

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN UNA  
EMPRESA DEDICADA A LA FUNDICIÓN DE ACERO**

**Trabajo de suficiencia profesional para obtener el título profesional de  
Ingeniera Industrial**

**AUTOR:**

Ana Fernanda Villanueva Vargas

**ASESOR:**

Mg. Mery Roxana Leon Perfecto

Lima, noviembre, 2021

## Resumen

El objetivo del presente informe profesional es elaborar una propuesta de mejora para una empresa dedicada a la fundición y fabricación de piezas de acero que se utilizan como repuestos en la maquinaria de las mineras. El informe abarca el diagnóstico de las áreas que generan los problemas principales dentro de la empresa, dentro de los cuales resaltan los ligados con el área de planeamiento como es el bajo indicador OTIF que maneja la empresa. La propuesta se elabora con la finalidad de reducir estos problemas identificados haciendo uso de herramientas de planificación como métodos de pronóstico, lo cual ayuda a reducir el error para la determinación de la demanda, esto se pudo comprobar con el cálculo del MAPE del método actual de pronósticos comparado con el método elegido como mejora, pues se obtuvo una reducción en promedio del 20% para todas las piezas de la familia de bombas. Adicionalmente, este pronóstico propuesto se encuentra ligado con la MRP de la empresa, proponiendo de esta manera la mejora para aquellas piezas que obtuvieron mayor error de pronóstico. También se evaluarán propuestas relacionadas a las áreas de producción y calidad, pero que no afectan tanto el indicador como lo hace la elaboración de pronósticos. Finalmente, se evalúa financieramente la propuesta de mejora, en donde se obtuvo un COK de 9.709%, el cual es menor a la TIR del 34%, y un VAN de \$ 84 168.11, con lo cual se concluye que la inversión de \$ 19 100 con horizonte de un año es viable para la empresa, ya que se genera un ingreso neto del \$ 92 620, pues se proyecta que con la mejora implementada se podrá ahorrar en moras futuras por incumplimiento de entrega de órdenes.

## Índice

Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tablas .....	vii
Índice de Anexos.....	ix
Introducción .....	10
Capítulo 1. Marco Teórico .....	11
1.1. Planificación de la demanda.....	11
1.1.1. Naturaleza de la demanda.....	11
1.1.2. Patrones de la demanda .....	11
1.1.3. Pronósticos.....	12
1.1.4. Enfoque de pronósticos .....	12
1.1.4.1. Métodos cualitativos .....	12
1.1.4.2. Métodos causales .....	12
1.1.4.3. Métodos de series de tiempo.....	13
1.1.5. Error de pronósticos.....	14
1.2. Planificación de la cadena de suministro .....	14
1.2.1. Plan agregado .....	15
1.2.2. MRP.....	15
1.2.2.1. PMP.....	16
1.2.2.2. BOM .....	17
1.2.2.3. Registro de inventarios .....	17
1.2.3. Reporte de salida del MRP .....	17
1.3. Gestión de inventarios .....	18
1.3.1. Clasificación ABC .....	18
1.3.2. Stock de seguridad.....	18
1.3.3. Costos relacionados con el inventario .....	18
1.4. Herramientas de mejora continua.....	19
1.4.1. Teoría de restricciones.....	19
1.4.2. Lean Manufacturing .....	20
1.4.2.1. Just in Time.....	20
1.4.2.2. Sistema Kanban .....	20
1.4.2.3. Análisis modal de fallas y efectos.....	21

1.4.3. Despliegue de la función de calidad .....	21
1.5. Herramientas de análisis del proceso .....	22
1.5.1. Diagrama Causa-Efecto .....	22
1.5.2. Diagrama Pareto - Clasificación ABC.....	22
1.5.3. Análisis de la causa raíz de los problemas .....	23
Capítulo 2: Descripción de la empresa .....	24
2.1. Información general .....	24
2.2. Sector y actividad económica.....	25
2.3. Productos.....	25
2.4. Entidades participantes en el modelo de negocio.....	27
2.5. Canales de venta.....	29
2.6. Organización de la empresa .....	30
2.6.1. Descripción del organigrama.....	30
2.6.2. Descripción de las funciones .....	32
2.6.2.1. Gerencia General .....	32
2.6.2.2. Gerencia de Operaciones .....	32
2.6.2.3. Gerencia Administrativa: .....	33
2.6.2.4. Gerencia de Supply Chain: .....	33
2.6.2.5. Gerencia de SIMA: .....	34
2.6.2.6. Gerencia de Finanzas: .....	34
2.6.2.7. Gerencia de Ventas: .....	34
2.6.3. Clima laboral .....	34
2.6.4. Condiciones laborales operarios .....	35
2.6.5. Beneficios compartidos: .....	35
2.7. Descripción del proceso productivo .....	36
2.8. Instalaciones, maquinarias, equipos y tecnologías de la información.....	41
2.8.1. Instalaciones .....	41
2.8.2. Maquinarias y equipos.....	42
2.8.3. Tecnologías de la información .....	43
Capítulo 3: Análisis y diagnóstico de la situación actual .....	45
3.1. Justificación del área .....	45
3.2. Justificación de la familia.....	47
3.3. Identificación de los problemas de las áreas seleccionadas para la familia de bombas	50

