración propia

El cuadro No.33 se muestra la comparación del modelo actual para calcular el tiempo de entrega de los pedidos y el propuesto (herramienta de Visual Basic), en el cual se observa que el tiempo brindado al cliente por medio de criterio experto (modelo actual) no está tan alejado de los rangos que brinda la herramienta, por ejemplo, para el producto 301-100-E-AB-S-NPVC con una orden de tamaño de 21 unidades y con una complejidad intermedia en cuanto a la orden, estaría listo para entregar en 5 días, esto según el modelo actual.

En otras palabras, el modelo actual funciona de la siguiente manera: según lo que se tiene en inventario y lo que este en proceso de fabricación se contempla para ajustar un tiempo a criterio experto, el cual se le da al cliente, es decir la empresa no contiene un software o herramienta que le permita calcular un tiempo de entrega y en caso de despido del actual encargado de coordinar este proceso, la empresa

tendría que buscar alguna otra alternativa para no incumplir con los tiempos de entrega.

Por otro lado, lo que se propone es una herramienta que le brinda a la empresa un rango con una salida real, la cual corresponde a un tiempo de entrega en días que contempla lo que es el lead time, RTY general por rotación y el talk time.

Cabe destacar que dicha herramienta tiene un manual de usuario (ver apéndice No. 11) además, en el apéndice No. 13 se presenta el diseño de interfase, modelo de configuración de la herramienta y demás información referente al uso y diseño de esta.

Por otro lado, es importante indicar que dicha herramienta tiene un manejo fácil de utilizar debido a su estructura, la cual la hace amigable con el usuario.

Por lo mismo, es importante mencionar que de un total de 107 pedidos mensuales, existe un atraso de un 1% y un 32% de adelantos lo que se traduce monetariamente a ₡2 209 381 de pérdida, por lo que el uso de la herramienta reduciría un 12% los adelantos y un 0,5% los atrasos en los pedidos, es decir, si un pedido que anteriormente bajo las mismas condiciones a los del estudio llegó a la empresa y se le dio al cliente un tiempo de entrega y no se contempló ni los reprocesos ni la complejidad, lo habilita a la equivocación por no contemplar dichos factores que la herramienta si tiene.

Dichos porcentajes anteriores monetariamente hablando son de ₡1 333 342 y ₡38 000 respectivamente, es decir la empresa reduciría sus pérdidas económicas a un total de ₡1371 342, lo que a la vez quiere decir que tendrá un ahorro de ₡838 038 mensualmente con el uso de la herramienta.

Por otro lado, con respecto al problema Kaizen encontrado, se crea la propuesta de mejora de la compra de dos mesas, ambas para trasladar los moldes desde moldeo hasta fundición, las mesas actuales se llenan en total con 15 moldes, ambas(mesa de la máquina de moldes grandes y la pequeña) son trasladadas hasta fundición,

lugar donde una vez terminado el proceso se fundido los moldes son desmoronados para volver a mezclarlos con agua nuevamente hasta darle cierto acabado necesario para la creación de nuevos moldes.

Lo anterior suele complicarse porque la espera de arena en moldeo es de 15 minutos, es decir, los moldeadores deben esperar que la fundida termine y esta se realiza cuando hay 60 moldes aproximadamente para realizarla, entonces si cada 15 moldes se llena una mesa para completar una fundida se debe de realizar 4 viajes, lo que equivale que con 15 min de espera se deberían estar produciendo de 3 a 6 piezas de los productos en estudio, los cuales también son referentes a otros de la misma familia. Entonces, con cada reproceso tanto del área de moldeo como de fundición se pierde la posibilidad de estar fabricando piezas por espera de material, por lo tanto, con 2 mesas (una para cada máquina) se reduciría un 50% la espera de arena, ya que en dos viajes se estaría completando una fundida y lo cual aceleraría la producción en caso de reprocesos en estas áreas, lo que a la vez mejora la entrega de los pedidos.

A. Evaluación económica del proyecto

Cuadro No. 34. Costos relacionados con la implementación y cotización del proyecto

Costo por:	Valor (C\$)
Costo por horas invertidas en la creación del software	C\$1 327 544 ¹⁴
Compra del software	C\$199 999
Capacitación sobre el software	C\$20 000
Compra hardware	C\$669 630
Compra mesas	C\$111 340
Transporte mesas	C\$7 000
Instalación mesas	C\$2 800
TOTAL	C\$2 338 313

Fuente: Elaboración propia

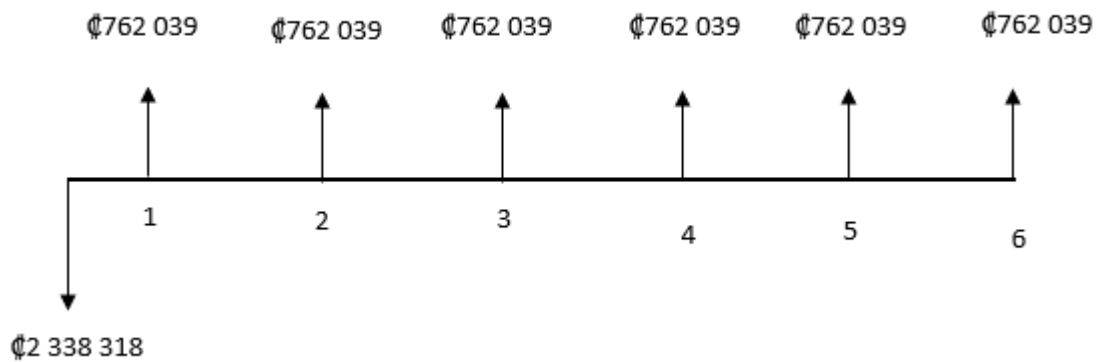
¹⁴ Costo total por realizar el software, generado por 2 meses y 8 hrs laborales.

Cuadro No. 35. Datos relacionados al beneficio de la realización e implementación del proyecto

Descripción:	Valor
Ganancia por mes	₡27 991 879 ¹⁵
Perdidas por adelantos y atrasos	₡1 371 342 ¹⁶
Ahorro	₡762 039 ¹⁷
TOTAL	₡26 620 537

Fuente: Elaboración propia

Con los datos proporcionados en los cuadros No .34 y No.35 se realiza un flujo de efectivo para 6 meses, ver figura No.102.



Fuente: Elaboración propia

Figura No. 69. Flujo de efectivo para seis meses

¹⁵ Promedio de ganancias por mes

¹⁶ Total, de dinero perdido por atrasos y adelantos de los pedidos con el uso de la herramienta de Visual Basic (20% rebaja de un 12%).

¹⁷ Total, de dinero obtenido al pasar de 32% a un 20% de entregas y de un 1% a 0,5% de atrasos, dichos porcentajes se basan en una aproximación basada en pedidos ingresados en la herramienta de Visual Basic.

Para (Briseño, 2006) el Valor Presente (VP) es el valor monetario que resulta de la diferencia entre la inversión inicial y los flujos desconectados con un TREMA (es la tasa de rendimiento que cumple las expectativas de un proyecto).

Por lo que si el valor VPN es mayor acero se acepta el proyecto y si no se rechaza.

La fórmula para obtener el valor presente neto es:

$$VP = -I + \frac{FLE1}{(1+TREMA)^1} + \frac{FLE2}{(1+TREMA)^2} + \dots + \frac{FLEn}{(1+TREMA)^n} \quad (8)$$

Donde:

I= Inversión inicial

VP=Valor Presente

FLE=Flujo Libre de Efectivo

TREMA=Tasa de Rendimiento mínima aceptada

n=número de periodos

$$VP = -\frac{2\,338\,318}{(1+0,2)^0} + \frac{762\,039}{(1+0,2)^1} + \frac{762\,039}{(1+0,2)^2} + \frac{762\,039}{(1+0,2)^3} + \frac{762\,039}{(1+0,2)^4} + \frac{762\,039}{(1+0,2)^5} + \frac{762\,039}{(1+0,2)^6}$$

= ₡195 847.

Con un TRAMA de un 20% definido por la empresa, el VP es positivo, lo que quiere decir que el proyecto es rentable para seis meses y que es conveniente aceptar el proyecto, ya que se estaría cumpliendo con la tasa de rendimiento mínima aceptada (TREMA), además que estaría generando un valor agregado de ₡195 847.

Otro indicador que permite conocer si el proyecto es factible es TIR (Tasa Interna de Retorno), se utiliza la misma fórmula que VP nada más que se juega con distintos valores del i y además se calcula igualando este VP a cero.

Con i=152%

$$0 = \frac{\text{C}2\ 338\ 318}{(1+0,74)^0} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,74)^1} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,74)^2} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,74)^3} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,74)^4} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,74)^5} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,74)^6} = -\text{C}1\ 345\ 645$$

Con $i=153\%$

$$0 = \frac{\text{C}2\ 338\ 318}{(1+0,75)^0} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,75)^1} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,75)^2} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,75)^3} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,75)^4} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,75)^5} + \frac{\text{C}762\ 039}{(1+0,75)^6} = -\text{C}1\ 357\ 643$$

Para encontrar el TIR se hace de la siguiente forma:

$$\text{TIR} = 152\% + \frac{-\text{C}1\ 345\ 645}{-\text{C}1\ 345\ 645 - (-\text{C}1\ 357\ 643)} (153\% - 152\%) = 39.84\%$$

Como se observa el TIR es mucho mayor que TRAMA (20%) lo que significa que el proyecto es aceptable.

B. Plan de implementación de las propuestas

Dado que se determinó que el proyecto es rentable y generaría un beneficio económico para la empresa, se procede a realizar un plan de implementación de las propuestas de mejora con fin de poder ponerlas en marcha en la empresa.

En el cuadro No.36 se muestran aspectos generales del plan de implementación, además se realiza un diagrama de Gantt con el fin de darle seguimiento a la implementación de dichas mejoras, este se puede observar en el cuadro No.36

Cuadro No. 36. Plan de implementación de propuestas de mejoras del proyecto

Problema	Acciones	Recursos para utilizar	Responsable	Acciones de control
Se generan retrasos y adelantos en pedidos	Instalar herramienta de programación de la producción	Software para instalación y hardware para el almacenaje	Coordinador de producción	Revisar constantemente el software para actualizaciones
	Actualizar base datos con la información de cada pedido	Software (Excel)	Coordinador de producción	Establecer otras personas que puedan manipular el software
	Ingresar más productos a la herramienta	Hardware y software para el ingreso de datos	Coordinador de producción	Establecer una lista de los productos a seguir en el software
	Capacitar al personal encargado del área de producción sobre la herramienta	Capacitador	Creador de la herramienta	Capacitar sobre las actualizaciones a hacer en el futuro
Área de moldeo y fundición (Evento Kaizen)	Comprar mesas para trasladar los moldes desde moldeo a fundición	Dinero y transporte de traslado	Asistente contable	Verificar el estado de las mesas y su uso
	Instalar mesas y sustituirlas por las actuales	Espacio, personal para trasladarlas	Operario y encargados de producción	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No. 37. Diagrama de Gantt para la implementación de mejoras

Nombre	5-nov	6-nov	7-nov	8-nov	18-nov	19-nov	20-nov	21-nov	22-nov	25-nov	26-nov	27-nov	28-nov	29-nov	2-dic	3-dic	4-dic	5-dic	6-dic
+ Problema de retrasos y adelantos de pedidos																			
Instalar herramienta	■																		
Actualizar base de datos		■	■	■	■	■													
Ingresar más producto al sistema							■	■	■	■	■	■							
Capacitación sobre la herramienta al encargado de producción													■	■					
+ Evento Kaizen																			
Comprar mesa															■	■	■	■	
Instalar mesas																			■

Fuente: Elaboración propia

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. CONCLUSIONES

1. Para el estudio se abarcaron y analizaron 10 áreas de las cuales dos de ellas (área de moldeo y fundición) son las que presentan menos piezas buenas a la primera, además, se determina que estas presentan mayor cantidad de reprocesos en piezas provenientes de los productos de las tres familias con mayor demanda de pedidos (calderas para piso, caldera para azotea y tapas de registro).
2. Se analiza que el actual sistema de entrega de pedidos (criterio experto) afecta los tiempos de entrega, además se determina que la empresa no cuenta con un software o herramienta que les brinde el tiempo aproximado que tardaría sacar un lote de n cantidad de piezas, lo cual provoca que se le dé al cliente un tiempo de entrega erróneo.
3. Se realiza un estudio de trabajo y se determina que existe afectación de la variable distracciones de puestos de trabajo sobre los tiempos de entrega de los pedidos, en donde se determina la existencia de un 42% y un 38% de tareas que no le agregan valor al proceso, respectivamente para las áreas de moldeo y fundición.
4. Se determina y se analiza que existe afectación por parte de la variable rotación de puestos de trabajo en el tiempo de entrega de los pedidos, debido a la cantidad de piezas defectuosas que ocurren en cada rotación y estas a la vez generan reprocesos (trabajos extras realizados a la pieza) que hacen retrasar las ordenes de los pedidos.
5. Se analiza y se determina que los escasos de materia prima(arena) afecta los tiempos de entrega de los pedidos, dado que, por cada 15 min perdidos por espera de arena en el área de moldeo, se podría estar fabricando otras piezas provenientes del mismo pedido.
6. Se diseñaron dos propuestas de mejora, la primera está relacionada con los tiempos de entrega de los pedidos (herramienta en Visual Basic), el fin de esta propuesta es disminuir los retrasos y los adelantos de los pedidos,

otorgándoles un tiempo de entrega que contemple el talk time y lead time, además con esta herramienta se evita el criterio experto. Por otro lado, se diseñó una segunda propuesta (mesa transportadora) relacionada con la pérdida de tiempo en espera de materia prima (arena).

7. Mediante la comparación del modelo actual y la herramienta se determinó que más de la mitad de los tiempos de entrega dados a los clientes caen dentro de los rangos establecidos en la herramienta de Visual Basic, lo que indica que la otra mitad del tiempo de entrega dado al cliente es incorrecto es decir existe errores en ese tiempo brindado.
8. Se determinó que con la utilización del software las pérdidas económicas por atrasos y adelantos pasarían de un \$2 209 381 a \$1 371 342, esto conlleva a una reducción de \$838 039, en otras palabras, mensualmente se dan pérdidas económicas por atrasos de \$2 133 381 y por adelantos de \$76 000 y con el uso de la propuesta (herramienta en Visual Basic) este gasto disminuiría más de la mitad.
9. Se creó un plan de implementación de las propuestas de mejora con acciones y recursos que permitan facilidad en la puesta en marcha de dichas propuestas.

B. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el estudio de tiempos de fabricación de los productos tipo A y sus respectivas familias, con el fin de poder conocer específicamente los estándares en cada proceso y con ello abarcar el tiempo de entrega de dichos productos.
2. Se recomienda realizar actualizaciones al software para ingresar más productos de los que actualmente posee, además ampliar el ingreso de nuevas variables.
3. Se recomienda a la empresa buscar y adquirir equipo de protección para el área de fundición, además brindarles charlas constantes a los peones de la importancia del uso de equipo de seguir
4. dad como lo son: guantes, lentes y chaquetas de protección, así como mascarillas contra el humo.
5. Se recomienda a la gerencia y personal administrativo el uso de la metodología 5 S para la mejora del desorden en el área de producción.
6. Se recomienda capacitar al personal sobre los distintos procesos y su importancia en cada uno, para evitar pérdidas de tiempo por reprocesos causados por falta de conocimiento en las áreas.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Arcones, Belen. *Rotación de puestos de trabajo*.2019, blogs.imf-
formacion.com/blog/corporativo/prl/rotacion-de-puestos-de-trabajo/
- Ballesteros, Belén. *Investigación social desde a practica educativa*, San José,
UNED, 2019.
- Belohlavek, Peter. *Metodología uncista de investigación y diagnóstico de sistemas
complejos*. Buenos Aries, Blue Eagle Group, 2005.
- Briseño, Hugo. *Indicadores financieros fácilmente explicados*. Jalisco, México,
Umbral, 2006.
- Cantón, Isabel. "Introducción a los procesos de calidad". Revista Iberoamericana
sobre calidad, eficacia y cambio en educación. V.8, No.5, 6-7, 2010.
- Castellanos, Johanna y Guzmán, Leonardo." Modelado con redes de Petri e
implementación con Grafcet de un sistema de manufactura flexible con
procesos concurrentes y recursos compartidos". *Ciencia e ingeniería Ne
ogranadina*.No.1, 2010.
- Caso, Alfredo. *Técnicas de medición del trabajo*. Madrid, Fundación Confemental,
2008.
- Colligno, Jeffry y Vermorel, Joanes. *Análisis ABC: Inventario*. Febrero, 2012,
[https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-\(inventario\)](https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-(inventario))
- Espinoza, Iván. Tipos de muestreos. Proyecto de investigación científica,
Universidad Nacional autónoma de Honduras, Honduras, 2016.
- Fernández, Manuel. Criterios de calidad en la investigación social: la producción
de datos sociales. Proyecto de investigación Científica, Instituto de Estudios
Sociales de Andalucía, Madrid, 2003.
- García, Edwin y Escobar, Luis."Desarrollo de un simulador de sistemas de
manufatura flexible con interfaz gráfica basado en redes Petri". *Revista
Iberoamericana de ingeniería Mecánica*, No.1, enero, 2018.
- González, Carlos. *Lógica Difusa: Una introducción práctica*. España, La
Universidad de Castilla-La Mancha, 2017
- Guerrero, Dante. *Desarrollo del acto de constitución*,2018
<https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle>

- Gutiérrez, Humberto. *Calidad Total y productividad*. México D.F, McGraw-Hil, 2010.
- Heredia, Nohara. *Gerencia de compras: La nueva estrategia competitiva*. Bogotá DC, Ecoe ediciones, 2007.
- Izar, Manuel. *Las siete herramientas básicas de calidad*, México, Editorial Universitaria Potosina, 2004.
- Krajewski, Lee y Ritzman, Larry. *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México, Pearson Education, 2000.
- Luko, Stephen y Neubauer, Dean, "Los intervalos estadísticos Parte 3: Seguimos con el intervalo de tolerancia", *Standardization News* de ASTM, 2011.
- Morales, José. *Serie de técnicas de resolución de problemas: " Los 5 por qué", 2013*, <http://www.5consultores.com/wp-content/uploads/2014/06/WP-T%C3%A9cnicas-Resoluci%C3%B3n-de-Problemas-5-Por-Qu%C3%A9.pdf>
- Moreno, María. *Introducción a la metodología de la investigación educativa*. Guadalajara, Editorial Progreso, 2007.
- Muñoz, David. *Administración de operaciones: Enfoque de administración de procesos de negocios*, México D.F, CENGAGE Learning, 2009.
- Niebel, Benjamin y Freivalds, Andris. *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño de trabajo*. México D.C, Alfaomega, 2004.
- Orozco, Martha. *Operaciones unitarias*. México, Editorial Limusa, 1996.
- Parra, Francisca. *Gestión de stocks*. Madrid, España, ESIC editorial, 2005
- Piattini, Mario. *Calidad de sistemas de información*. Madrid, RA-MA Editorial, 2018.
- Render, Barry, Stair, Ralph y Hanna, Michael. *Métodos cuantitativos para los negocios*. México D.C, Pearson Educación, 2006.
- Rother, Mike y Aulinger, Gerardo. *Cultura Toyota Kata: Como desarrollar la capacidad y la mentalidad de su organización a través de la Kata de coaching*. Madrid, Profit editorial, 2018
- Salazar, Bryan. *VSM*, 2016, <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>

Sapag, Nassir. *Proyectos de inversión: formulación y evaluación*. Naucalpan de Juárez, Pearson Education, 2007.

Socconini, Luis y Reato, Carlo. *Lean six sigma: Sistema de gestión para liderar empresa*. Barcelona, MARGE Books, 2019.

Urbano, Diana, et al." Análisis del mantenimiento correctivo en un sistema productivo de etiquetas termo-encogibles, por medio de cadenas de Markov", *Revista de ingeniería, matemáticas y ciencias de información*, No. 6,123-124, 2016.

Vargas, Gustavo. *Introducción a la teoría económica un enfoque latinoamericano*. Naucalpan de Juárez, Pearson Education, 2006.

Vilcarrromero, Raúl. *La gestión en la producción*. Madrid, Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013.

Villafaña, Pilar. *Técnicas para identificar la causa raíz de los problemas*. México D.F, Instituto Mexicano de Normalización y certificación A.C, 2006.

Winter, Robert. *Manual de trabajo en equipo*. Madrid, Diaz de Santos, 2000.