3.3.1. Bajo nivel del OTIF de la empresa .....	51
3.3.2. Baja productividad del sistema productivo generado por el alto nivel de ausentismo .....	54
3.3.3. Productos defectuosos presentes en el sistema productivo .....	58
3.4. Aplicación de la matriz de priorización para identificar el problema principal.....	60
3.5. Análisis de las causas del problema identificado .....	62
3.5.1. Diagrama de causa y efecto .....	64
3.5.2. Identificación de las causas raíz del problema fundamental .....	64
3.5.2.1. Análisis de la baja precisión en la elaboración de los pronósticos .....	66
3.5.2.2. Análisis de la falta de precisión en el Plan Agregado.....	69
3.5.2.3. Análisis de la falta de conocimiento de los requerimientos del cliente .....	70
Capítulo 4: Propuestas de mejora .....	72
4.1. Propuesta 1: Actualización del cálculo de los pronósticos con la aplicación de los métodos de enfoque.....	72
4.1.1. Análisis de patrones de demanda de la familia.....	72
4.1.2. Determinación del método de enfoque de pronósticos.....	80
4.1.3. Plan de sostenibilidad para la Propuesta 1.....	85
4.2. Propuesta 2: Actualización de la MRP, PMP y BOM .....	85
4.2.1. Definición de la BOM, PMP y Registro de inventarios de las cajas de bomba .....	85
4.2.2. Plan de sostenibilidad para la Propuesta 2.....	94
4.3. Propuesta 3: Mejorar la precisión del Plan Agregado del área de moldeo con el uso de una estrategia de planificación .....	95
4.3.1. Análisis de la capacidad de la planta .....	99
4.3.2. Plan de sostenibilidad para la Propuesta 3.....	101
4.4. Propuesta 4: Evaluar los requerimientos del cliente .....	101
4.4.1. Plan de sostenibilidad para la Propuesta 3.....	105
Capítulo 5. Análisis Económico .....	108
5.1. Costo de la implementación de la propuesta .....	108
5.1.1. Plan de capacitación como parte de la propuesta de mejora: .....	108
5.2. Ingresos obtenidos.....	114
5.2.1. Ahorro generado por la eliminación de las moras por incumplimiento de entrega .....	114
5.3. Costo de oportunidad .....	116
5.4. Evaluación de proyecto .....	118

Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones .....	120
6.1. Conclusiones: .....	120
6.2. Recomendaciones.....	122
BIBLIOGRAFÍA.....	124



## Índice de Figuras

Figura 1. Productos de la empresa Fundición S.A.....	26
Figura 2. Mapa relacional de la empresa. ....	29
Figura 3. Organigrama de Fundición S.A.....	31
Figura 4. DOP de la caja de bomba. ....	40
Figura 5. Layout de la planta de Fundición S.A. en El Agustino. ....	42
Figura 6: Pareto para la elección de los principales problemas dentro de la empresa. ....	47
Figura 7: Diagrama ABC del margen de ganancia para cada familia.....	49
Figura 8: Proceso de fabricación de la familia de bombas. ....	50
Figura 9: Proceso de fabricación de la familia SAG.....	50
Figura 10: Evolución del OTIF en el año 2018. ....	52
Figura 11: Evolución del OTIF en el año 2019. ....	52
Figura 12: Evolución del OTIF en el año 2020. ....	53
Figura 13: Diagrama Causa – Efecto del problema “Bajo indicador OTIF en la empresa” ....	63
Figura 14: Demanda mensual agrupada por años de las cajas de bombas.....	73
Figura 15: Demanda trimestral de las cajas de bomba. ....	73
Figura 16: Demanda mensual de los últimos 3 años de las cajas de bomba.....	74
Figura 17: Demanda mensual agrupada por años de los platos de succión. ....	75
Figura 18: Demanda trimestral de los platos de succión. ....	75
Figura 19: Demanda mensual de los últimos 3 años de los platos de succión.....	76
Figura 20: Demanda mensual agrupada por años de los codos de alimentación.....	77
Figura 21: Demanda trimestral del codo de alimentación. ....	77
Figura 22: Demanda mensual de los últimos 3 años de los codos de alimentación. ....	78
Figura 23: Demanda mensual agrupada por años de los impulsores. ....	79
Figura 24: Demanda trimestral de los impulsores. ....	79
Figura 25: Demanda mensual de los últimos 3 años de los impulsores.....	80
Figura 26: Lista de materiales de los codos de alimentación.....	87
Figura 27: Lista de materiales de los impulsores.....	87
Figura 28: QFD de la familia de bombas.....	107