X. APÉNDICES

Apéndice No.1 Acta de constitución del proyecto

EMPRESA	Carmioli Industrial S.A		
DEPARTAMENTO	Producción		
PROCESO	Proceso de planificación		
PROYECTO	Propuestas de mejoras en la planificación de la producción para ajustar los tiempos de entrega del proceso productivo		
CASO DE NEGOCIO	EQUIPO DE TRABAJO		PARTES INTERESADAS
Se realiza un estudio que tiene como objetivo brindar y establecer mejoras que permita disminuir los adelantos y atrasos de los tiempos de entrega de los pedidos a los clientes que a la vez generan gastos y por ende pérdidas económicas, es por esa razón que es importante conocer cuales son las variables y factores que están afectando los tiempos de entrega.	NOMBRE	PAPEL	Producción
	Ing. Valeria Astorga Rojas	Sponsor	Ventas
	Kimberly Patricia Rojas Reyes	Analista	Gerencia
	Ing. Dennis Arias Ramírez	Asesor	Compra
			Proveedores
			Clientes
		Operaciones	
PROYECTO GOL	SITUACIÓN DEL PROYECTO		
Establecer mejoras en la planificación de la producción para ajustar los tiempos de entrega del proceso productivo, durante un periodo de tres meses.	INICIO DEL PROYECTO	23/7/2019	
	FINALIZACIÓN DEL PROYECTO	22/10/2019	
	PROCESO DE IMPACTO	Producción	
	PLAN PRELIMINAR		
PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA		FECHA	
Debido a que no se tienen una adecuada planificación de los pedidos es necesario realizar un estudio que analice las variables y factores que afectan la producción, de tal forma que se establezcan mejoras que permita reducir tanto los adelantos como los atrasos de los pedidos a los clientes	ETAPA	INICIO	FINAL
	DEFINIR	23/7/2019	15/8/2019
	MEDIR	20/8/2019	10/9/2019
	ANALIZAR	12/9/2019	20/9/2019
	DISEÑAR	23/9/2019	12/10/2019
	VERIFICAR	13/10/2019	22/10/2019
ALCANCES Y LIMITACIONES	ELABORADO POR:		
Este proyecto contempla el establecimiento de mejoras para reducir los adelantos y atrasos de los pedidos de los clientes, mediante un estudio de las variables y factores que se relacionan al proceso de fabricación de los productos: 301-100-E-AB-S-VPVC, 203-100-E-B, 300-150-A-S-V2, 114-100-E-A-P, 134-50-E-AS	FECHA		
	FIRMA	Kimberly Patricia Rojas Reyes	
	APROBADO POR:		
	FECHA		
FIRMA	Ing. Valeria Astorga Rojas		

Apéndice No.2 Diagrama de Gantt

N°Actividad	Inicio	Final	23/07/19	27/07/19	29/07/19	30/07/19	01/08/19	15/08/19	20/08/19	24/08/19	25/08/19	29/08/19	30/08/19	03/09/19	04/09/19	08/09/19	09/09/19	10/09/19	12/09/19	20/09/19	23/09/19	31/9/2019	01/10/19	12/10/19	13/10/19	14/10/19	15/10/19	16/10/19	17/01/00	22/10/19
DEFINIR																														
Delimitación del proyecto	23/07/19	27/07/19	■	■																										
Definición de las variables involucradas	29/07/19	30/07/19			■	■																								
Definición de las herramientas a utilizar	01/08/19	15/08/19					■	■																						
MEDIR																														
Determinación de las tareas y etapas del estudio	20/08/19	24/08/19						■	■																					
Determinación de las posibles causas involucradas en el proceso de fabricación	25/08/19	29/08/19							■	■	■																			
Determinación del tamaño de muestra	30/08/19	03/09/19									■	■	■																	
Muestreo de trabajo	04/09/19	08/09/19												■	■															
Realización de encuesta	09/09/19	10/09/19														■	■													
ANALIZAR																														
Afectación de las causas a la variable principal	12/09/19	20/09/19																■	■											
DISEÑAR																														
Elaboración de la propuesta	23/09/19	31/9/2019																			■	■								
Diseño de plan de implementación	01/10/19	12/10/19																					■	■						
VERIFICAR																														
Verificación de las actividades planeadas	13/10/19	14/10/19																							■	■				
Verificación de los objetivos planteados	15/10/19	16/10/19																									■	■		
Elaboración y entrega del informe final	17/01/00	22/10/19																											■	■

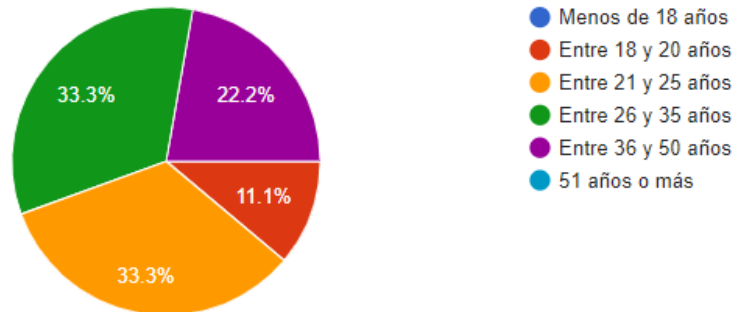
Apéndice No. 3: Encuesta aplicada a los empleados

Dirigida a: Los 9 empleados de Carmiol Industrial S.A

Objetivo: Determinar el nivel de experiencia de los empleados en los distintos procesos de fabricación de la empresa.

1. ¿Cuántos años tiene?

9 respuestas



2. Género

9 respuestas



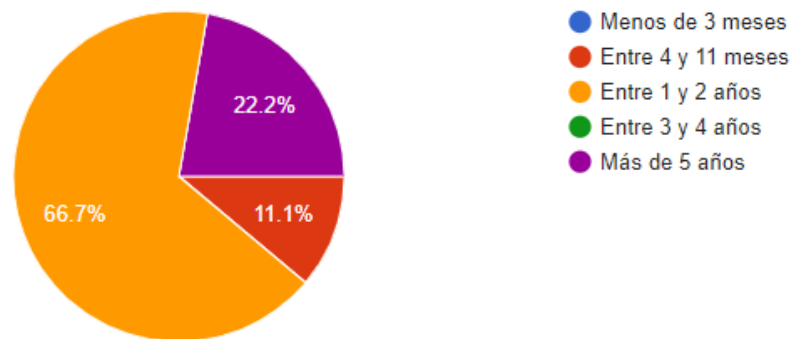
3. ¿Cuántas horas laborales desempeña?

9 respuestas



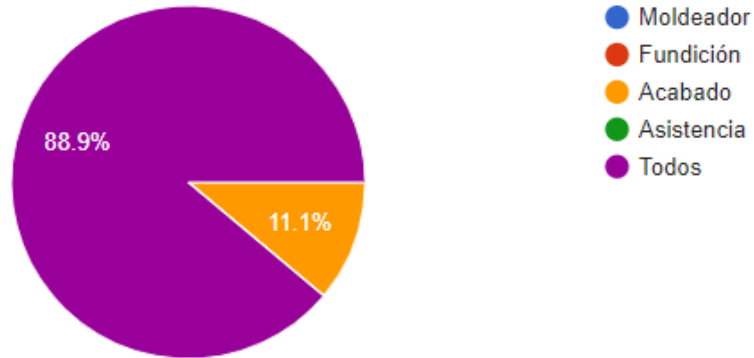
4. ¿Cuántos años lleva trabajando en la empresa?

9 respuestas



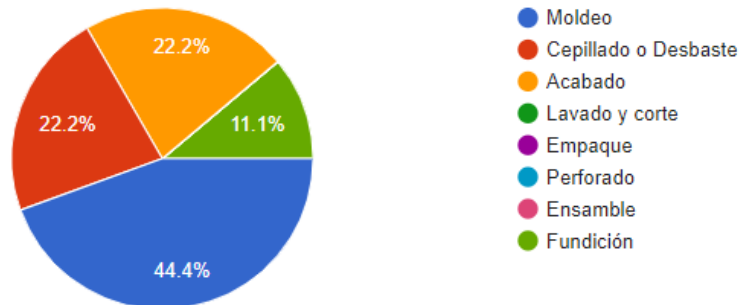
5. ¿Cuáles son las tareas que regularmente desempeña?

9 respuestas



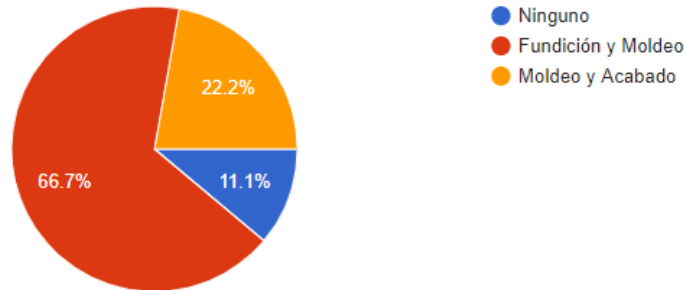
6. ¿En que proceso se encuentra trabajando actualmente?

9 respuestas



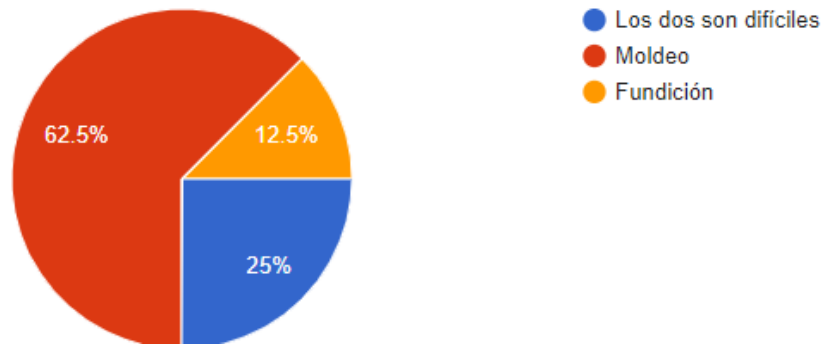
7.¿Para usted cuales son los dos procesos más complicados de trabajar?

9 respuestas



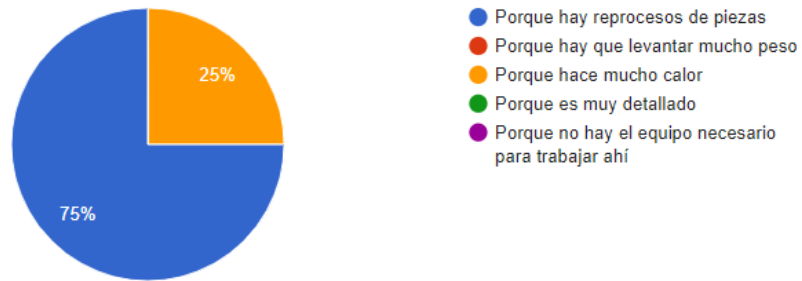
8.Si eligió "ninguno" pase a la pregunta número 10. ¿De esos dos procesos cuál es el más complicado de trabajar?

8 respuestas



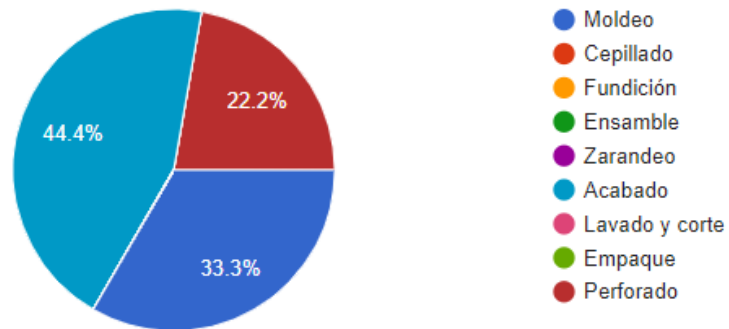
9. ¿Y que es lo complicado de este o estos procesos?

8 respuestas



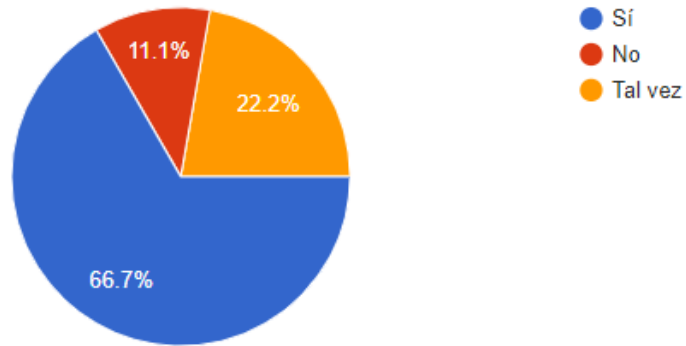
10. ¿En qué proceso se siente más cómodo trabajando?

9 respuestas



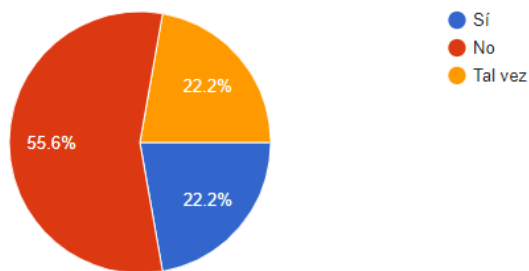
11. ¿Se siente cómodo en el actual proceso?

9 respuestas



12. ¿Presentó dificultades de aprendizaje al iniciar el actual proceso?

9 respuestas



Apéndice No. 4: Encuesta con Escala Likert

ESCALA LIKERT

Instrucciones: Marcar con rojo la opción que considera correcta según la pregunta, ya que a cada una se le asignará un puntaje.

Puesto: Coordinadora de producción

Objetivo: Conocer cuales son las variables que afectan el proceso de entrega de pedidos a los clientes.

¿Qué tan útil ha sido rotar el personal?

- Extremadamente útil
- Muy útil
- Algo útil
- **Para nada útil**

¿Qué tan satisfecho está con la velocidad con la que laboran los trabajadores?

- Muy satisfecho
- **Relativamente satisfecho**
- Indiferente
- Relativamente insatisfecho
- Muy insatisfecho

¿Considera que el material dañado o con imperfecciones ocasionan continuamente reprocesos?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- **Ni de acuerdo ni de desacuerdo**
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

¿Usted considera que al no conocer los tiempos estándares ha provocado descontrol en las entregas de pedidos?

- Estoy totalmente de acuerdo
- **Estoy parcialmente de acuerdo**
- Ni de acuerdo ni de desacuerdo

- Totalmente en desacuerdo

¿Considera que los trabajadores de planta están lo suficientemente motivados para la fabricación de las piezas?

- Estoy totalmente de acuerdo
- Estoy parcialmente de acuerdo
- Ni de acuerdo ni de desacuerdo
- **Estoy parcialmente en desacuerdo**
- Totalmente en desacuerdo

¿Considera usted que, en la planta, la distracción entre los mismos compañeros de trabajo afecte el atraso de la fabricación de pedidos?

- **Estoy totalmente de acuerdo**
- Estoy parcialmente de acuerdo
- Ni de acuerdo ni de desacuerdo
- Estoy parcialmente en desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

¿Considera que el sistema de planificación de los materiales es el correcto?

- Estoy totalmente de acuerdo
- Estoy parcialmente de acuerdo
- Ni de acuerdo ni de desacuerdo
- Estoy parcialmente en desacuerdo
- **Totalmente en desacuerdo**

¿Considera que el sistema de planificación de pedidos es insuficiente?

- **Estoy totalmente de acuerdo**
- Estoy parcialmente de acuerdo
- Ni de acuerdo ni de desacuerdo
- Estoy parcialmente en desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

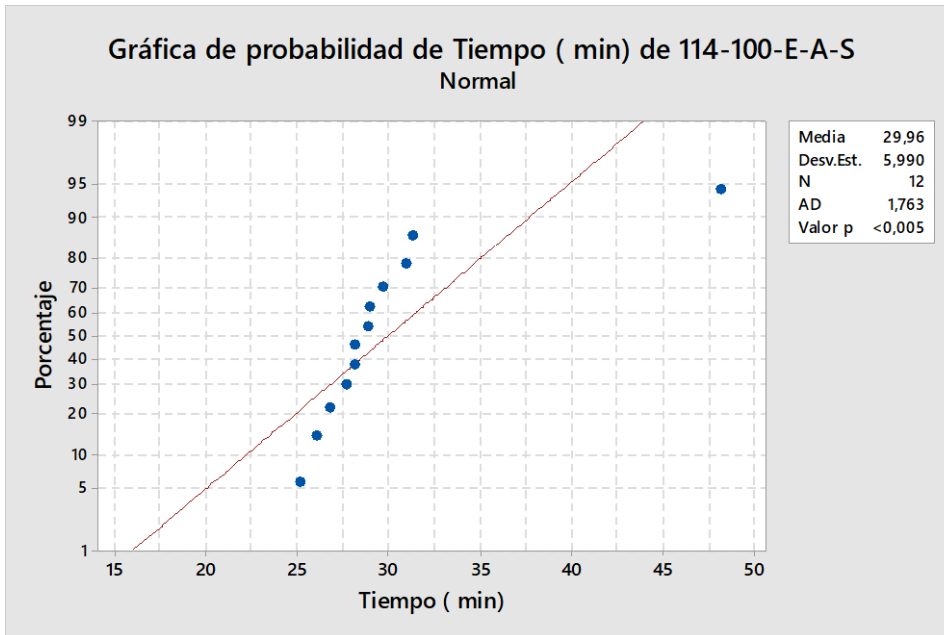
¿Qué tan útil es para usted que se le esté brindando mantenimiento a los moldes continuamente?

- Extremadamente útil
- **Muy útil**
- Algo útil
- Para nada útil

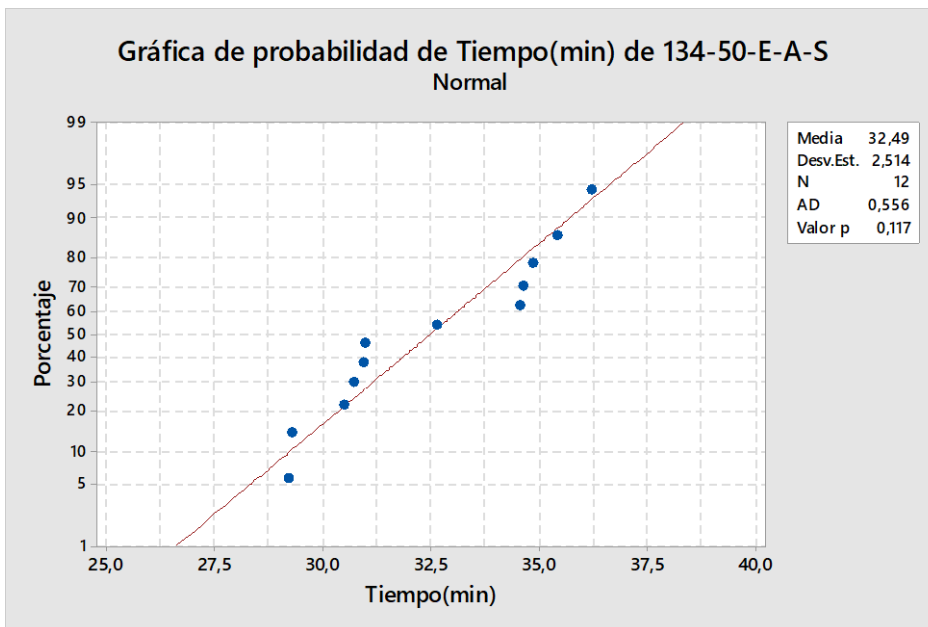
¿Considera usted que la capacitación a los trabajadores nuevos de planta es insuficiente y es un problema para la fabricación de pedidos?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni de desacuerdo
- En desacuerdo
- **Totalmente en desacuerdo**

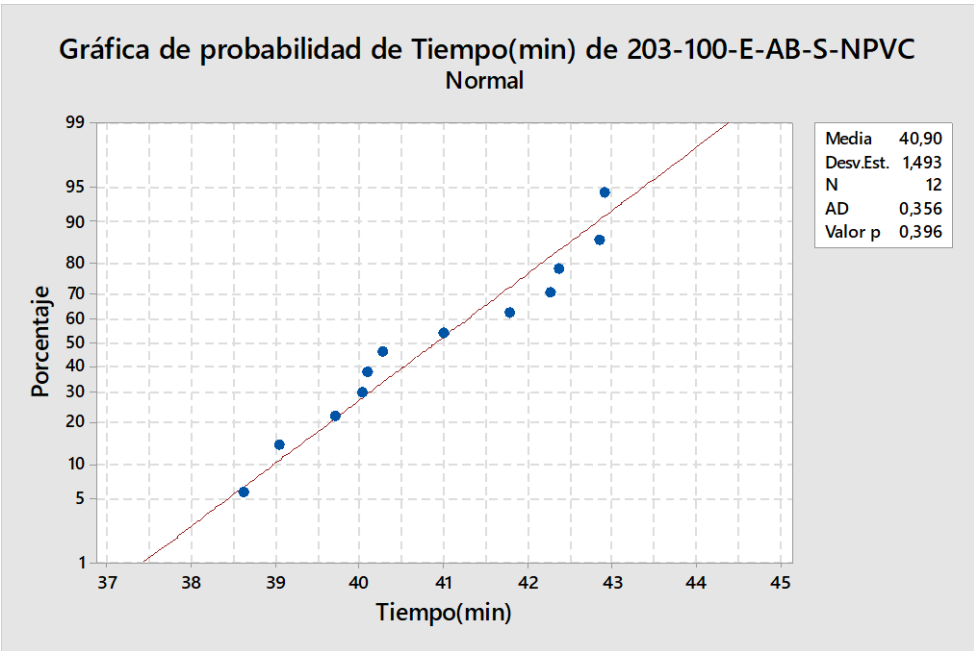
Apéndice No.5. Pruebas de normalidad para los tiempos de muestro preliminar para cada producto en estudio
 “Producto 114-100-E-A-S”