## Índice de Tablas

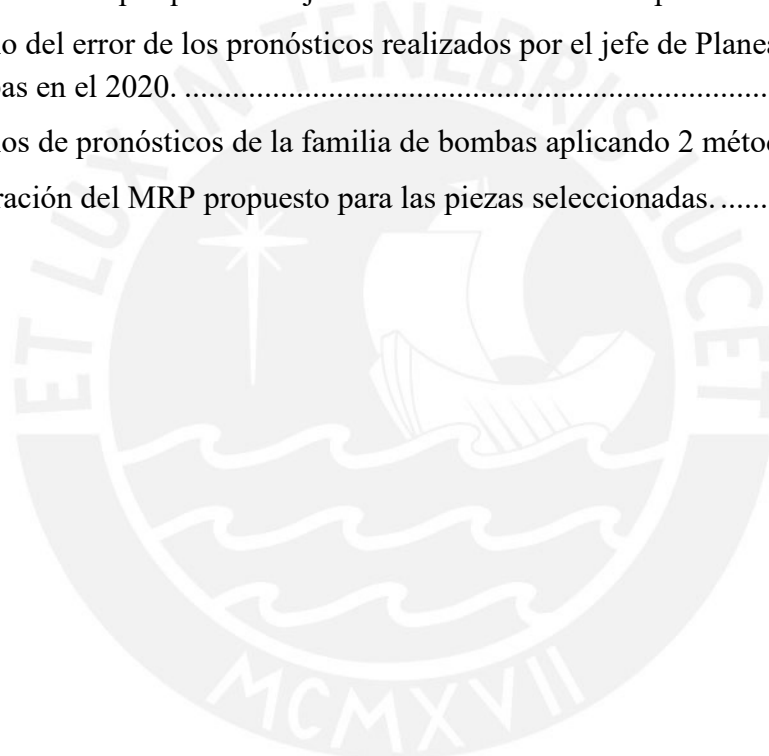
Tabla 1: Listado de piezas fundidas fabricadas según familia.....	27
Tabla 2: Maquinarias según función y área de la sede El Agustino.....	43
Tabla 3: Criterios establecidos para la evaluación de la severidad.....	45
Tabla 4: Criterios establecidos para la evaluación de la ocurrencia.....	46
Tabla 5: Criterios establecidos para la evaluación de la detección.....	46
Tabla 6: NPR de las gerencias evaluadas.....	46
Tabla 7: Margen de ganancia de cada familia de la empresa.....	48
Tabla 8: Moras por atraso de entrega de los últimos meses del 2020.....	54
Tabla 9: Comparación entre la demanda y la producción real del año 2020.....	55
Tabla 10: Comparación entre la productividad real y teórica del 2020 para la familia de bombas.....	56
Tabla 11: Costo de días extras causados por la baja productividad en el 2020.....	57
Tabla 12: Sobrecosto generado por la baja productividad durante el 2020.....	58
Tabla 13: Cálculo del costo incurrido por productos defectuosos en el 2020 para la familia de bombas.....	60
Tabla 14: Ponderación de los criterios.....	62
Tabla 15: Ponderación final de las opciones.....	62
Tabla 16: Resumen de las Causas Raíz luego de aplicar los 5 porqués.....	65
Tabla 17: Demanda real del año 2020 para la familia de bombas.....	67
Tabla 18: Escenario normal pronosticado para la familia de bombas del año 2020.....	67
Tabla 19: MAPE del escenario normal pronosticado para la familia de bombas del año 2020.....	68
Tabla 20: Escenario ácido pronosticado para la familia de bombas del año 2020.....	68
Tabla 21: MAPE del escenario ácido pronosticado para la familia de bombas del año 2020.....	68
Tabla 22: Propuestas de mejora para las causas recurrentes.....	71
Tabla 23: Errores calculados para los pronósticos del 2020.....	81
Tabla 24: Comparación de MAPE del año 2020 utilizando el pronóstico del área de Planeamiento comparado con el Enfoque de Pronósticos Estacional Multiplicativo.....	81
Tabla 25: Pronóstico del año 2021 de la familia de caja de bombas aplicando el método de estacional multiplicativo.....	82
Tabla 26: Cálculo del pronóstico 2021 para los platos de succión utilizando el método de suavización exponencial y estacional multiplicativo.....	83
Tabla 27: Pronóstico del año 2021 de codos de alimentación aplicando el método de estacional multiplicativo agrupado trimestralmente.....	84



Tabla 28: <u>Pronóstico del año 2021 de los impulsores aplicando el método de suavización exponencial y estacional multiplicativo.</u> .....	84
Tabla 29: <u>Criterios para el PMP de los codos de alimentación.</u> .....	88
Tabla 30: <u>Criterios para el PMP de los impulsores.</u> .....	88
Tabla 31: <u>PMP de los codos de alimentación.</u> .....	89
Tabla 32: <u>PMP de los impulsores.</u> .....	89
Tabla 33: <u>Registro de inventarios de los codos de alimentación.</u> .....	90
Tabla 34: <u>Registro de inventarios de los impulsores.</u> .....	90
Tabla 35: <u>Extracto de la MRP de los impulsores.</u> .....	93
Tabla 36: <u>Reporte de liberación de órdenes planeadas para los impulsores.</u> .....	94
Tabla 37: <u>Reporte de liberación de órdenes planeadas para los codos de alimentación.</u> .....	94
Tabla 38: <u>Criterios para elaborar el Plan Agregado del área de moldeo</u> .....	95
Tabla 39: <u>Estrategia 1: Persecución o inventario cero.</u> .....	96
Tabla 40: <u>Estrategia 2: Tasa de producción y fuerza de trabajo constante.</u> .....	97
Tabla 41: <u>Estrategia 3: Contratar y despedir.</u> .....	97
Tabla 42: <u>Estrategia 4: Mixta.</u> .....	98
Tabla 43: <u>Resumen de los costos calculados para cada estrategia.</u> .....	98
Tabla 44: <u>Cálculo de horas necesarias para cubrir la demanda de la familia de bombas.</u> .....	99
Tabla 45: <u>Capacidad del área de moldeo actual comparada con la propuesta.</u> .....	100
Tabla 46: <u>Tiempos muertos calculados para septiembre del 2019.</u> .....	101
Tabla 47: <u>Requerimientos del cliente.</u> .....	102
Tabla 48: <u>Comparación de requerimientos del cliente.</u> .....	103
Tabla 49: <u>Relaciones entre requerimientos y características del diseño.</u> .....	103
Tabla 50: <u>Evaluación de las características de diseño con respecto a la competencia.</u> .....	104
Tabla 51: <u>Matriz de correlación.</u> .....	104
Tabla 52: <u>Costo de capacitación en planificación de la demanda y temas adicionales.</u> .....	109
Tabla 53 - Parte 1: <u>Gantt de la propuesta de mejora para implementar en el 2021.</u> .....	112
Tabla 53 - Parte 2: <u>Gantt de la propuesta de mejora para implementar en el 2021.</u> .....	113
Tabla 54: <u>Costo promedio por caer en mora de incumplimiento en tipo de pieza de la familia bomba.</u> .....	114
Tabla 55: <u>Ingreso en dólares por ahorro en mora de incumplimiento de unidades de tipo de pieza de la familia bomba en el 2020.</u> .....	115
Tabla 56: <u>Datos para el cálculo del COK.</u> .....	117
Tabla 57: <u>Flujo de caja económico de implementación de las propuestas de mejora.</u> .....	119

## Índice de Anexos

Anexo 1: <u>Matriz AMEF de los problemas identificados dentro de la empresa</u> .....	127
Anexo 2: <u>Días de atraso causados en el año 2020.</u> .....	131
Anexo 3: <u>Cálculo de los sobrecostos generados por la baja productividad del sistema productivo de la empresa.</u> .....	132
Anexo 4: <u>Cálculo de los sobrecostos generados por los productos defectuosos de la empresa.</u> .....	133
Anexo 5: <u>Elaboración de la matriz de priorización para los problemas identificados en la empresa.</u> .....	136
Anexo 6: <u>Matriz de los 5 porqués del bajo indicador OTIF de la empresa.</u> .....	142
Anexo 7: <u>Cálculo del error de los pronósticos realizados por el jefe de Planeamiento para la familia de bombas en el 2020.</u> .....	146
Anexo 8: <u>Cálculos de pronósticos de la familia de bombas aplicando 2 métodos.</u> .....	151
Anexo 9: <u>Elaboración del MRP propuesto para las piezas seleccionadas.</u> .....	159



## Introducción

El primer capítulo desarrollará el marco teórico que se utilizará en el presente informe, haciendo mayor énfasis a la planificación de la demanda y pronósticos, también se definirán conceptos relacionados con la planificación de la cadena de suministros como es el caso del MRP, BOM y PMP, entre otros conceptos.