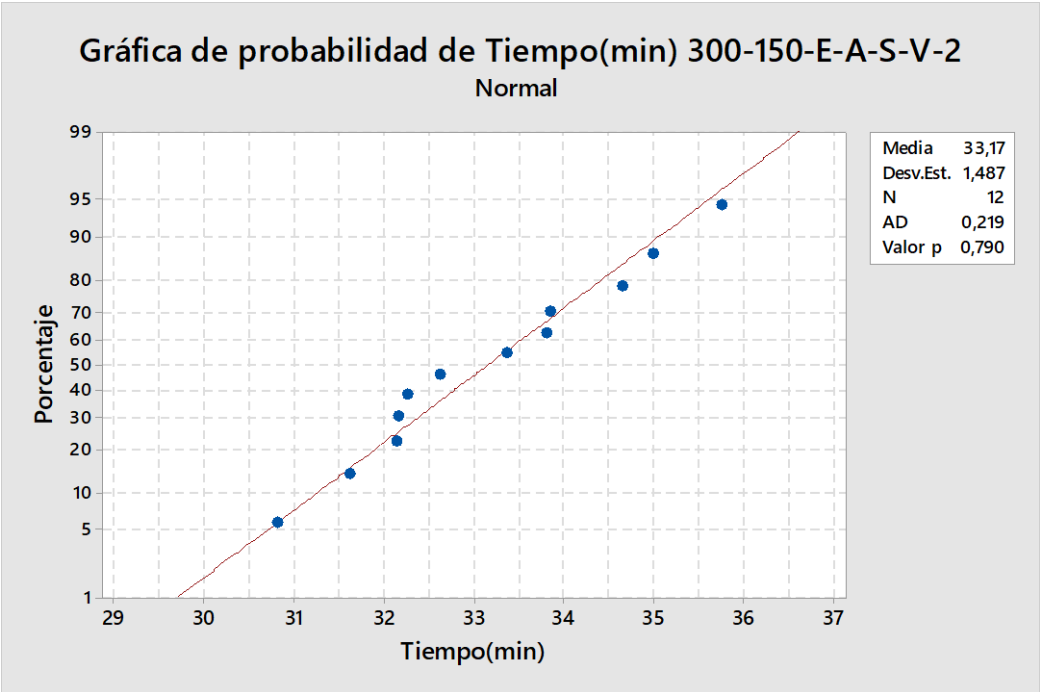
“Producto134-50-E-A-S”



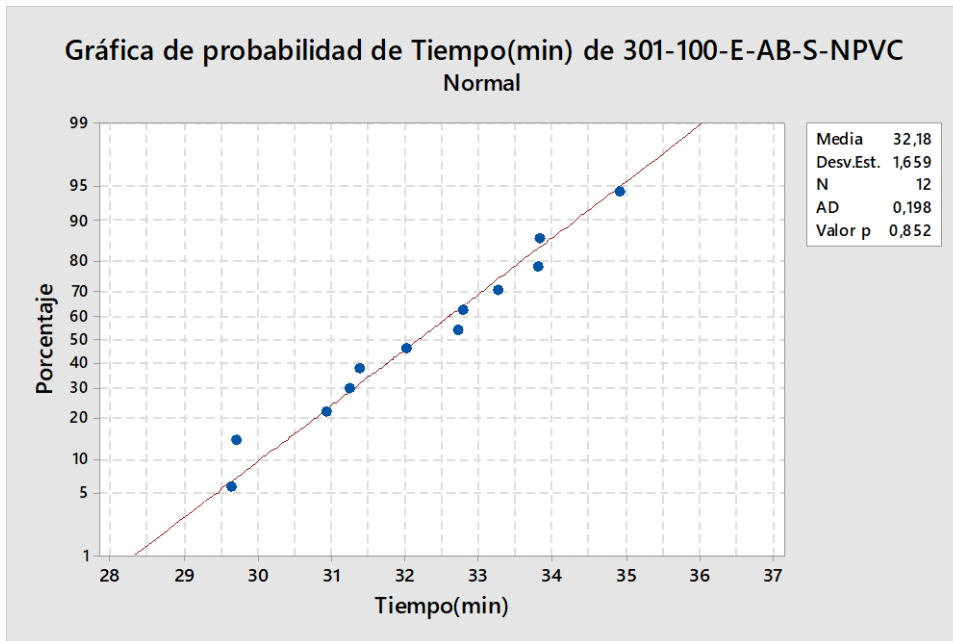
“Producto 203-100-E-AB-S-NPVC”



“Producto 300-150-E-A-S-V-2”



“Producto 301-100-E-AB-S-NPVC”



Apéndice No. 6: Tiempos preliminares

Espera de arena	
Cantidad	Total de tiempo (min)
1	15
2	19
3	11
4	17
5	13
Promedio	15

Muestra preliminar por proceso de la 114-100-E-A-S

Observación	Alistado de arena	Tiempo en minutos									
		Moldeo	Fundición	Lavado	Corte	Desbaste		Perforado	Ensamble	Acabado	Empaque
						Externo	Interno				
1	12.01	4.36	0.18	4.40	1.03	0.49	0.93	1.15	0.91	2.64	0.21
2	11.65	4.50	0.17	5.98	0.78	0.50	1.19	0.84	0.65	2.65	0.39
3	6.64	5.18	0.17	3.90	0.64	25.54	0.91	1.28	0.74	3.10	0.42
4	10.54	4.72	0.17	4.67	0.44	0.52	1.12	0.97	1.00	2.64	0.37
5	11.54	6.51	0.18	3.99	0.44	0.53	0.78	1.18	0.70	3.01	0.28
6	13.65	5.58	0.17	3.56	0.49	0.50	1.25	0.89	0.90	2.62	0.26
7	12.32	5.48	0.17	1.89	0.56	0.51	1.10	0.84	0.64	2.56	0.28
8	12.78	4.74	0.16	4.48	0.53	0.48	0.87	1.12	0.38	2.60	0.25
9	14.54	4.62	0.16	4.43	0.66	0.58	1.07	1.10	0.75	3.37	0.23
10	9.9	6.01	0.17	4.56	1.05	0.57	1.06	1.15	0.85	2.32	0.24
11	7.65	5.52	0.17	3.89	1.20	0.67	1.34	1.26	0.78	2.66	0.21
12	13.6	5.55	0.16	3.97	1.04	0.67	1.13	1.48	0.74	2.55	0.23

Muestra preliminar por proceso de la 134-50-E-A-S

Observación	Alistado de arena	Tiempo en minutos								
		Moldeo	Fundición	Lavado	Corte	Desbaste		Ensamble	Acabado	Empaque
						Externo	Interno			
1	10.65	5.56	0.20	6.08	0.66	0.85	0.27	0.28	4.42	0.23
2	13.54	6.53	0.20	7.45	0.57	0.57	0.37	0.27	4.77	0.27
3	11.54	6.3	0.21	7.77	0.78	0.48	0.31	0.20	3.15	0.25
4	9.55	4.7	0.18	8.12	0.82	0.64	0.29	0.18	4.62	0.19
5	13.87	4.3	0.17	7.90	0.70	0.61	0.25	0.20	6.38	0.24
6	9.45	5.46	0.17	8.43	0.63	0.71	0.24	0.22	5.20	0.23
7	11.03	7.04	0.21	9.22	0.92	0.67	0.37	0.22	6.35	0.18
8	11.56	6.37	0.18	7.55	0.61	0.44	0.30	0.18	5.22	0.21
9	12.65	5.82	0.20	9.15	0.89	0.58	0.29	0.27	5.33	0.21
10	9.32	5.16	0.21	8.54	0.95	0.64	0.25	0.20	5.39	0.26
11	12.7	6.77	0.20	8.32	0.94	0.67	0.30	0.19	4.51	0.27
12	10.43	5.71	0.21	7.50	0.90	0.50	0.19	0.21	4.54	0.30

Muestra preliminar por proceso de la 203-100-E-AB-S-NPVC

Observación	Alistado de arena	Tiempo en minutos										
		Moldeo	Fundición	Lavado	Corte	Desbaste		Perforado	Ensamble	Acabado	Empaque	
						Externo	Interno					
1	11.09	7.44	0.401	10.14	1.13	0.35	0.88	0.16	1.24	1.50	0.32	
2	10.54	6.27	0.269	9.76	1.46	0.19	0.90	0.40	1.30	1.25	0.28	
3	9.54	6.45	0.276	10.32	1.24	0.43	1.19	0.38	1.03	1.04	0.24	
4	10.15	7.8	0.267	9.65	1.28	0.47	1.13	0.25	1.37	1.19	0.25	
5	11.45	7.84	0.215	9.54	1.49	0.37	1.59	0.24	1.34	1.33	0.35	
6	9.54	6.05	0.297	10.01	1.37	0.42	1.00	0.24	1.37	0.99	0.33	
7	9.35	6.7	0.322	9.04	1.39	0.50	0.88	0.37	1.05	0.94	0.26	
8	8.23	8.46	0.329	9.90	0.95	0.39	1.30	0.18	1.24	0.95	0.33	
9	10.32	7.66	0.430	10.11	1.38	0.53	0.98	0.22	1.06	0.76	0.40	
10	8.65	7.29	0.308	9.76	1.41	0.27	1.26	0.37	1.26	1.13	0.45	
11	11.13	6.64	0.491	9.45	1.30	0.29	1.21	0.30	1.04	1.17	0.34	
12	11.89	7.01	0.260	9.67	1.35	0.40	1.17	0.31	1.45	1.19	0.29	

Muestra preliminar por proceso de la 301-100-E-AB-S-NPVC

Observación	Alistado de arena	Tiempo en minutos										
		Moldeo	Fundición	Lavado	Corte	Desbaste		Perforado	Ensamble	Acabado	Empaque	
						Externo	Interno					
1	15.03	9.46	0.243	6.44	1.71	1.93	0.88	0.55	1.24	1.24	0.32	
2	14.43	10.48	0.265	7.78	2.22	1.52	0.90	0.81	1.30	1.00	0.28	
3	12.89	11.56	0.332	10.22	1.95	1.88	1.19	0.85	1.03	0.76	0.24	
4	12.32	10.42	0.250	7.43	1.91	1.99	1.13	0.61	1.37	0.93	0.25	
5	13.21	10.87	0.289	9.01	2.03	1.81	1.59	0.68	1.34	1.08	0.35	
6	14.37	10.63	0.250	8.43	2.02	1.98	1.00	0.63	1.37	0.78	0.33	
7	13.54	10.62	0.253	7.89	2.09	1.60	0.88	0.85	1.05	0.67	0.26	
8	12.32	11.12	0.271	9.22	1.48	1.51	1.30	0.54	1.24	0.74	0.33	
9	15.78	10.34	0.250	9.12	2.04	1.67	0.98	0.64	1.06	0.57	0.40	
10	13.08	10.73	0.214	7.67	2.04	1.78	1.26	0.74	1.26	0.80	0.45	
11	15.11	11.3	0.270	8.18	1.97	1.31	1.21	0.70	1.04	0.93	0.34	
12	12.45	11.02	0.270	8.33	2.02	1.63	1.17	0.72	1.45	0.92	0.29	

Muestra preliminar por proceso de la 300-150-E-A-S-V-2

Observación	Alistado de arena	Tiempo en minutos									
		Moldeo	Fundición	Lavado	Corte	Desbaste		Perforado	Ensamble	Acabado	Empaque
						Externo	Interno				
1	12.13	4.84	0.083	8.01	0.17	1.42	0.42	0.50	0.75	5.16	0.326
2	13.56	4.36	0.067	8.46	0.53	1.52	0.39	0.39	0.44	4.89	0.296
3	10.45	4.48	0.082	7.50	0.65	1.66	0.42	0.45	0.37	3.33	0.320
4	9.55	6.05	0.082	9.13	0.77	1.31	0.46	0.32	0.43	3.55	0.358
5	10.45	6.4	0.068	9.45	0.15	1.98	0.59	0.52	0.38	2.42	0.376
6	9.67	5.1	0.066	9.17	1.03	1.35	0.38	0.48	0.38	3.01	0.284
7	13.07	4.53	0.070	7.45	0.51	1.29	0.40	0.33	0.57	2.86	0.306
8	12.4	4.96	0.066	7.55	0.58	1.31	0.49	0.46	0.51	2.59	0.311
9	13.26	5.07	0.072	8.34	0.77	1.18	0.47	0.39	0.46	2.37	0.328
10	12.15	4.7	0.076	9.26	0.66	1.37	0.77	0.32	0.61	2.98	0.366
11	13.08	5.44	0.067	8.54	0.73	1.62	0.53	0.33	0.49	2.74	0.259
12	10.46	4.42	0.083	7.58	0.79	1.53	0.51	0.34	0.57	3.08	0.280

Apéndice No.7: Tiempos de Ciclo
“Tiempo de Ciclo de 114-100-EA-S”

114-100-E-A-S				
Proceso	Duración en minutos			
	Tiempo pesimista	Tiempo más probable	Tiempo optimista	Tiempo estimado
Alistado de arena	13.54	12.11	1.76	10.62
Moldeo	6.51	5.23	4.36	5.30
Fundición	0.18	0.17	0.16	0.17
Lavado	5.98	4.56	3.89	4.69
Corte	1.2	0.74	0.43	0.77
Desbaste	2.01	1.56	1.2	1.58
Perforado	1.48	1	0.83	1.05
Ensamble	0.9	0.75	0.38	0.71
Acabado	3.5	2.75	2.21	2.79
Empaque	0.42	0.28	0.21	0.29
Total				27.96

“Tiempo de ciclo de 134-50-E-A-S”

134-50-E-A-S				
Proceso	Duración en minutos			
	Tiempo pesimista	Tiempo más probable	Tiempo optimista	Tiempo estimado
Alistado de arena	13.54	12.43	9.32	12.10
Moldeo	7	5.8	4.3	5.75
Fundición	0.21	0.19	0.17	0.19
Lavado	9.22	8.45	7.45	8.41
Corte	0.95	0.78	0.57	0.77
Desbaste	1.22	0.9	0.67	0.92
Ensamble	0.28	0.22	0.18	0.22
Acabado	6.36	4.99	3.15	4.91
Empaque	0.3	0.24	0.18	0.24
Total				33.51

“Tiempo de ciclo 203-100-E-AB-5-NPVC”

203-100-E-AB-S-NPVC				
Proceso	Duración en minutos			
	Tiempo pesimista	Tiempo más probable	Tiempo optimista	Tiempo estimado
Alistado de arena	11.45	9.45	8.23	9.58
Moldeo	8.48	7.1	6.05	7.16
Fundición	0.49	0.26	0.32	0.31
Lavado	10.32	10	9.04	9.89
Corte	1.51	1.08	0.32	1.03
Desbaste	2.57	1.9	1.35	1.92
Perforado	0.68	0.53	0.41	0.54
Ensamble	0.67	0.43	0.24	0.44
Acabado	0.52	0.41	0.32	0.41
Empaque	0.36	0.29	0.21	0.29
Total				31.56

“Tiempo de ciclo de 300-150-E-A-S-V2”

300-150-E-A-S-V-2				
Proceso	Duración en minutos			
	Tiempo pesimista	Tiempo más probable	Tiempo optimista	Tiempo estimado
Alistado de arena	13.56	12.11	9.67	11.95
Moldeo	6.05	5.03	4.36	5.09
Fundición	0.35	0.2	0.1	0.21
Lavado	9.45	8.04	7.45	8.18
Corte	1.03	0.43	0.15	0.48
Desbaste	2.75	1.95	1.57	2.02
Perforado	0.5	0.4	0.3	0.40
Ensamble	0.75	0.5	0.37	0.52
Acabado	5.16	3.25	2.37	3.42
Empaque	0.38	0.32	0.26	0.32
Total				32.58

“Tiempo de ciclo de 301-100-E-AB-S-NPVC”

301-100-E-AB-S-NPVC				
Proceso	Duración en minutos			
	Tiempo pesimista(b)	Tiempo más probable(m)	Tiempo optimista(a)	Tiempo estimado
Alistado de arena	12.89	10.56	15.8	11.82
Moldeo	11.59	10.71	9.45	10.65
Fundición	0.33	0.27	0.21	0.27
Lavado	10.22	10.1	6.44	9.51
Corte	2.25	1.56	1.48	1.66
Desbaste	3.7	2.34	2.09	2.53
Perforado	0.87	0.41	0.23	0.46
Ensamble	1.45	1.23	1.03	1.23
Acabado	1.51	1.2	0.76	1.18
Empaque	0.44	0.32	0.24	0.33
Total				39.63

Apéndice No. 8 tiempos de muestreo de trabajo de tareas del área de moldeo y fundición.