En el segundo capítulo se desarrollará la descripción de la empresa que se estudiará, aquí se presentará el producto, la familia y las áreas de estudio. También se mencionarán los principales clientes y entidades que participan en su modelo de negocio.

En el tercer capítulo se realizará el diagnóstico de la empresa enfocándose en el análisis de las áreas que presentan los problemas representativos, tal es el caso del área de Planeamiento, Producción y Calidad. Estos problemas se identificarán haciendo uso de herramientas como la matriz AMEF modificada, la matriz de priorización, Pareto y el diagrama de causa y efecto.

El cuarto capítulo abarcará el desarrollo de las propuestas de mejora para la reducción de los problemas identificados en el capítulo anterior. Aquí se aplicarán herramientas de planificación como el enfoque de pronósticos y la elaboración de la MRP.

El quinto capítulo tiene como finalidad evaluar si las propuestas desarrolladas son viables para la empresa, para ello se hará uso de herramientas financieras como el COK, la TIR y el VAN, identificando los costos y los ingresos a través de un flujo de caja económico.

Finalmente, en el sexto capítulo se desarrollarán las conclusiones y recomendaciones del informe teniendo en cuenta los resultados finales que se obtengan luego del análisis.

## Capítulo 1. Marco Teórico

En este primer capítulo se definirán todos los conceptos que serán utilizados dentro del informe profesional, con la finalidad de poder comprender previamente algunos términos utilizados en el campo de la Ingeniería Industrial, dentro del cual se verán conceptos relacionados a la Planificación de la demanda, la Gestión de Inventarios y Mejora Continua aplicada en producción.

### 1.1. Planificación de la demanda

Chase y Jacobs (2014) indican que la finalidad de la planificación de la demanda es poder usar con eficiencia el sistema productivo para poder entregar los productos en el tiempo ofrecido.

#### 1.1.1. Naturaleza de la demanda

Según Chase y Jacobs (2014) las fuentes de la demanda pueden ser dependiente e independiente. La primera es aplicable para los productos o servicios cuya demanda se produce a raíz de otro producto, como es el caso de los parabrisas de los autos. En cuanto a la demanda independiente, no se necesita de otros productos para empezar la producción o servicio de uno nuevo.

#### 1.1.2. Patrones de la demanda

Se conoce como patrón de la demanda de un producto o servicio a las repeticiones de la demanda que se dan durante un periodo de tiempo. Según Krajewsky (2000), estos patrones son de los siguientes tipos:

1. Horizontal: La oscilación de los datos alrededor de la media constante.
2. Tendencia: El delta de la media durante un periodo de tiempo, este puede aumentar o decrecer.
3. Estacional: Un incremento o decremento reiterado durante un periodo de tiempo, el cual forma un patrón constante.

4. Cíclico: La repetición de los incrementos o reducción de la demanda en ciclos más largos de tiempo. Este tipo de patrón es difícil de predecir, pues se encuentra influenciado por acontecimientos nacionales o internacionales, como la pandemia.

5. Aleatorio: Una variación no determinada de los datos. Es el resultado de causas fortuitas, por lo que es difícil de pronosticar.

### **1.1.3. Pronósticos**

Según Krajewsky (2000), los pronósticos son utilizados para la planificación de un sistema productivo ya que predicen las situaciones futuras, como la variación de la demanda en un período de tiempo. Los pronósticos pueden ser utilizados a corto, mediano y largo plazo, basándose en modelos matemáticos como también de gráficas. Como lo mencionan Chase y Jacobs (2014) los pronósticos son imprescindibles para la toma de decisiones a largo plazo dentro de una empresa.

### **1.1.4. Enfoque de pronósticos**

Según Chase y Jacobs (2014) los pronósticos se encuentran clasificados en: cualitativos, causales, series de tiempo y simulaciones, sin embargo, los 3 primeros son los más utilizados en la planificación.

#### ***1.1.4.1. Métodos cualitativos***

Este tipo de método se aplica cuando no se cuenta con información cuantitativa suficiente para poder pronosticar, en estos métodos se aplica la experiencia y los métodos de juicio como son las estimaciones del área de ventas, las opiniones de ejecutivos, la investigación de mercado y el método Delphi, mencionado en el libro de Krajewsky (2000).

#### ***1.1.4.2. Métodos causales***

Se hace uso de las regresiones lineales, pues se cuenta con información de años pasados que pueden ser utilizados para estimar la demanda futura, para ello, se necesita de una variable

dependiente que se relacione con una o más variables de la ecuación lineal, con la finalidad de encontrar la curva que se asemeje más a la recta de regresión.

#### ***1.1.4.3. Métodos de series de tiempo***

- Promedio móvil: Este se divide entre simple y ponderado. Para poder utilizar el primer tipo, es necesario contar con una demanda que fluctúe con rapidez y que no se haya identificado como estacional, si se desea calcular el pronóstico de un mes  $n$ , se deberá contar con la información de meses anteriores, el cual determinará el número de periodos a promediar, ya que es una división sencilla entre la suma de los meses que se tiene, sobre la cantidad de periodos. En el caso del promedio móvil ponderado, se deberá asignar un peso ponderado a cada mes que tengamos como información, la suma de estos pesos siempre debe ser igual a 1.
- Suavización exponencial: Se define como la técnica de pronóstico más común, pues es el método más preciso. Para poder hacer uso de este método se deberá conocer el pronóstico y la demanda más reciente, y una constante alfa. Esta constante dependerá de la velocidad del crecimiento, pues mientras más alta sea esta, más alto será el índice de reacción.
- Estacionales: Se utiliza el método estacional multiplicativo para la demanda que siga un patrón estacional. Para hacer uso de este método se deberá conocer la demanda promedio de cada estación, también se deberá conocer el índice de estacionalidad, el cual se calcula dividiendo la demanda de cada estación sobre la demanda promedio, se deberá de sumar cada índice calculado para luego dividirlo sobre el número de periodos analizados, finalmente, el pronóstico de cada periodo a analizar se calcula multiplicando el índice estacional por la demanda promedio de estación previa.

### 1.1.5. Error de pronósticos

Para poder decidir cuál es el método adecuado que se utilizará para determinar la demanda de los periodos futuros, se deberá determinar el error para cada pronóstico calculado. Para poder realizar un cálculo básico del error de un pronóstico, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$E_t = D_t - F_t$$

Donde D es la demanda real del periodo de tiempo pronosticado y F es el pronóstico calculado. Otros indicadores utilizados para el cálculo del error son los siguientes:

- CFE: Se calcula con suma de los errores de los pronósticos.

$$CFE = \sum E_t$$

- MSE: Error cuadrático medio, el cual determina la variación de los errores.

$$MSE = \frac{\sum E_t^2}{n}$$

- MAD: Desviación media absoluta, mide la misma variación que el MSE, pero lo hace de forma absoluta.

$$MAD = \frac{\sum |E_t|}{n}$$

- MAPE: Error porcentual medio absoluto, es utilizado para medir el error con respecto a la demanda.

$$MAPE = \frac{(\sum \frac{|E_t|}{D_t}) \times 100}{n}$$

### 1.2. Planificación de la cadena de suministro

Se realiza con la finalidad de poder cumplir con las necesidades del cliente en el tiempo ofrecido, reduciendo los inventarios y controlando los índices de producción. Tal como lo mencionan Chase y Jacobs (2014) “La planificación de ventas y operaciones se creó en las

empresas para hacer referencia al proceso que ayuda a mantener un equilibrio entre oferta y demanda”

### **1.2.1. Plan agregado**

Según lo mencionado por Chase y Jacobs (2014), el plan agregado tiene como principal objetivo identificar los niveles correctos de mano de obra, inventario y producción, que permita reducir los costos dentro de un periodo de tiempo.

Krajewsky (2000) menciona que existen 3 tipos de estrategias de planificación, los cuales son:

- Estrategia de persecución: Se trabaja con mano de obra cambiante, se realizan despidos cuando hay baja demanda y se contrata personal cuando esta aumenta. Para poder asegurar el éxito de esta estrategia, será necesario contar con personal cuya curva de aprendizaje sea corta y se adapten rápidamente al equipo de trabajo.
- Estrategia al nivel de utilización: Se trabaja con mano de obra constante, se hace uso de las horas extras cuando la demanda aumenta y se puede hacer uso de vacaciones pagadas cuando esta baja.
- Estrategia al nivel de inventario: Se trabaja generando stock en los meses de demanda baja, para poder cumplir con los meses de gran demanda sin tener que trabajar horas extras o contratar personal.