“Moldeo”

Hora	Observación	TVA	TNVA
08:43	1	x	
08:47	2		x
08:53	3		x
08:57	4	x	
09:03	5	x	
09:07	6	x	
09:12	7		x
09:16	8	x	
09:21	9	x	
09:25	10		x
09:30	11		x
09:34	12	x	
09:39	13	x	
09:43	14	x	
09:48	15	x	
09:53	16		x
09:57	17		x
10:01	18	x	x
10:05	19	x	
10:10	20		X
10:14	21	x	x
10:19	22		x
10:24	23		x
10:28	24	x	
10:33	25	x	
10:37	26		x
10:42	27	x	
10:46	28	x	x
10:51	29	x	
10:55	30		x
11:00	31	x	
11:04	32		x
11:09	33	x	
11:13	34	x	
11:18	35		x

“moldeo” (Continuación)

11:22	36	x	
11:27	37		x
11:31	38		x
11:36	39		x
11:40	40	x	
11:45	41	x	
11:49	42	x	
11:54	43	x	
11:59	44		x
01:00	45	x	
01:04	46	x	
01:09	47	x	
01:13	48		x
01:18	49		x
01:23	50	x	
01:28	51	x	
01:32	52	x	
01:37	53		x
01:41	54	x	
01:46	55		x
01:50	56		x
02:55	57		x
02:59	58	x	
03:03	59	x	
03:07	60	x	
03:12	61	x	

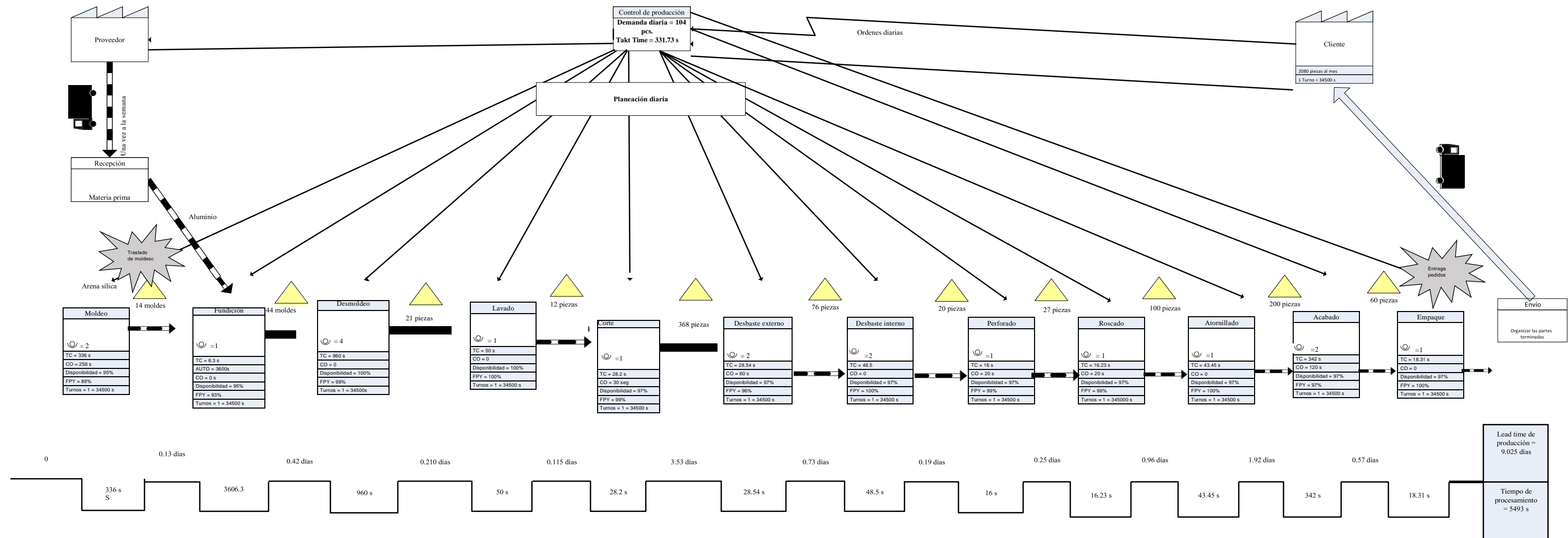
“Fundición”

Hora	Observación	TVA	TNVA
08:43	1	x	
08:47	2		x
08:53	3	x	
08:57	4	x	
09:03	5	x	
09:07	6	x	
09:12	7		x
09:16	8	x	
09:21	9	x	
09:25	10		x
09:30	11	x	
09:34	12	x	
09:39	13		x
09:43	14	x	
09:48	15	x	
09:52	16	x	
09:57	17		x
10:01	18	x	
10:05	19		x
10:10	20	x	
10:14	21	x	
10:19	22		x
10:24	23	x	
10:28	24	x	
10:33	25	x	
10:37	26		x
10:42	27	x	
10:46	28		x
10:51	29	x	
10:55	30		x
11:00	31	x	
11:04	32	x	
11:09	33		x

“Fundición” (continuación)

11:13	34	x	
11:18	35		x
11:22	36	x	
11:27	37		x
11:31	38		x
11:36	39		x
11:40	40	x	
11:45	41	x	
11:49	42		x
11:54	43	x	
11:59	44		x
01:00	45	x	
01:04	46	x	
01:09	47	x	
01:13	48		x
01:18	49		x
01:23	50	x	

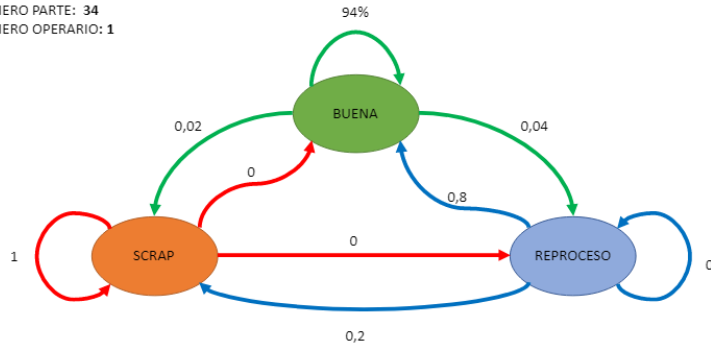
Apéndice No.9: Diagrama de flujo de valor de las familias de “tapas de registro, calderas para piso y azotea”



Anexo No 10 Rolled throughput yield, redes de Petri y matriz de transición de Markov de los 5 productos en estudio elaborados en la rotación A y B

Rotación A

OPERACIÓN: FUNDICIÓN
 NUMERO PARTE: 34
 NUMERO OPERARIO: 1



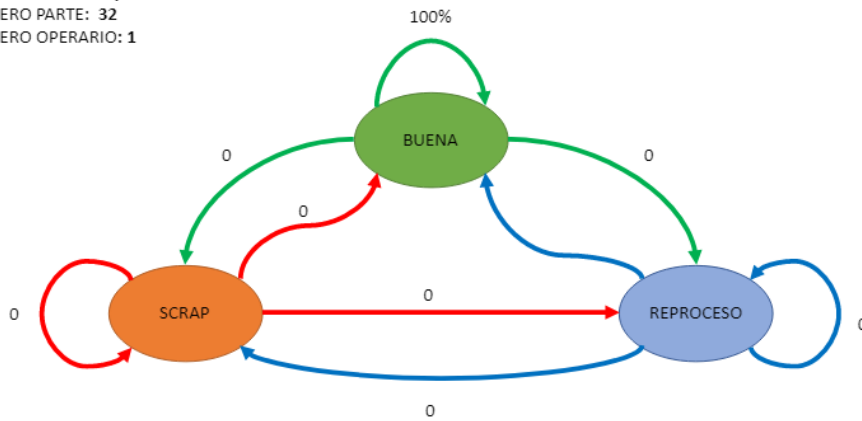
Operación: **FUNDICIÓN**
 Número parte: **34**
 Operario: **TCO3**

	B	R	S	ID
B	0,94	0,8	0	1
R	0,04	0	0	0
S	0,02	0,2	1	0

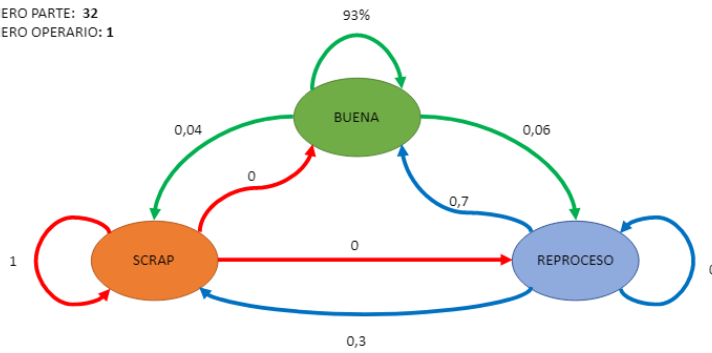
	B	R	S	2do
B	0,94	0,8	0	0,94
R	0,04	0	0	0,04
S	0,02	0,2	1	0,02

B	0,92
R	0,038
S	0,047

OPERACIÓN: Corte y Lavado
 NUMERO PARTE: 32
 NUMERO OPERARIO: 1



OPERACIÓN: Desbaste
 NUMERO PARTE: 32
 NUMERO OPERARIO: 1



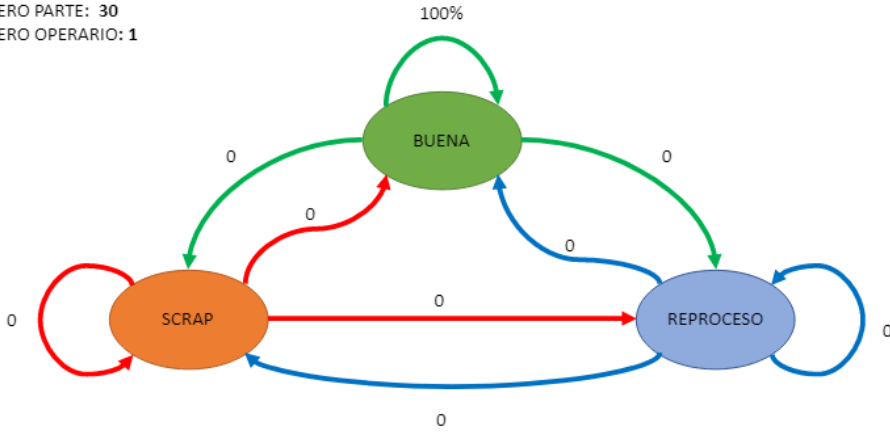
Operación: **DESBASTE**
 Número parte: **32**
 Operario: **TC08**

	B	R	S	ID
B	0,93	0,8	0	1
R	0,06	0	0	0
S	0,01	0,2	1	0

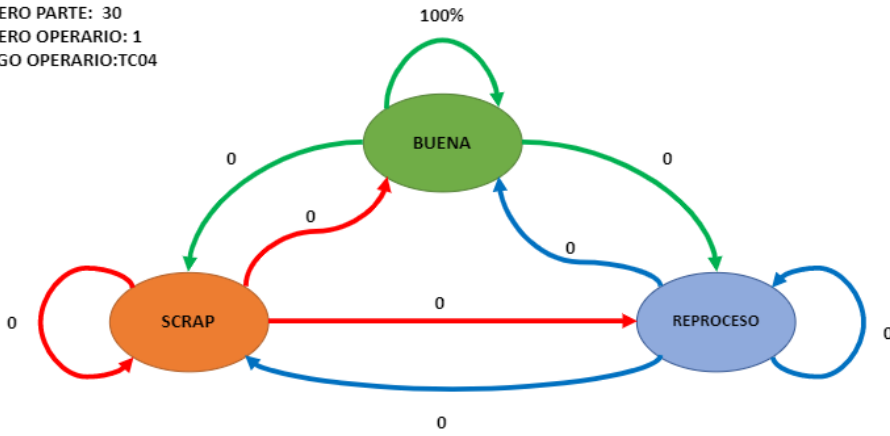
	B	R	S	2do
B	0,93	0,8	0	0,93
R	0,06	0	0	0,06
S	0,01	0,2	1	0,01

B	0,90
R	0,056
S	0,037

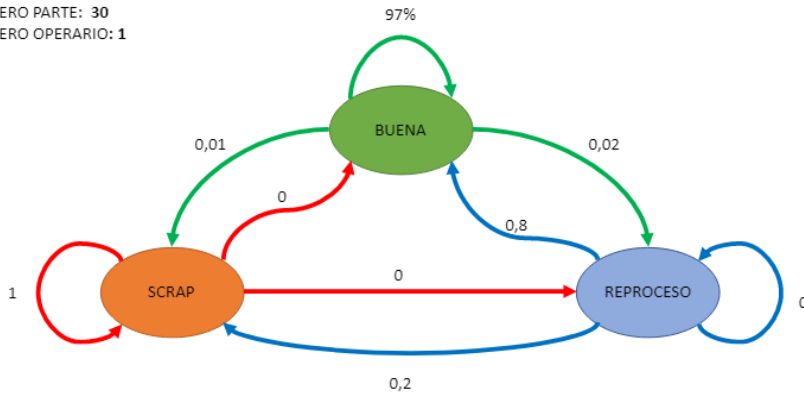
OPERACIÓN: Perforado
NUMERO PARTE: 30
NUMERO OPERARIO: 1



OPERACIÓN: ENSAMBLE
NUMERO PARTE: 30
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC04



OPERACIÓN: Acabado
NUMERO PARTE: 30
NUMERO OPERARIO: 1

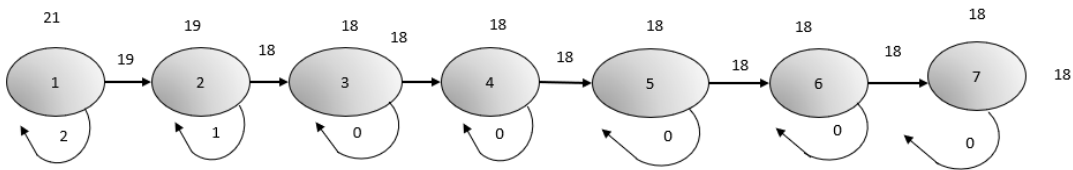


Operación: **ACABADO**
 Número parte: **30**
 Operario: **TC05**

	B	R	S	ID
B	0,97	0,8	0	1
R	0,02	0	0	0
S	0,01	0,2	1	0

	B	R	S	2do
B	0,97	0,8	0	0,97
R	0,02	0	0	0,02
S	0,01	0,2	1	0,01

B	0,96
R	0,019
S	0,024



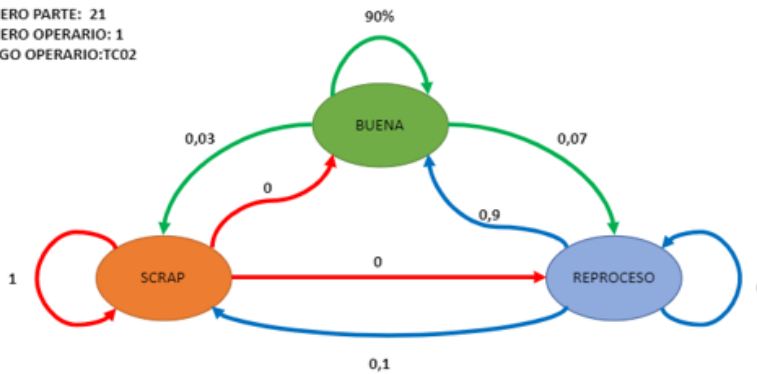
Operación: **MOLDEO**
 Número parte: **21**
 Operario: **TC02**

	B	R	S	ID
B	0,90	0,9	0	1
R	0,07	0	0	0
S	0,03	0,1	1	0

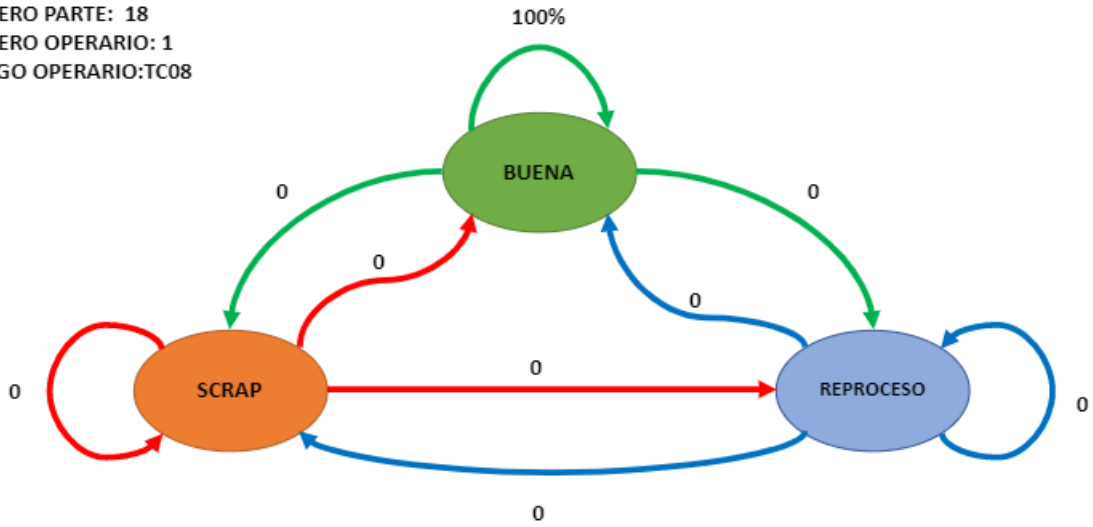
	B	R	S	2do
B	0,90	0,8	0	0,90
R	0,07	0	0	0,07
S	0,03	0,2	1	0,03

B	0,87
R	0,063
S	0,064

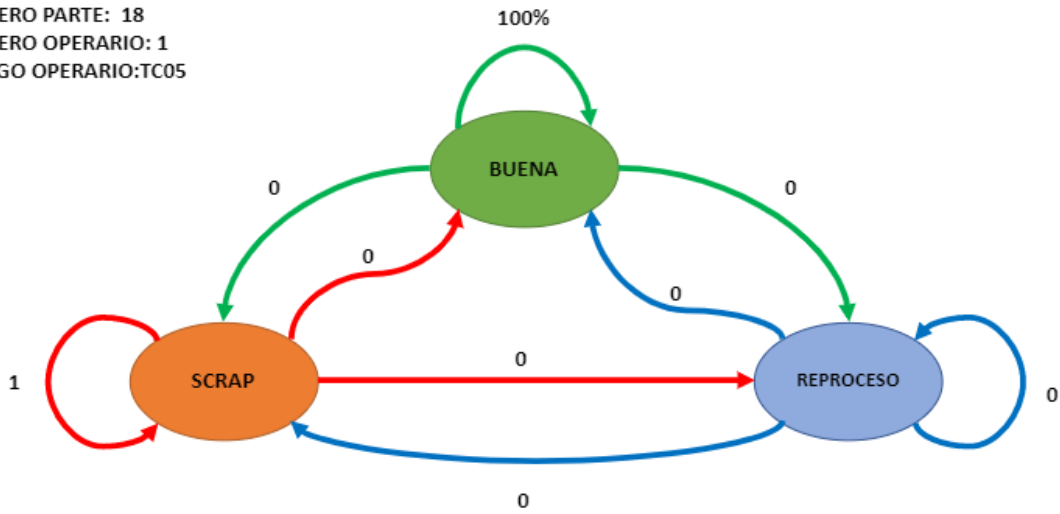
OPERACIÓN: Moldeo
 NUMERO PARTE: 21
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC02



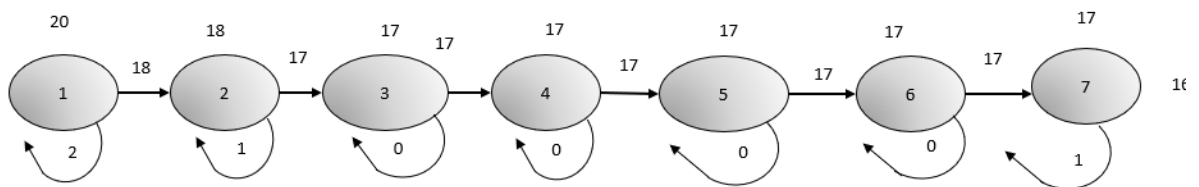
OPERACIÓN: ENSAMBLE
 NUMERO PARTE: 18
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC08



OPERACIÓN: Acabado
 NUMERO PARTE: 18
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC05



- 300-150-E-A-S-V-2



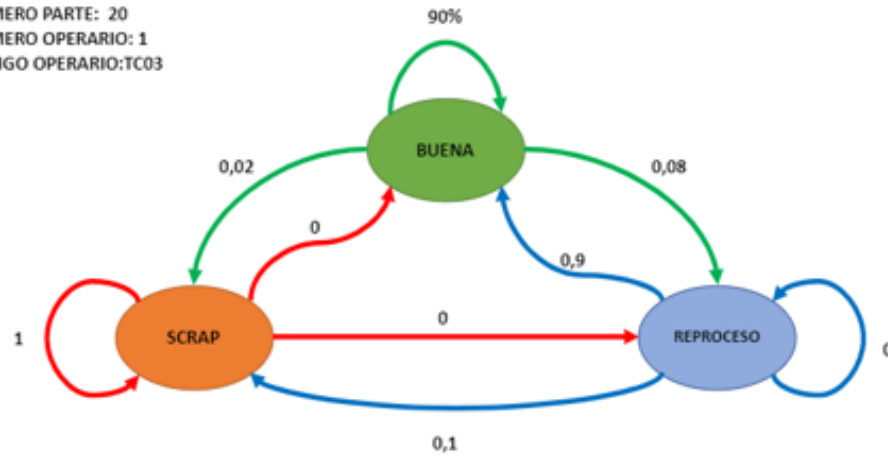
Operación: **MOLDEO**
 Número parte: **20**
 Operario: **TC03**

	B	R	S	ID
B	0,9	0,9	0	1
R	0,08	0	0	0
S	0,02	0,1	1	0

	B	R	S	2do
B	0,9	0,9	0	0,9
R	0,08	0	0	0,08
S	0,02	0,1	1	0,02

B	0,88
R	0,072
S	0,046

OPERACIÓN: MOLDEO
 NUMERO PARTE: 20
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC03



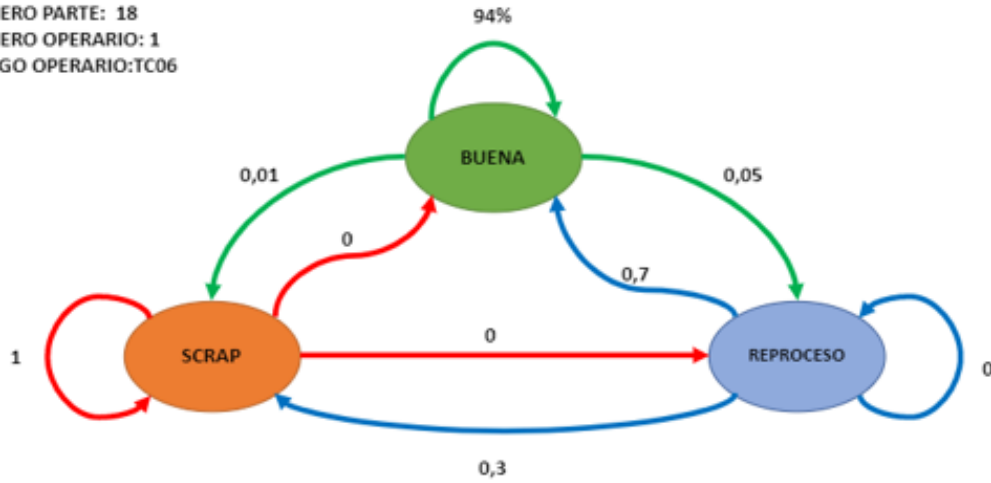
Operación: **FUNDICIÓN**
 Número parte: **18**
 Operario: **TC06**