Adicionalmente, se cuenta con la estrategia de planificación mixta, la cual es una fusión de las 3 estrategias mencionadas, por ejemplo, se puede trabajar con subcontratos que solo se apliquen cuando la demanda es alta, sin incluirlos en planilla.

### **1.2.2. MRP**

Como lo indican los autores Chase y Jacobs (2014), la MRP ahora es necesario en todo tipo de empresa, no solamente en las grandes como solía hacerse, también las pequeñas y



medianas han recurrido a esta herramienta de planificación debido a que agiliza realizar los pedidos de insumos y materiales requeridos para el sistema productivo.

Es importante aclarar que es aplicable para insumos de productos dependientes donde se tiene claro que cantidad se fabricará, ya que, si se trata de realizar para productos independientes, los requerimientos serán irregulares y se podría incurrir en errores de planificación. Las MRP también ayudan a poder reducir y controlar los inventarios, ya que se ordena únicamente lo que se necesitará para una demanda ya establecida o proyectada, evitando acumulación en los almacenes si es que la planificación se hace correctamente, por ello, la MRP debe trabajarse juntamente con el PMP.

Se debe tener en cuenta que las MRP funcionan adecuadamente en industrias que tienen más de un tipo de producto y que lo fabrican en grandes cantidades, pero con el mismo equipo de producción.

#### **1.2.2.1. PMP**

La principal entrada para un PMP es la demanda, la cual puede darse a través de órdenes de compra ya establecidas o por un pronóstico realizado, en caso de darse lo segundo, este deberá ser lo más exacto posible, ya que se usará para determinar la cantidad a producir en un periodo determinado.

También es importante que el programador cuente con las prioridades en caso se deba planificar la producción de más de un artículo. Si bien este plan debe garantizar el cumplimiento de la demanda, se debe tener en cuenta que este puede modificarse en el transcurso de su aplicación por motivos como escasez de insumos, cambio de prioridades o factores externos a la empresa que puedan afectar directamente a la producción, como ha sido el caso de la pandemia, por lo que el PMP se encuentra en constante cambio hasta que finalice con la producción requerida.

De igual manera, el programador deberá garantizar la viabilidad de este plan para que no afecte al MRP ya establecido, para ello, deberá identificar los problemas que pueda haber en la empresa y que afecten directamente al PMP para poder solucionarlos rápidamente.

#### ***1.2.2.2. BOM***

Es un diagrama que se realiza a partir de los componentes necesarios para la fabricación de un producto. Este diagrama es secuencial, ya que en el nivel inferior se encuentra el primer insumo o material que entrará a producción, a medida que se va subiendo de nivel se van ensamblando estos insumos con otros hasta finalmente lograr el ensamble final del producto demandado. El BOM es una entrada para la MRP, con él se puede saber la cantidad de cada insumo que deberá ordenarse para cumplir con la producción.

#### ***1.2.2.3. Registro de inventarios***

Este registro es un input importante para desarrollar la MRP, en este se detalla el lead time de los insumos requeridos, las unidades de medida, la política del tamaño de lote que maneja el proveedor, el stock de seguridad, el inventario inicial, las recepciones programadas, los requerimientos brutos, recepciones y emisiones planeadas de pedido. El periodo de tiempo que se maneja para este registro debe ser el mismo que el PMP. Con este registro, se puede llevar el correcto control de los inventarios y de los insumos requeridos para la producción.

#### **1.2.3. Reporte de salida del MRP**

El principal reporte de salida de la MRP es la explosión del PMP y la generación de informes de capacidad, como la planificación de requerimientos de capacidad (CRP), en el cual se detalla la cantidad de mano de obra que será necesaria para cada puesto de trabajo; y la planificación de recursos de manufactura (MRP II), el cual relaciona la MRP con los sistemas de la empresa, tales como el financiero.

### **1.3.Gestión de inventarios**

Como mencionan Chase y Jacobs (2014), la gestión o control de inventarios dentro de una empresa se realiza con la finalidad de mejorar el desempeño financiero de esta, para ello se puede hacer uso del indicador de rotación de inventarios, en la cual mide la relación entre el costo de la venta de bienes y el valor promedio del inventario, mientras más elevado sea este indicador, mejor será la gestión de inventarios que realiza la empresa.

#### **1.3.1. Clasificación ABC**

Se dividen en 3 grupos a las piezas de un inventario, el grupo A representa aquellas piezas con un valor monetario alto, el grupo B un valor regular y el grupo C un valor bajo, se realiza una clasificación considerando el valor monetario y no el volumen de piezas, debido a que puede haber inventario de un producto caro, pero de bajo volumen que no iguala a piezas con mayor volumen, pero menor valor.