	B	R	S	ID
B	0,94	0,7	0	1
R	0,05	0	0	0
S	0,01	0,3	1	0

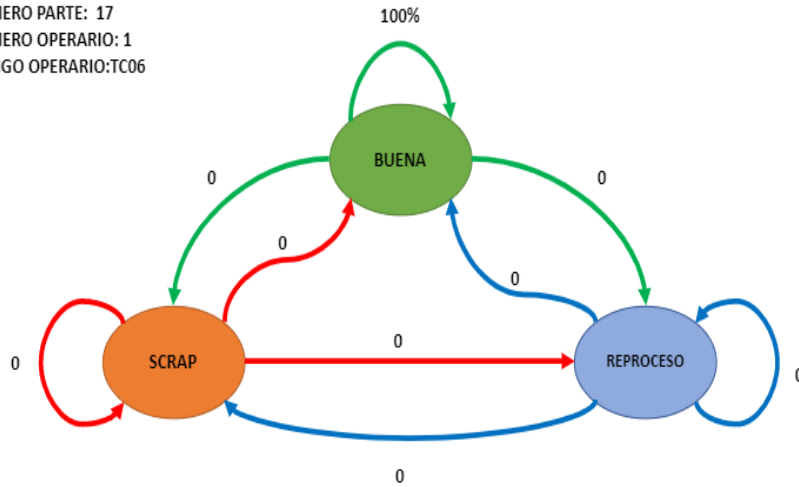
	B	R	S	2do
B	0,94	0,7	0	0,94
R	0,05	0	0	0,05
S	0,01	0,3	1	0,01

B	0,92
R	0,047
S	0,034

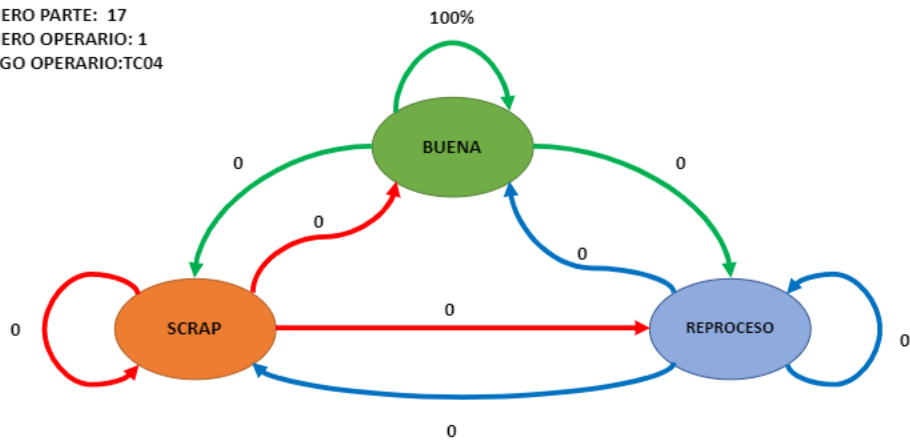
OPERACIÓN: FUNDICIÓN
 NUMERO PARTE: 18
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC06



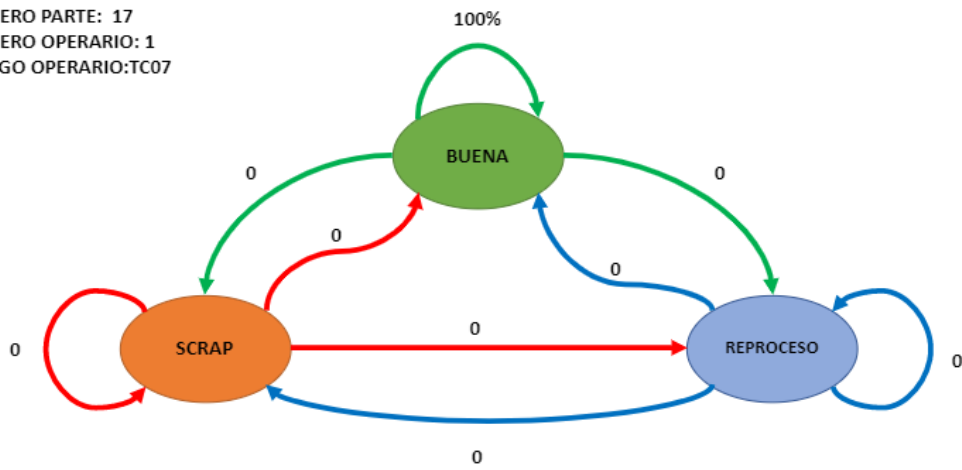
OPERACIÓN: CORTE Y LAVADO
 NUMERO PARTE: 17
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC06



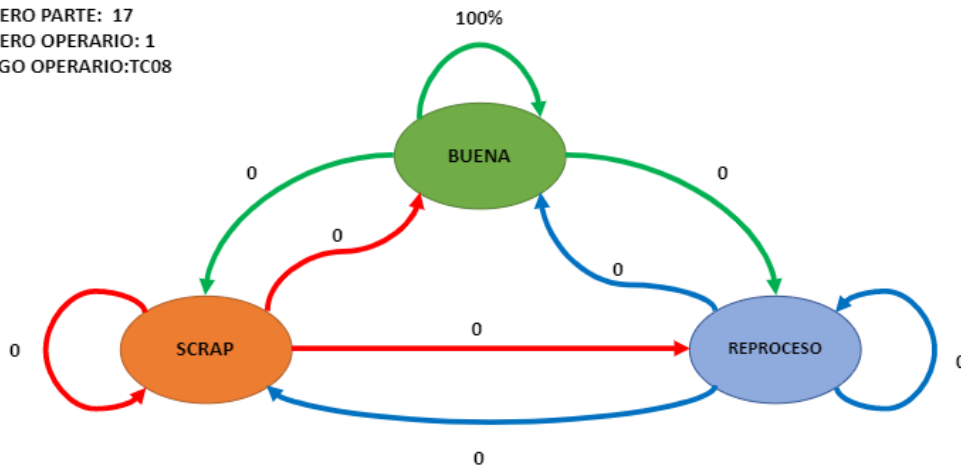
OPERACIÓN: DESBASTE
NUMERO PARTE: 17
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO:TC04



OPERACIÓN: PERFORADO
NUMERO PARTE: 17
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO:TC07



OPERACIÓN: ENSAMBLE
 NUMERO PARTE: 17
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC08



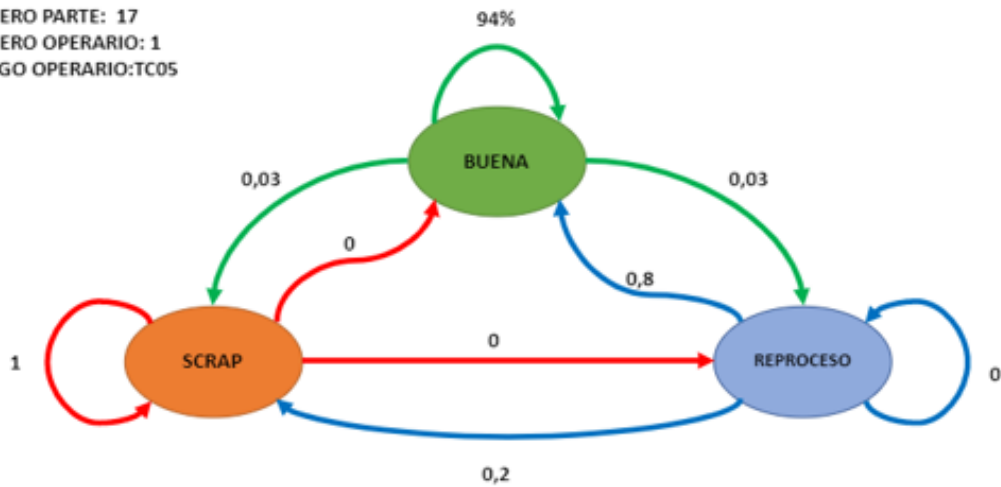
Operación: **ACABADO**
 Número parte: **17**
 Operario: **TC05**

	B	R	S	ID
B	0,94	0,7	0	1
R	0,03	0	0	0
S	0,03	0,3	1	0

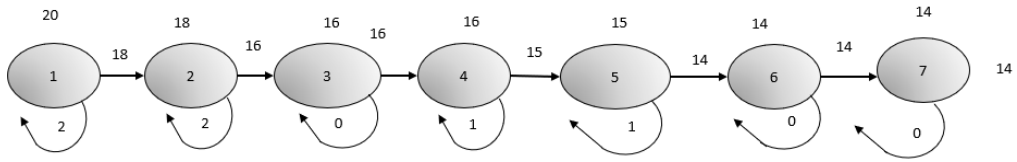
	B	R	S	2do
B	0,94	0,8	0	0,94
R	0,03	0	0	0,03
S	0,03	0,2	1	0,03

B	0,91
R	0,028
S	0,064

OPERACIÓN: ACABADO
 NUMERO PARTE: 17
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC05



- 134-50-E-A-S



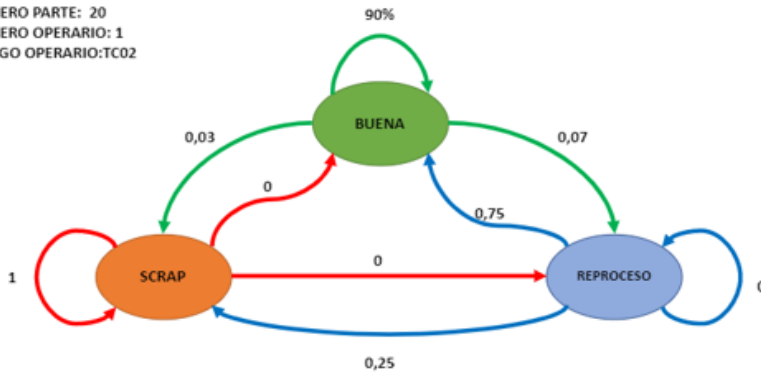
Operación: **MOLDEO**
 Número parte: **20**
 Operario: **TCO2**

	E	R	S	ID
E	0,90	0,75	0	1
R	0,07	0	0	0
S	0,03	0,25	1	0

	E	R	S	2do
E	0,90	0,75	0	0,90
R	0,07	0	0	0,07
S	0,03	0,25	1	0,03

E	0,86
R	0,063
S	0,075

OPERACIÓN: MOLDEO
 NUMERO PARTE: 20
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TCO2



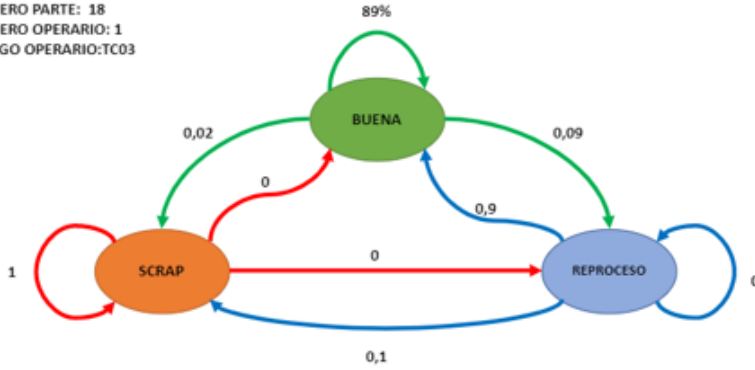
Operación: **FUNDICIÓN**
 Número parte: **18**
 Operario: **TC03**

	B	R	S	ID
B	0,89	0,9	0	1
R	0,09	0	0	0
S	0,02	0,1	1	0

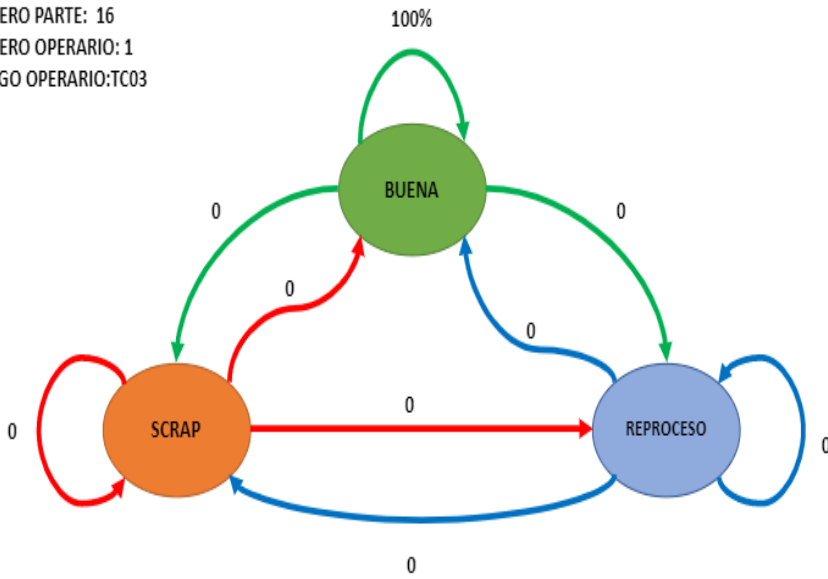
	B	R	S	2do
B	0,89	0,9	0	0,89
R	0,09	0	0	0,09
S	0,02	0,1	1	0,02

B	0,87
R	0,080
S	0,056

OPERACIÓN: FUNDICIÓN
 NUMERO PARTE: 18
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC03



OPERACIÓN: CORTE Y LAVADO
 NUMERO PARTE: 16
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC03



Operación: **DESBASTE**
 Número parte: **16**
 Operario: **TC04**

	B	R	S	ID
B	0,94	0,9	0	1
R	0,05	0	0	0
S	0,01	0,1	1	0

	B	R	S	2do
B	0,94	0,9	0	0,94
R	0,05	0	0	0,05
S	0,01	0,1	1	0,01

B	0,92
R	0,047
S	0,024

OPERACIÓN: DESBASTE
 NUMERO PARTE: 16
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC04



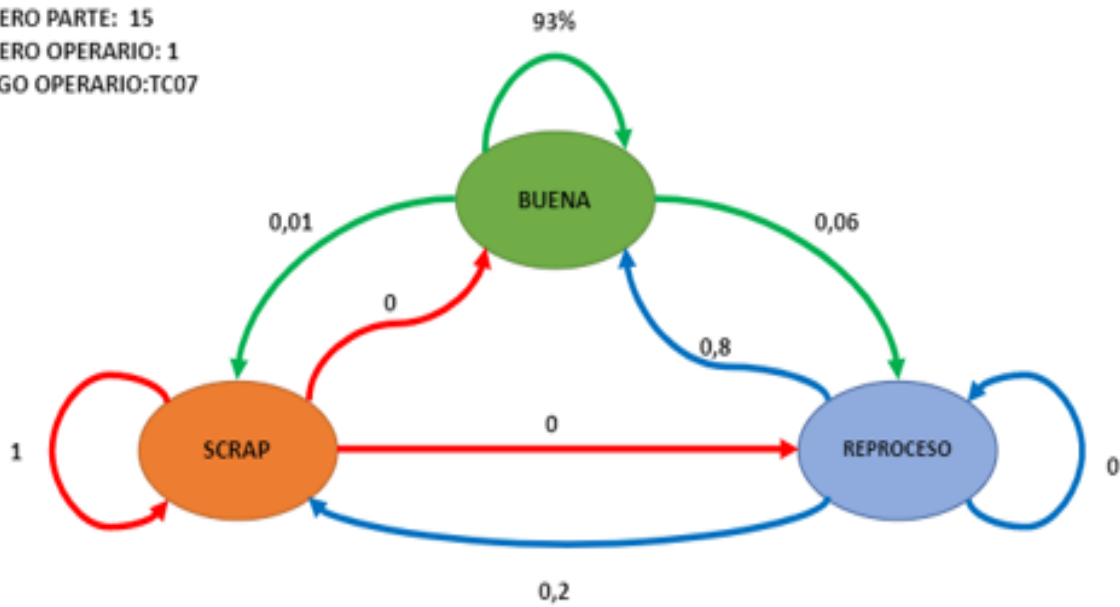
Operación: **PERFORADO**
 Número parte: **15**
 Operario: **TC07**

	B	R	S	ID
B	0,93	0,8	0	1
R	0,06	0	0	0
S	0,01	0,2	1	0

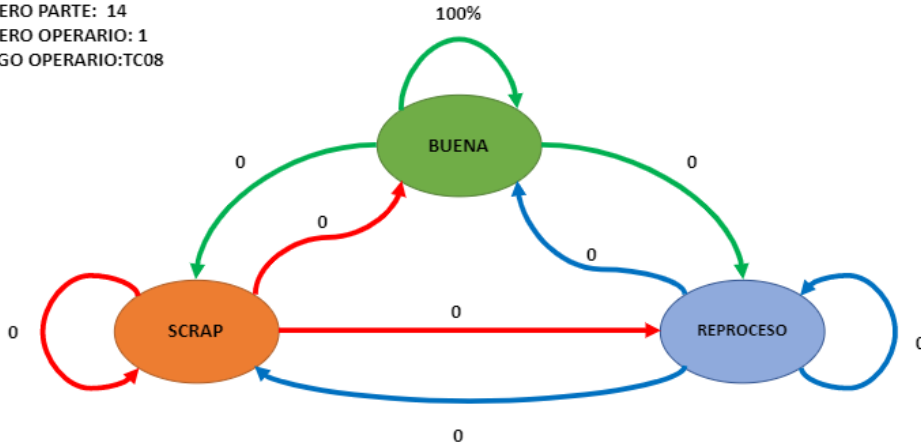
	B	R	S	2do
B	0,93	0,8	0	0,93
R	0,06	0	0	0,06
S	0,01	0,2	1	0,01

B	0,91
R	0,056
S	0,031

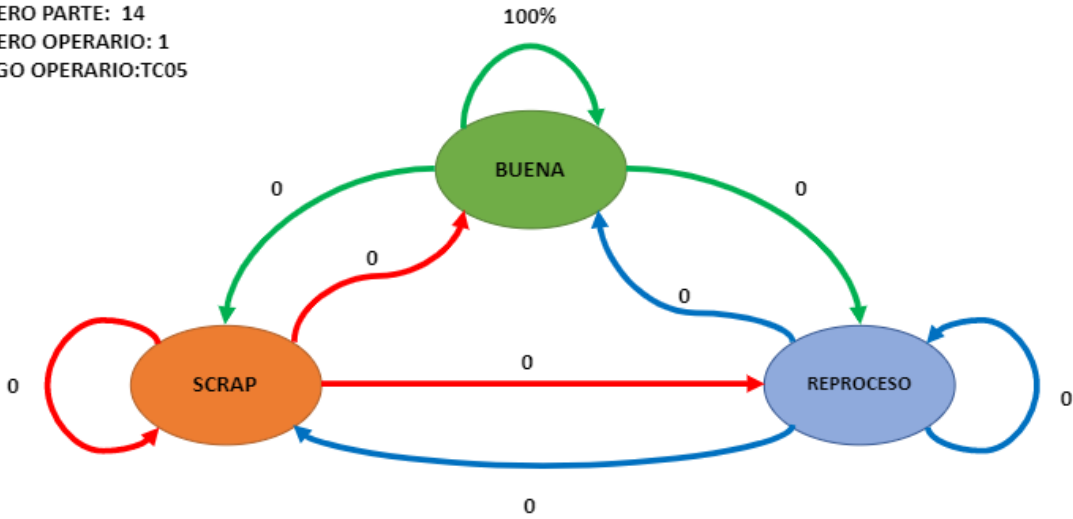
OPERACIÓN: PERFORADO
 NUMERO PARTE: 15
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC07



OPERACIÓN: ENSAMBLE
 NUMERO PARTE: 14
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC08

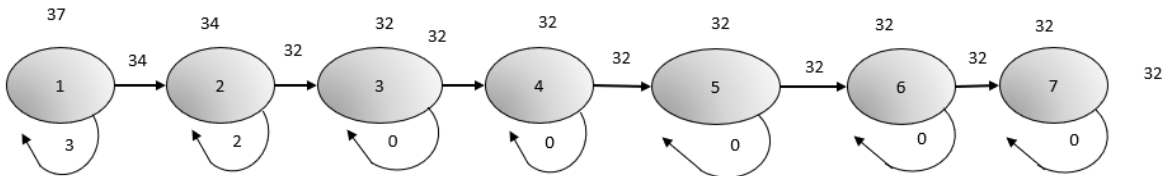


OPERACIÓN: ACABADO
 NUMERO PARTE: 14
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO:TC05



Rotación B

Producto 301-100-E-AB-S-NPVC



Procesos de moldeo

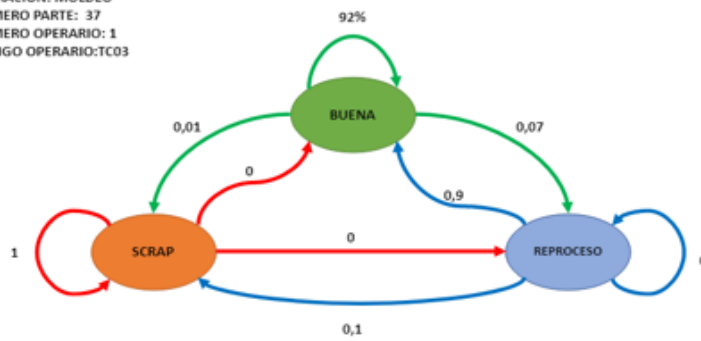
Operación: **MOLDEO**
 Número parte: **37**
 Operario: **TC03**

	B	R	S	ID
B	0,92	0,9	0	1
R	0,07	0	0	0
S	0,01	0,1	1	0

	B	R	S	2do
B	0,92	0,9	0	0,97
R	0,07	0	0	0,02
S	0,01	0,1	1	0,01

B	0,90
R	0,064
S	0,086

OPERACIÓN: MOLDEO
 NÚMERO PARTE: 37
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC03



Proceso de fundición

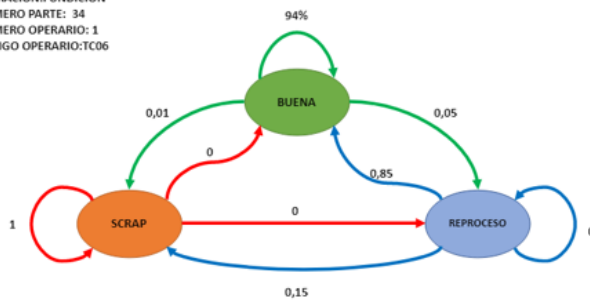
Operación: **FUNDICIÓN**
 Número parte: **34**
 Operario: **TC06**

	B	R	S	ID
B	0,94	0,85	0	1
R	0,05	0	0	0
S	0,01	0,15	1	0

	B	R	S	2do
B	0,94	0,85	0	0,94
R	0,05	0	0	0,05
S	0,01	0,15	1	0,01

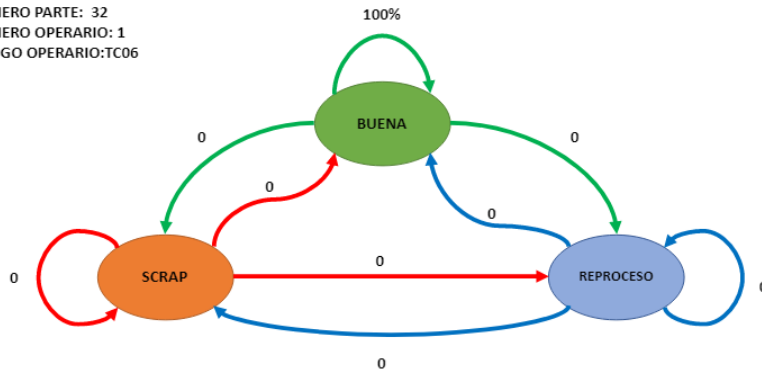
B	0,93
R	0,047
S	0,087

OPERACIÓN: FUNDICIÓN
 NÚMERO PARTE: 34
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC06



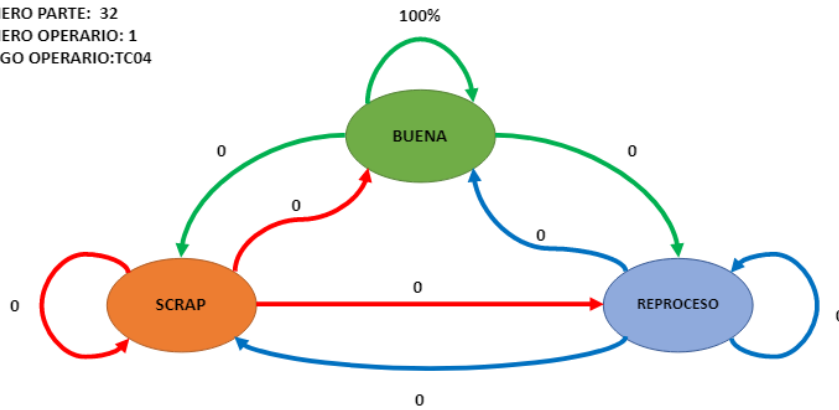
Proceso de corte y lavado

OPERACIÓN: LAVADO Y CORTE
NÚMERO PARTE: 32
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC06



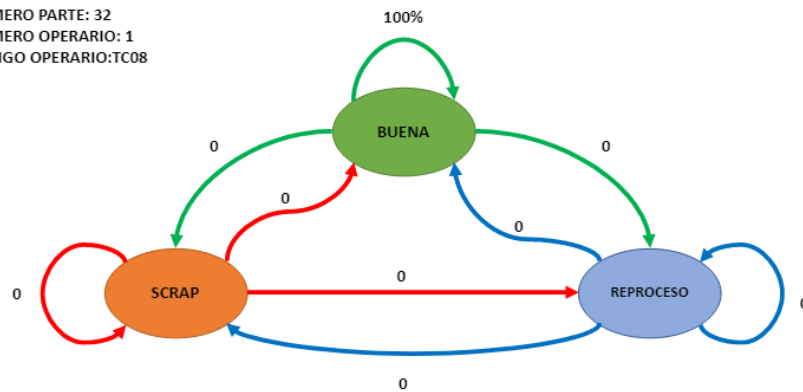
Proceso de desbaste

OPERACIÓN: DESBASTE
NÚMERO PARTE: 32
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC04



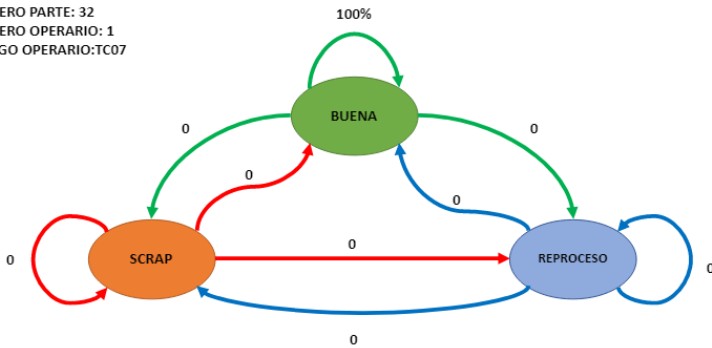
Proceso de perforado

OPERACIÓN: PERFORADO
NÚMERO PARTE: 32
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC08



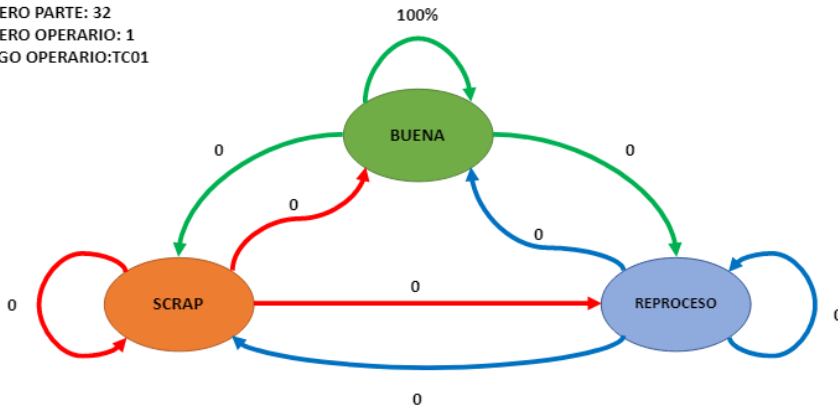
Proceso de ensamble

OPERACIÓN: ENSAMBLE
NÚMERO PARTE: 32
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC07

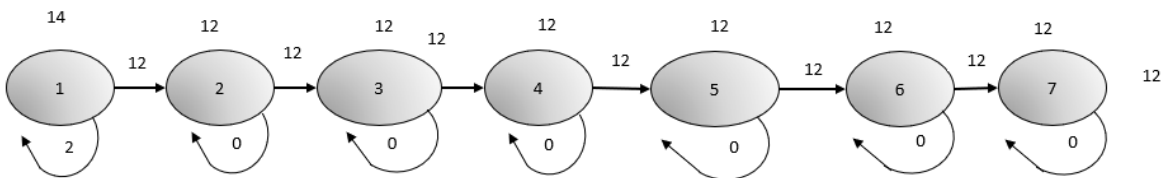


Proceso de acabado

OPERACIÓN: ACABADO
NÚMERO PARTE: 32
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC01



Producto 203-100-E-B



Proceso de moldeo

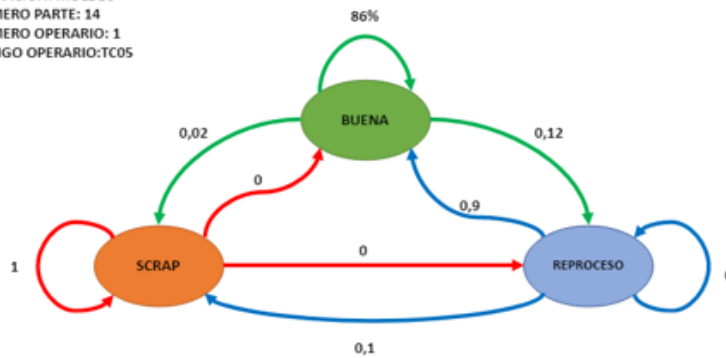
Operación: **MOLDEO**
 Número parte: **14**
 Operario: **TC05**

	B	R	S	ID
B	0,86	0,9	0	1
R	0,12	0	0	0
S	0,02	0,1	1	0

	B	R	S	2do
B	0,86	0,9	0	0,86
R	0,12	0	0	0,12
S	0,02	0,1	1	0,02

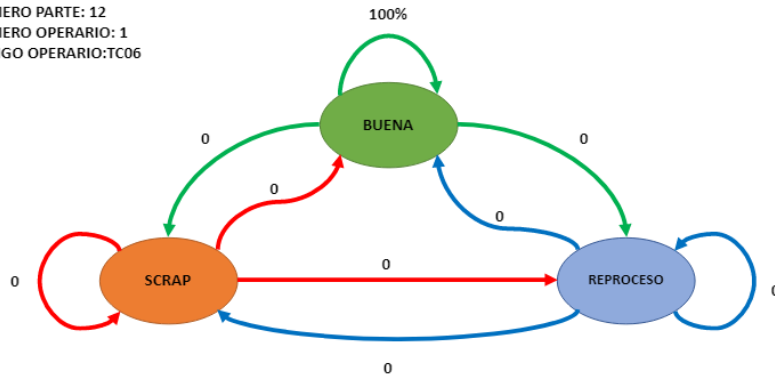
B	0,85
R	0,10
S	0,049

OPERACIÓN: MOLDEO
 NÚMERO PARTE: 14
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC05



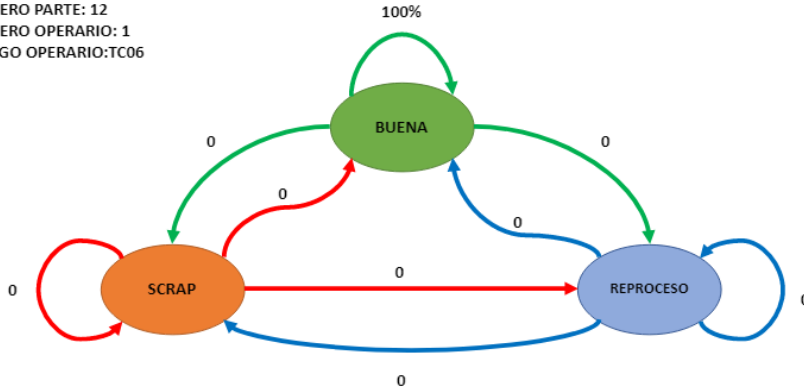
Proceso de fundición

OPERACIÓN: FUNDICIÓN
 NÚMERO PARTE: 12
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC06



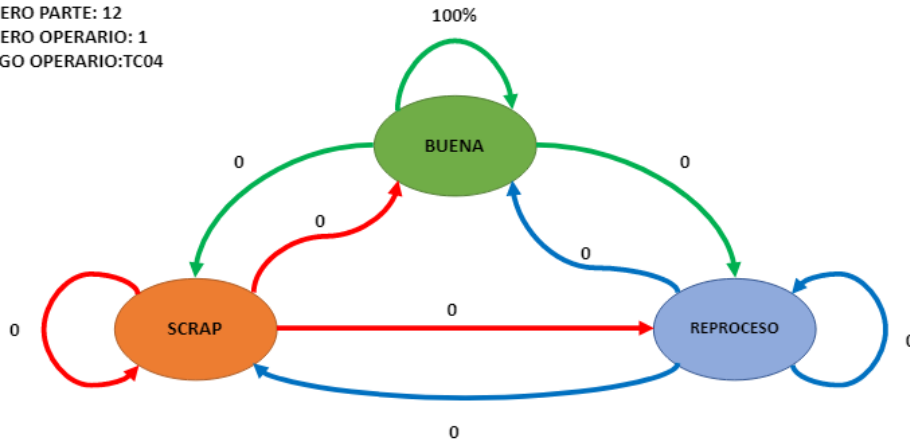
Proceso de lavado y corte

OPERACIÓN: LAVADO Y CORTE
NÚMERO PARTE: 12
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO:TC06



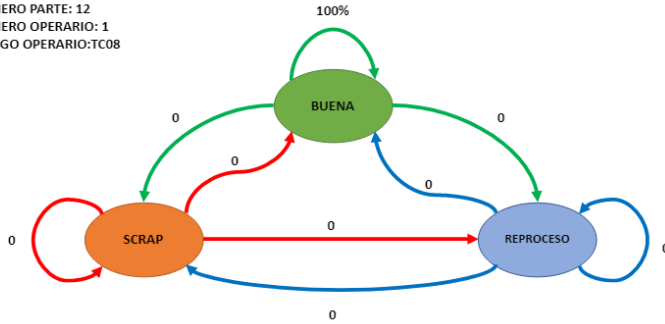
Proceso de desbaste

OPERACIÓN: DESBASTE
NÚMERO PARTE: 12
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO:TC04



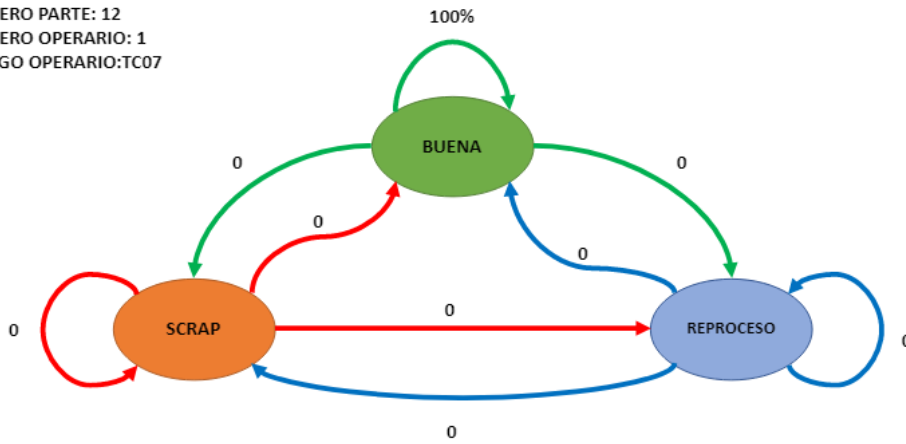
Proceso de perforado

OPERACIÓN: PERFORADO
NÚMERO PARTE: 12
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO:TC08



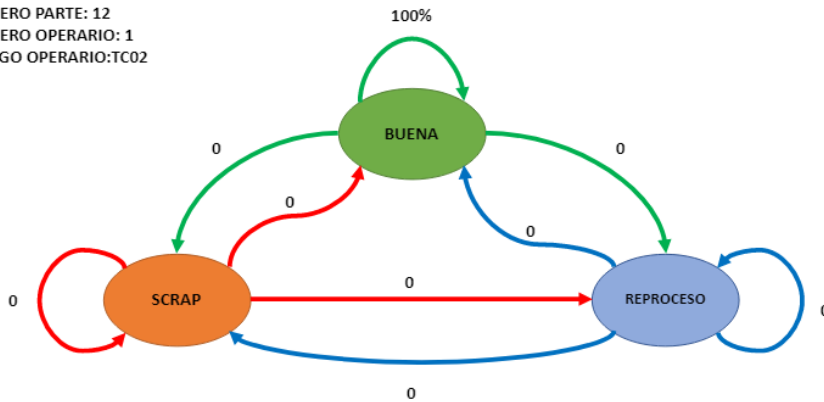
Proceso de ensamble

OPERACIÓN: ENSAMBLE
NÚMERO PARTE: 12
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO:TC07

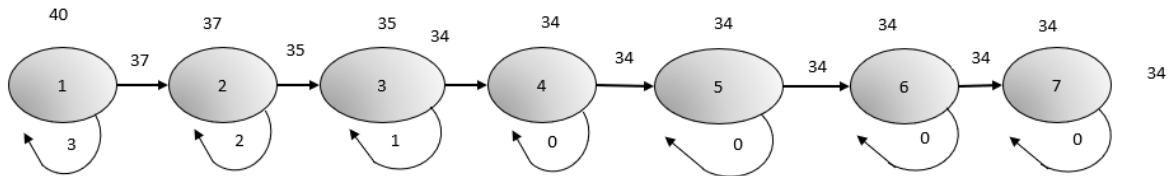


Proceso de Acabado

OPERACIÓN: ACABADO
NÚMERO PARTE: 12
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO:TC02



Producto 300-150-AS-V2



Proceso de moldeo

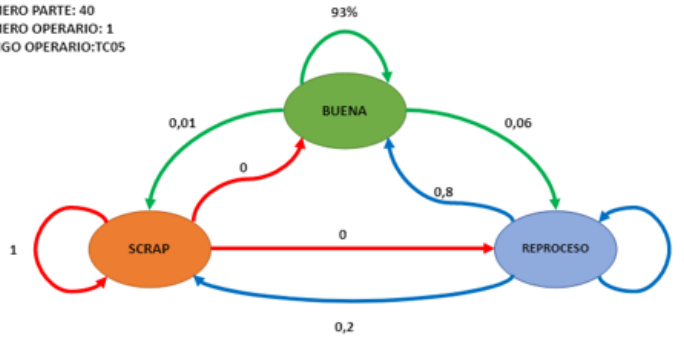
Operación: **MOLDEO**
 Número parte: **40**
 Operario: **TC05**

	B	R	S	ID
B	0,93	0,8	0	1
R	0,06	0	0	0
S	0,01	0,2	1	0

	B	R	S	2do
B	0,93	0,8	0	0,93
R	0,06	0	0	0,06
S	0,01	0,2	1	0,01

B	0,91
R	0,056
S	0,031

OPERACIÓN: MOLDEO
 NÚMERO PARTE: 40
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC05



Proceso de fundición

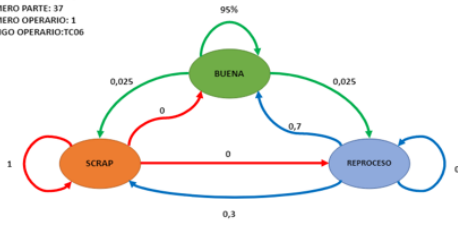
Operación: **INDICIÓN**
 Número parte: **37**
 Operario: **TC06**

	B	R	S	ID
B	0,95	0,7	0	1
R	0,025	0	0	0
S	0,025	0,3	1	0

	B	R	S	Zdo
B	0,95	0,7	0	0,95
R	0,025	0	0	0,025
S	0,025	0,3	1	0,025

B	0,92
R	0,24
S	0,056

OPERACIÓN: FUNDICIÓN
 NÚMERO PARTE: 37
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC06



Proceso de lavado y corte

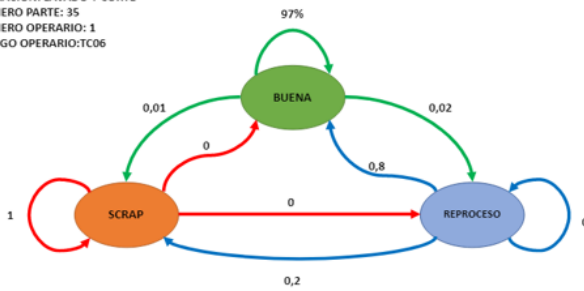
Operación: **Lavado y corte**
 Número parte: **35**
 Operario: **TC06**

	B	R	S	ID
B	0,97	0,8	0	1
R	0,02	0	0	0
S	0,01	0,2	1	0

	B	R	S	Zdo
B	0,97	0,8	0	0,93
R	0,02	0	0	0,06
S	0,01	0,2	1	0,01

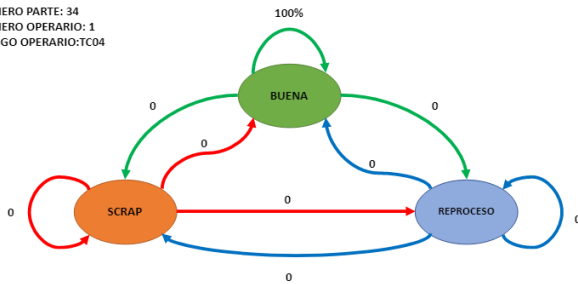
B	0,96
R	0,019
S	0,024

OPERACIÓN: LAVADO Y CORTE
 NÚMERO PARTE: 35
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC06



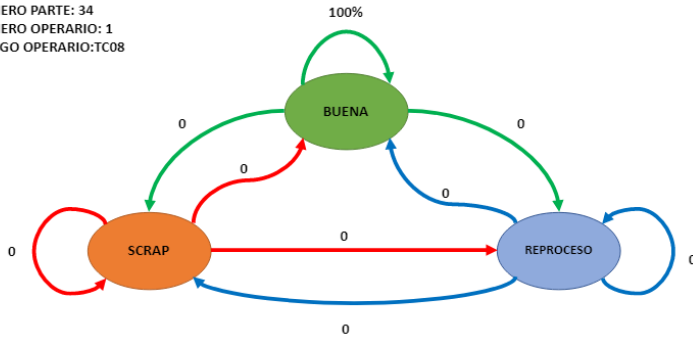
Proceso Desbaste

OPERACIÓN: DESBASTE
 NÚMERO PARTE: 34
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC04



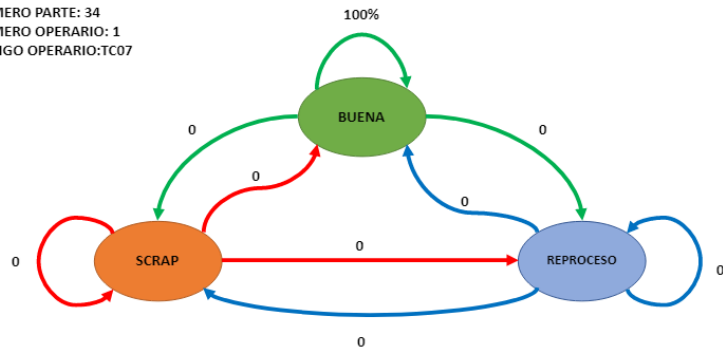
Proceso perforado

OPERACIÓN: PERFORADO
NÚMERO PARTE: 34
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC08



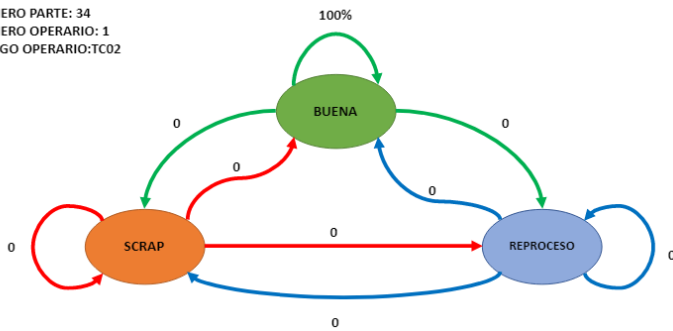
Proceso ensamble

OPERACIÓN: ENSAMBLE
NÚMERO PARTE: 34
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC07

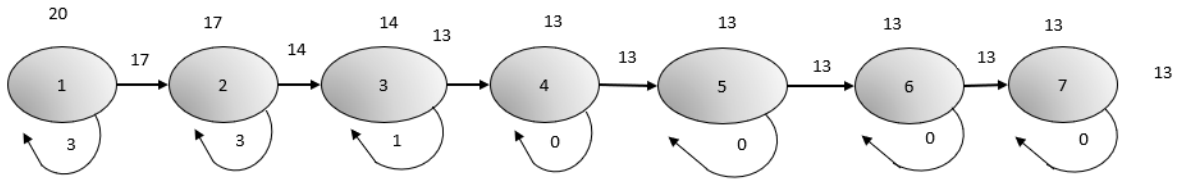


Acabado

OPERACIÓN: ACABADO
NÚMERO PARTE: 34
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC02



Producto 114-100-E-AS



Proceso de moldeo

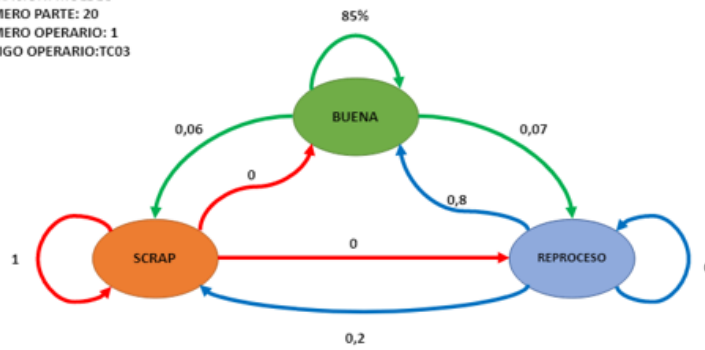
Operación: **MOLDEO**
 Número parte: **20**
 Operario: **TC03**

	B	R	S	ID
B	0,85	0,8	0	1
R	0,07	0	0	0
S	0,06	0,2	1	0

	B	R	S	2do
B	0,85	0,8	0	0,85
R	0,07	0	0	0,07
S	0,06	0,2	1	0,06

B	0,78
R	0,060
S	0,012

OPERACIÓN: MOLDEO
 NÚMERO PARTE: 20
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC03



Proceso de fundición

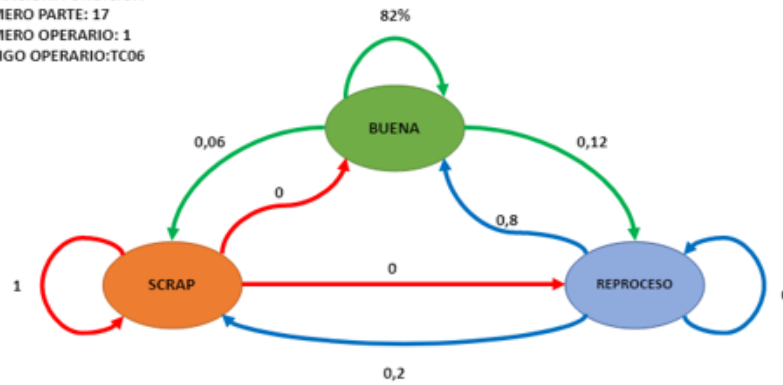
Operación: **FUNDICIÓN**
 Número parte: **17**
 Operario: **TC06**

	B	R	S	ID
B	0,82	0,8	0	1
R	0,12	0	0	0
S	0,06	0,2	1	0

	B	R	S	2do
B	0,82	0,8	0	0,82
R	0,12	0	0	0,12
S	0,06	0,2	1	0,06

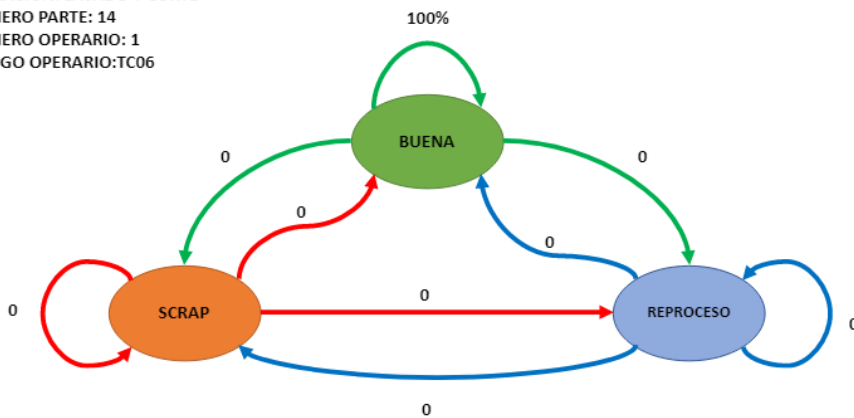
B	0,77
R	0,098
S	0,013

OPERACIÓN: FUNDICIÓN
 NÚMERO PARTE: 17
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC06



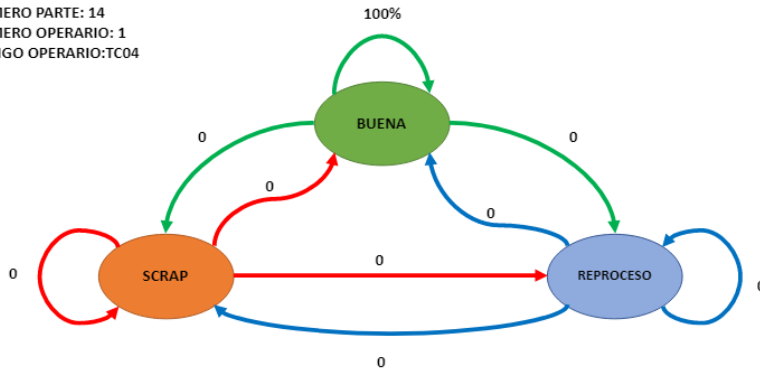
Proceso de Lavado y corte

OPERACIÓN: LAVADO Y CORTE
 NÚMERO PARTE: 14
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC06



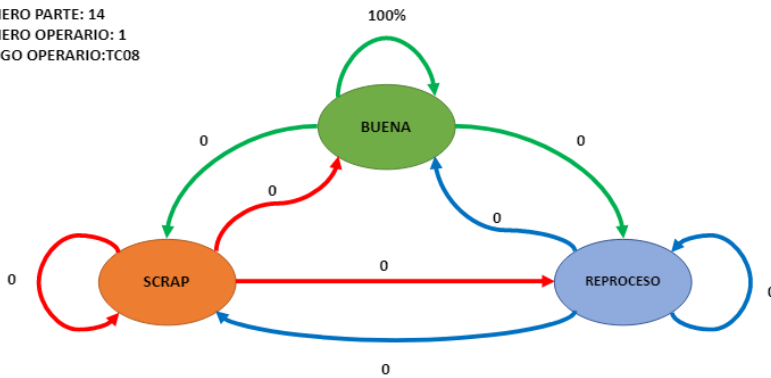
Proceso de desbaste

OPERACIÓN: DESBASTE
NÚMERO PARTE: 14
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC04



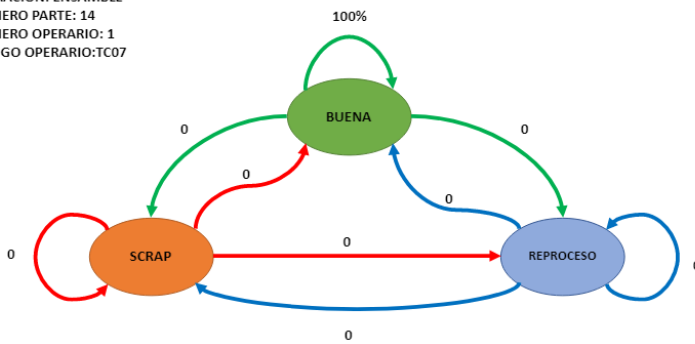
Proceso de perforado

OPERACIÓN: PERFORADO
NÚMERO PARTE: 14
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC08



Proceso de ensamble

OPERACIÓN: ENSAMBLE
NÚMERO PARTE: 14
NÚMERO OPERARIO: 1
CÓDIGO OPERARIO: TC07



Proceso de acabado

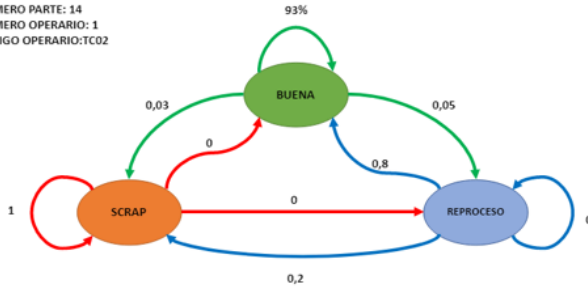
Operación: **ACABADO**
 Número parte: **14**
 Operario: **TC02**

	B	R	S	ID
B	0,93	0,8	0	1
R	0,05	0	0	0
S	0,02	0,2	1	0

	B	R	S	Zdo
B	0,93	0,8	0	0,93
R	0,05	0	0	0,05
S	0,02	0,2	1	0,02

B	0,90
R	0,046
S	0,068

OPERACIÓN: ACABADO
 NÚMERO PARTE: 14
 NÚMERO OPERARIO: 1
 CÓDIGO OPERARIO: TC02



Apéndice No. 11: Manual de usuario de la herramienta de planificación de la producción

Manual de usuario de la herramienta de planificación de la producción

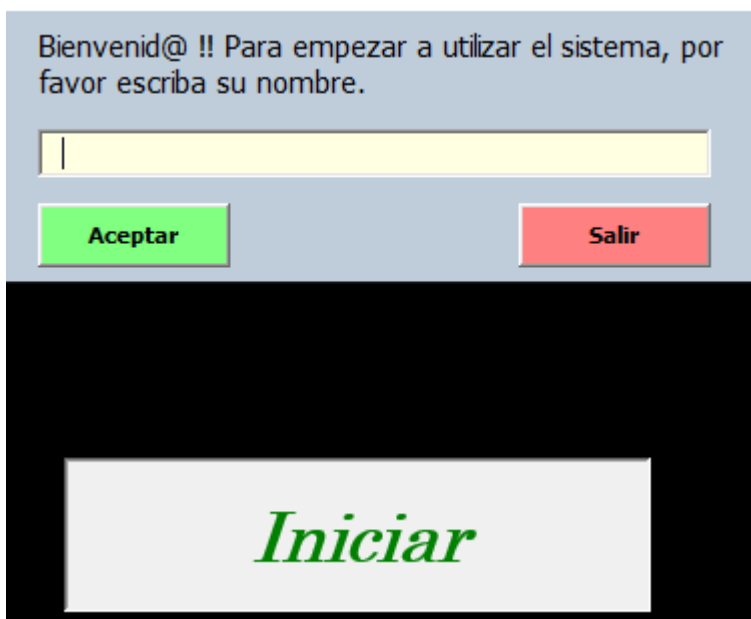
Objetivo del manual

Otorgar al usuario el conocimiento necesario para la utilización de la herramienta en Visual Basic, así como el adecuado manejo de sus complementos.

INGRESO AL SOFTWARE

Para iniciar:

Paso 1: Se tiene que digitar el nombre de la persona que va a usar la herramienta



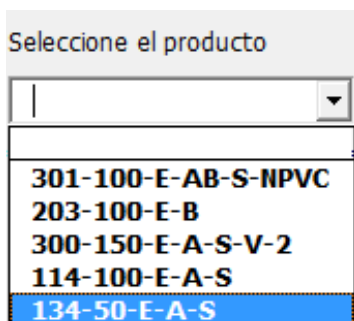
Bienvendid@ !! Para empezar a utilizar el sistema, por favor escriba su nombre.

Aceptar Salir

Iniciar

INGRESO DE VARIABLES

Paso 2: Seleccionar un producto

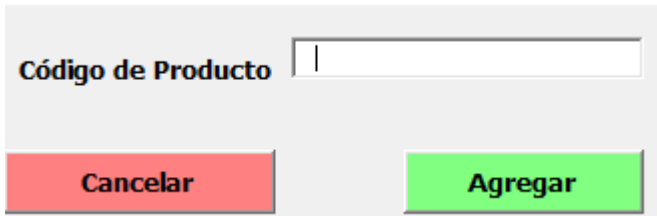


Seleccione el producto

301-100-E-AB-S-NPVC
203-100-E-B
300-150-E-A-S-V-2
114-100-E-A-S
134-50-E-A-S

Si el usuario desea añadir un nuevo producto, lo puede hacer.

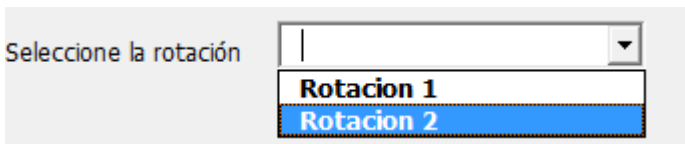
- Primero se debe seleccionar la opción agregar nuevo
- Segundo se debe de añadir el nombre del producto y sus características



Formulario para agregar un nuevo producto. Incluye un campo de texto etiquetado como "Código de Producto" con un cursor de texto. Debajo del campo hay dos botones: "Cancelar" (rojo) y "Agregar" (verde).

IMPORTANTE: La opción de agregar producto y rotación solamente es de modo demostrativo, es decir si usted como usuario desea agrega un producto y sus respectivas características, debe hacer configuraciones internas(código herramienta) para que funcione de tal modo que le de el RTY y el tiempo de entrega como salida, dado que la herramienta está configurada solo para los 5 productos.

Paso 3: Seleccionar la rotación



Formulario para seleccionar la rotación. Incluye un campo de texto etiquetado como "Seleccione la rotación" con un menú desplegable. El menú desplegable muestra dos opciones: "Rotacion 1" y "Rotacion 2", con "Rotacion 2" seleccionada y resaltada en azul.

Si el usuario desea agregar una nueva rotación, debe contemplar a los operarios y los procesos.

- Primero debe escribir el nombre de la rotación
- Segundo debe de asignar los trabajadores a sus procesos

Como se muestra la siguiente imagen:

Escriba el nombre de la rotación

Asigne los trabajadores a sus procesos

Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fundición	<input type="text"/>	
Lavado y corte	<input type="text"/>	
Desbaste	<input type="text"/>	
Perforado	<input type="text"/>	
Ensamble	<input type="text"/>	
Acabado	<input type="text"/>	<input type="text"/>

En la opción de más info se presenta la forma de distribución de los operarios con los procesos.

Procesos	Código(s) de Trabajador(es)
Modelo	TC03 TC05
Fundición	TC06
Lavado y corte	TC06
Desbaste	TC08
Perforado	TC04
Ensamble	TC07
Acabado	TC01 TC02

Paso 3: Digitar la cantidad del producto o tamaño del pedido

Digite la cantidad del producto

Paso 4: Seleccionar la complejidad del producto



A dropdown menu with a downward arrow icon. The menu is open, showing three options: 'Baja' (highlighted in blue), 'Intermedia', and 'Alta'.

Paso 5: Calcular entrega y esperar que salga el mensaje indicando el rango del tiempo de entrega para el pedido y el porcentaje de RTY a esperar.

Paso 6: Decidir si guardar la información referente al pedido.

¿ Desea guardar la consulta realizada?

Guardar

No guardar

Si decide guardar, le saldrá el siguiente mensaje:

Consulta guardada correctamente

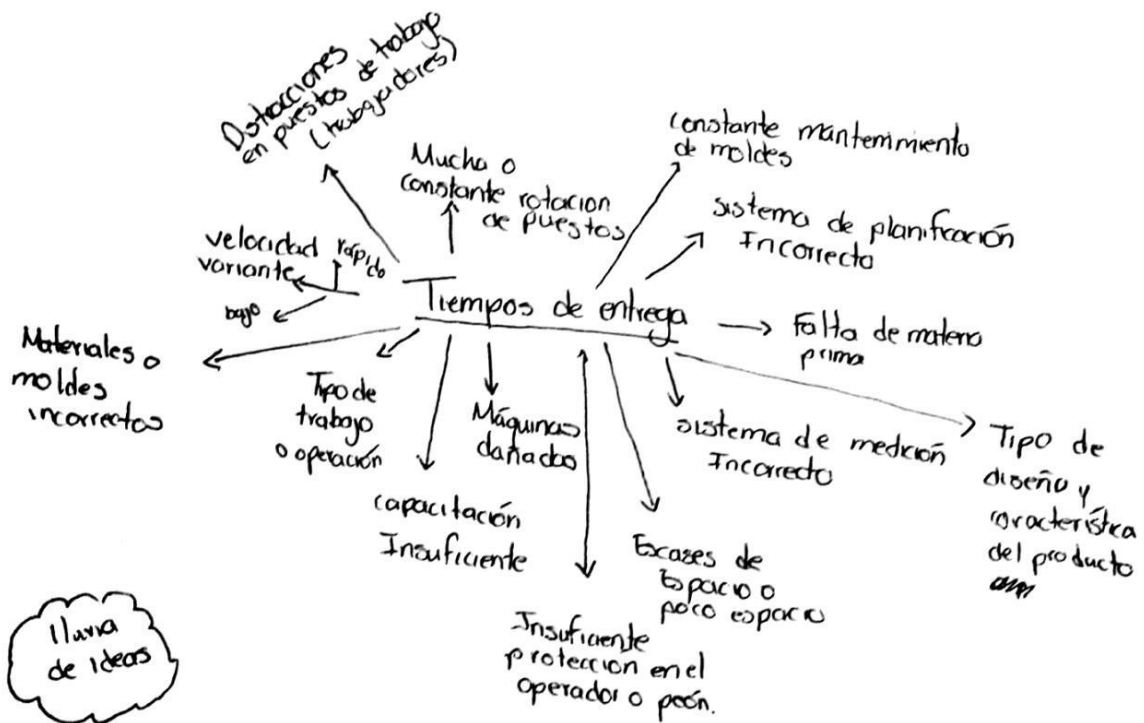
Aceptar

Debe de esperar que el sistema guarde la información en la base de datos interna.

A continuación se presenta un ejemplo.

Nombre	Producto	Rotación	Cantidad	Complejidad de cantidad	Complejidad de Producto	RTY (%)
Usuario 1	203-100-E-B	Rotacion 2	12	Baja	Intermedia	85
Usuario 2	203-100-E-B	Rotacion 1	34	Alta	Baja	80

Apéndice No. 12: Lluvia de ideas



Apéndice No. 13: Diseño de interfases, elementos de diseño, esquema de seguridad y acceso

**DISEÑO DE INTERFASES, MODELO DE CONFIGURACIÓN
DE LA HERRAMIENTA, ESQUEMA DE SEGURIDAD Y
ACCESO, POLÍTICA DE RESPALDO DE INFORMACIÓN,
DISEÑO DE BASE DE DATOS**

A continuación, se detalla y documenta las vistas utilizadas para las interfaces del sistema y así lograr la interacción con el usuario final. Nota: No confundir con el manual de usuario, en que se explicará todo el flujo del sistema.

Al principio de iniciar el sistema, aparecerá este menú de inicio el cual mostrará el logo de la empresa Carmiol y además dispondrá de un único botón para empezar comenzar a utilizar el sistema. Se escoge un fondo para que se logre destacar de mejor manera el logo de la empresa, pero eso no significa en que no se pueda cambiar.



Al dar click sobre dicho botón se desplegará un formulario con dos cuadros de texto para

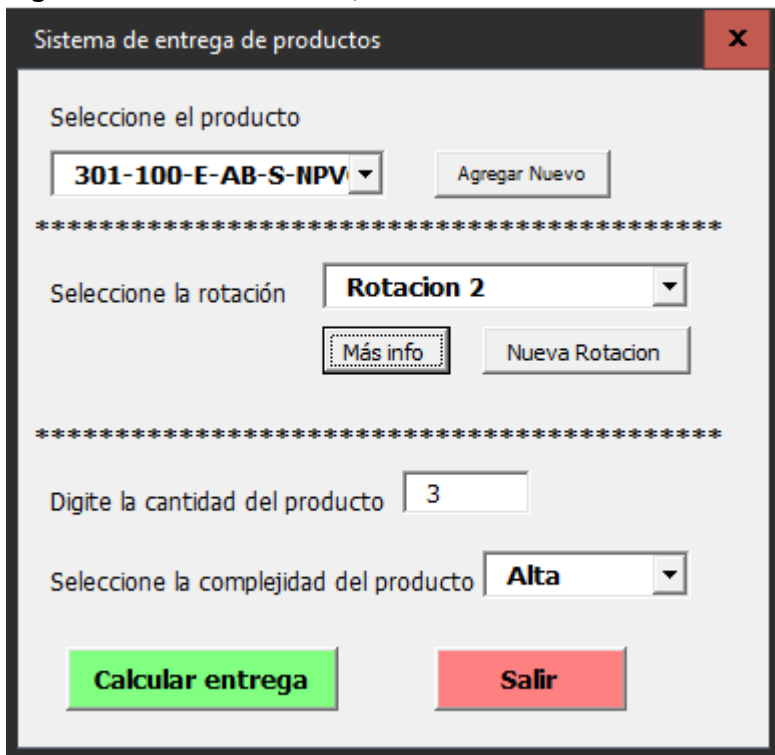
que el usuario ingrese su nombre de usuario y contraseña.

Por motivos de seguridad se debe de realizar un inicio de sesión para que pueda usarse el sistema.

En caso de que no esté registrado, solo bastará con que rellene los datos y presione en el botón "Registrarme".

Se decide mantener el uso de los mismos cuadros de datos (nombre usuario y contraseña) para hacer el inicio de sesión o registro, ya que esto permite mayor facilidad al aumentar la velocidad del proceso de autenticación. Además de simplificar el uso de vistas.

En caso de éxito al iniciar sesión, se desplegará la vista para proceder a realizar las consultas de entrega. Esta vista mostrará un formulario con los cuadros de textos respectivos para lograr realizar la consulta, el cual vendría siendo la funcionalidad más importante del

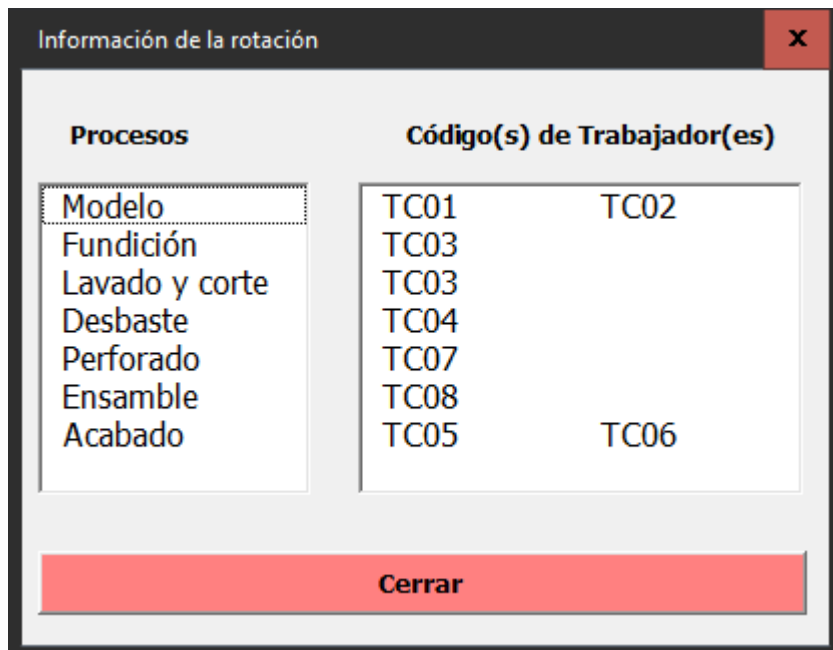


sistema. Para ello se le solicita al usuario que seleccione el producto a consultar, la rotación definida para el mismo, la cantidad de producto a solicitar y el tipo de complejidad esperado para el producto (Baja, Intermedia, Alta). Se hacen uso de selects para que al usuario se le facilite seleccionar un dato como

por ejemplo el ID del producto, en lugar de escribirlo.

La interfaz se realizó lo más sencilla posible, dando separación entre los campos solicitados y así no cansar la vista del usuario final. Incluso el color de los botones logra que el usuario pueda deducir con facilidad si este realizara una acción o la cancela.

Dentro del mismo sistema existen una vista para visualizar los datos de las rotaciones del sistema. Esta vista mostrará de manera enlistada verticalmente los procesos propios de



esa rotación. Y al lado derecho de la vista se puede de observar los códigos de los trabajadores a los cuales le corresponde dicho proceso. La vista muestra los datos de manera que el usuario final pueda alinear y ver cuales procesos corresponden a tales

trabajadores.

Modelo de la configuración de la herramienta

El sistema al ser desarrollado bajo un ambiente de Microsoft Excel, no requiere de una configuración adicional aparte de tener instalado al menos la versión 2016 para lograr una mayor estabilidad y rendimiento. Por motivo de que el archivo Excel ya viene configurado con sus macros correspondientes, no hará falta de instalar nada adicional o incluir otras hojas en el archivo.

Esquema de seguridad y acceso

Se debe de tomar en cuenta a que se hace uso de una hoja en Excel llamada "Usuarios", en la cual estarán los datos de Nick de usuario y su contraseña. En este caso, para el alcance

del producto, se supone que los que utilizarán este sistema serán únicamente usuarios con rol administrativos, por lo que podrán agregar nuevos datos al sistema.

También se agrega la funcionalidad de ocultar las hojas para que no puedan ser visualizados los datos de la misma desde fuera por cualquier usuario sin haber hecho inicio de sesión. Para ello los macros habilitan las hojas cuando las requieran, y al haber terminado las vuelven a ocultar. Se tomó en cuenta únicamente ocultar las hojas que podrían implicar datos sensibles, estas son:

- Usuarios
- Rotaciones
- RTY
- Consultas

La manera en que se ingresarán nuevos usuarios al sistema será mediante de un sistema de registro implementado en el sistema.

Política de respaldo de la información

En cuanto al respaldo de información, actualmente el sistema se haya diseñado bajo un modelo de almacenamiento en Excel, el cual tiene como componentes esenciales las hojas, macros y formularios de Visual Basic. Si se desea un almacenamiento más persistente sería ideal utilizar un gestor de base de datos para que se logre con esa característica. Además, utilizando un gestor de base de datos como el caso de Microsoft SQL Server, los datos se podrían de encriptar desde la base de datos para que así de igual manera los datos no puedan ser accesibles hacia los que hacen uso de ella mediante credenciales.

Haciendo uso de Microsoft Excel, no se podría de implementar bastantes funcionalidades para la protección o resguardo de datos, sin embargo, entre las medidas tomadas están:

- Ocultar y mostrar hojas mediante los macros, siendo así que solamente se habilitarán cuando estos las requieran.
- Sistema de login/registro para que se puedan agregar más usuarios al sistema.

Además, hay que tomar en cuenta que los datos ingresados bajo este sistema se resguardarán con recelo y solo personas autorizadas podrán de hacer uso de esos datos bajo una responsabilidad consensuada para todo registro en el sistema.

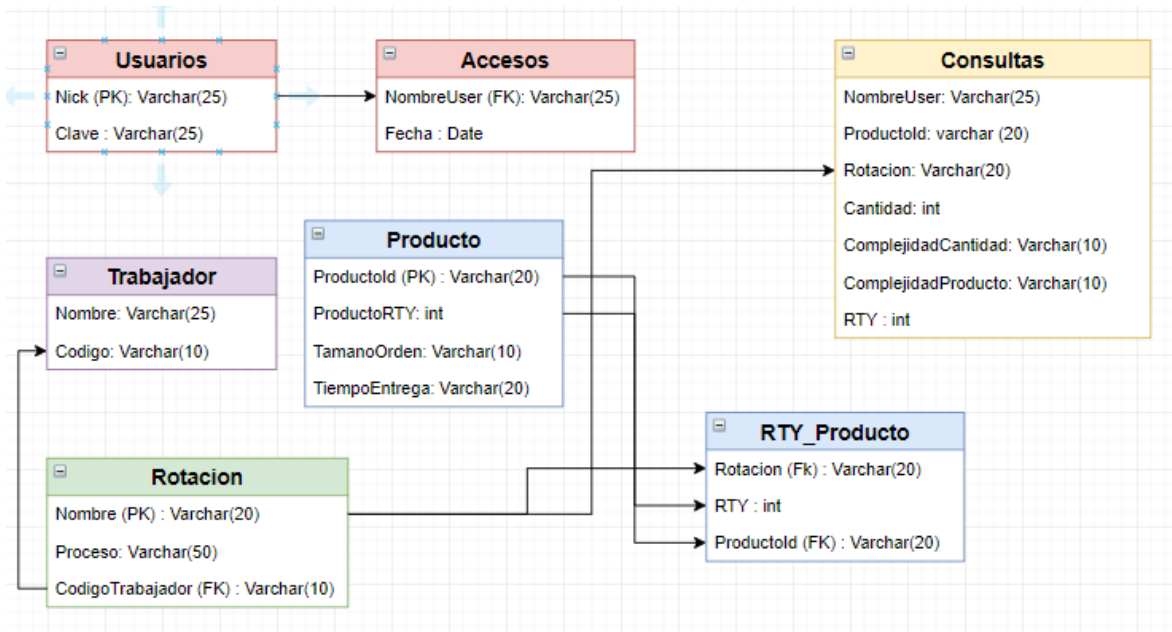
Diseño de Base de datos

Al hacerse uso de Microsoft Excel para realizar el sistema, este no permite relacionar de manera eficiente los datos entre hojas, por ende, se tuvieron que realizar varias agrupaciones de datos o guardados de datos en variables temporales globales para ser utilizadas posteriormente. Entre las hojas utilizadas se hayan:

- Main
- Usuarios
- RTY
- Consultas
- Data
- Rotaciones
- Usuarios

Se propone el siguiente diagrama para una base de datos relacional (SQL), la cual contara de 7 tablas (reflejadas en el uso del sistema basado en el uso de Excel). El diagrama contempla únicamente la estructura y sus relaciones en caso de una posible implementación a nivel de gestor de base de datos relacional.

- PK: Llave primaria de tabla
- FK: Llave foránea de tabla



XI. Anexos

-

Anexo No.1.Cotización de precio de bodega en a zona de Tibás

Bienes Raíces **encuentra24.com** Subir Mi usuario GES + Pu

Alquiler Locales comerciales < Lista < Anterior 66 de

Locales comerciales en Guadalupe | Bodega guadalupe, tibas calle blancos 200m2 por walmart

FOTOS DESCARGAR

\$1,000.00 ♡


Derick Gordon ✓
 Agente
 Negocio de Propiedades Bienes Raices
 San jose, tibas centro, 225 este del parque de tibas
 Usuario verificado en Facebook

881- [Ver número](#)

Email

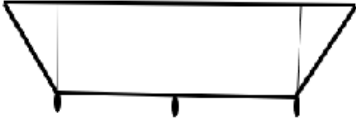
Nombre

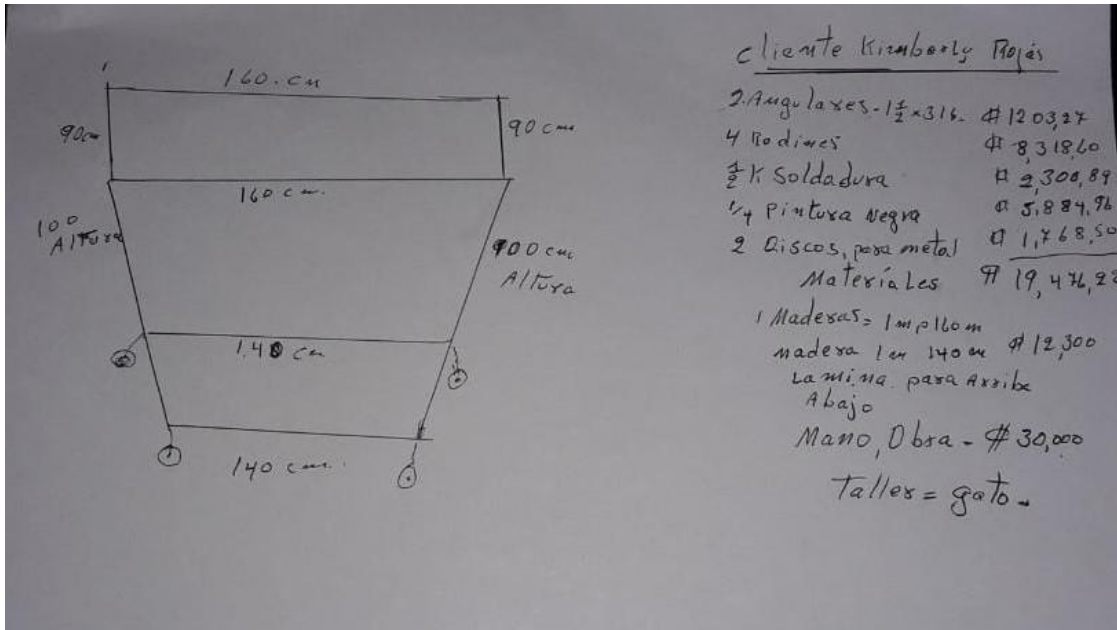
Teléfono



Anexo No 2. Referencias sobre compra de mesa de trabajo para la propuesta de mejora en el reproceso de área de moldeo y fundición.

Description	Rate	Qty	Amount	Tax
<input type="checkbox"/> Mesa de trabajo 1.60x1.40x1 Dos regulares 1 1/2"x16 4 ruedas 1/2 kg de soldadura 1/4 anticorrosivo 1 unid disco de corte 4 1/2	67000.00	2	134,000.00	<input checked="" type="checkbox"/>





Fuente: Taller El gato, Alajuela, CR




Descripción:

Nombre del producto:	Mesas de dos niveles
Medidas:	1,10 m de frente x 70 cm de fondo x 90 cm de alto
Precio:	€55 670

Las variantes en el diseño original, podrían afectar el precio del equipo/mueble. Siéntase libre de contactarnos para obtener un presupuesto del equipo o mueble en acero inoxidable, acorde a sus necesidades

Fuente: Equinox de Costa Rica

Anexo No.3. Referencia sobre la compra de hardware y software



Dell
Dell Computadora portátil / GTJDF / Intel Core i7


DISPONIBLE Código: 1001001355 Se el primero en comentar este producto

Precio exclusivo para Gollienda
~~€720.350~~
€669.630

Contrato de servicio de reparación
-- Por favor, seleccione --

Cantidad: 1

AGREGAR AL CARRITO



HP
HP Computadora portátil / 15DW0004LA_CI78GB256 / Intel Core i7

DISPONIBLE Código: 1001001072 Se el primero en comentar este producto

Precio exclusivo para Gollienda
~~€610.960~~
€591.225

Contrato de servicio de reparación
-- Por favor, seleccione --

Cantidad: 1

AGREGAR AL CARRITO

¿Tenés dudas? ¡Escribinos!
¡Solo bueno!

Fuente: Tienda Gollo online

Anexo No 4. Referencia sobre la adquisición del paquete Office y capacitación



Microsoft | Store Software & Aplicaciones Juegos

Todo Microsoft

Carro Continuar comprando

Office Hogar y Empresas	Office Hogar y Empresas 2019 Digital	1	€199.999
-------------------------	--------------------------------------	---	----------

Quitar | Guardar para más adelante

Resumen del pedido	
Artículos (1):	€199.999
Impuesto estimado:	-
Total:	€199.999

Fuente: Microsoft

The screenshot shows the website for the UCR Academia de Tecnología. The header includes the UCR logo and the text 'ACADEMIA DE TECNOLOGÍA'. A navigation menu contains links for 'Cursos CISCO', 'Cursos Tecnología', 'Horarios y Precios', 'Matrícula', 'Historia', 'Soporte', and 'Contacto'. The main content area is titled 'Microsoft Excel' and includes a description: 'Dirigido a funcionarios del área de administración, auditoría, finanzas, tesorería, recursos humanos, ventas, marketing, entre otros; el curso de Microsoft Excel le dará las herramientas necesarias para organizar, analizar, administrar y compartir información con gran facilidad. Desde los conceptos básicos hasta los usos más avanzados, aprenda a sacar el máximo provecho de una de las más populares herramientas de hoja de cálculo.' Below this, there are two boxes: a green one with pricing information ('El precio por cada nivel es de \$90.000 + 2% IVA. Consulte los grupos abiertos para matrícula y sus horarios en la sección de matrícula.' and a 'Matrícula' button) and a blue one with a magnifying glass icon and the text 'Requisitos'.

Microsoft Excel Nivel 3 (24 horas)

INTRODUCCIÓN A MACROS CON **VISUAL BASIC**

- Introducción al editor de Visual Basic
- Edición de una macro
- Ejemplos de macros con Visual Basic
- Función Convertir números a letras
- Crear y utilizar un complemento

Fuente: Microsoft

Anexo No 4. Carta de entendimiento para la biblioteca

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Señores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo Kimberly Patricia Rojas Reyes carné 2014096878

Autorizo

No autorizo

Autorizo parcialmente, excluyendo las páginas _____

A la Biblioteca José Figueres del Instituto Tecnológico de Costa Rica disponer de mi Trabajo Final, con el título Propuestas de mejoras en la planificación de la producción para ajustar los tiempos de entrega del proceso productivo. a ser ubicado en el Repositorio institucional y Catálogo SIBITEC para ser accesado a través de la red Internet por los demás estudiantes activos.

 _____

Firma del Estudiante

Nombre: Kimberly Rojas Reyes

Cédula: 2-746-382

 _____

Firma del Asesor de Empresa

Nombre: Valeria Astorga

Cédula: 2-735-078