#### **1.3.2. Stock de seguridad**

Se puede definir como la cantidad adicional a la demanda esperada que se pide de un artículo para poder cubrir algún cambio de la demanda o prioridad dentro del programa de producción, como también a eventos que puedan afectar el tiempo de entrega de los proveedores. Para poder definir la cantidad de inventario de seguridad es necesario conocer criterios como la variabilidad de la demanda y el plazo de entrega a los clientes, también se deben manejar enfoques de probabilidad.

#### **1.3.3. Costos relacionados con el inventario**

A continuación, se detallan todos los costos en los que se incurre al cambiar el tamaño de inventario según Chase y Jacobs (2014).

- Costos de mantenimiento: Se incluyen costos como seguros, desperdicios, depreciación y costo de oportunidad.
- Costos de preparación: Son costos relacionados con el cambio de producción.

- Costo de pedidos: Son los costos administrativos que se generan para preparar una orden de compra, tales como los costos para el sistema ERP de control de la producción que permita identificar en donde se encuentra la pieza para despacho.
- Costos de faltantes: Se da cuando no se llega a cumplir con una orden por falta de piezas, es por ello que previo a comenzar una orden se deberá decidir si se toma el riesgo de producir un sobre stock o se produce la cantidad necesaria, lo cual puede producir el costo de faltantes en caso de presentarse un producto defectuoso.

#### **1.4.Herramientas de mejora continua**

Se definirán las herramientas de mejora continua que pueden ser utilizadas dentro de un sistema productivo con la finalidad de mejorar el lead time de los procesos.

##### **1.4.1. Teoría de restricciones**

La teoría de restricciones o mayormente conocida como TOC, se encarga de identificar y administrar los cuellos de botella dentro de un proceso productivo, de tal manera que permite maximizar el uso de la capacidad de una empresa con la finalidad de poder atender mayor demanda sin causar retrasos en las entregas.

Krajewsky menciona que los pasos para poder realizar una correcta aplicación de esta herramienta son los siguientes:

1. Identificar los cuellos de botella: Las restricciones de una empresa pueden ser internas o externas, por lo cual, lo primero a realizar para aplicar esta herramienta es la identificación de estas restricciones que afectan la capacidad.
2. Explotar los cuellos de botella: Se debe buscar maximizar la capacidad de la empresa para lo cual se deberá maximizar la producción de los cuellos de botella.
3. Subordinar las decisiones a los cuellos de botella: El ritmo de trabajo del proceso deberá adecuarse al o a los cuellos de botella, de tal forma que no se acumule inventario en la entrada de estas restricciones.

4. Elevar los cuellos de botella: Se deberá incrementar la capacidad del cuello de botella siempre y cuando la aplicación de los pasos anteriores no haya incrementado el nivel de producción.
5. Comenzar nuevamente: Se deberá volver a aplicar esta herramienta una vez que se haya logrado mejorar la producción, pues es probable que otra operación se haya vuelto la restricción del sistema.

La aplicación del TOC ayuda a decidir el mix de productos a fabricar en una empresa, procurando cumplir con la demanda de todos en los tiempos ofrecidos al cliente maximizando el uso de recursos y la capacidad de la empresa.

#### **1.4.2. Lean Manufacturing**

La aplicación del lean manufacturing tiene como objetivo que el sistema produzca solo lo necesario, cuando se necesita y utilizando la mínima cantidad de recursos, lo cual se traduce a cero defectos.

##### ***1.4.2.1. Just in Time***

El objetivo de la aplicación de un sistema JIT es eliminar el desperdicio dentro de un proceso, buscando eliminar aquellas actividades que no agregan valor. El JIT busca la mejora de un sistema, el cual pueda producir las piezas necesarias en el tiempo necesario permitiendo un flujo continuo de producción, evitando la acumulación de inventarios y los desperdicios en la línea.

La precisión de los pronósticos es indispensable para poder aplicar esta filosofía, de lo contrario se podría generar sobre stock o quiebre de stock, afectando el nivel de servicio de la empresa.

##### ***1.4.2.2. Sistema Kanban***

Se utiliza para controlar el flujo de la producción en la fábrica. Es conocido por hacer uso de tarjetas para poder controlar el flujo de fabricación. El sistema se basa en contenedores

los cuales llevan una tarjeta donde se indica la necesidad de producción en un periodo determinado, estos contenedores deben de tener la cantidad de piezas que indica la tarjeta, cuando el contenedor se encuentra vacío, debe ser devuelto al proceso anterior junto a la tarjeta que indique la cantidad a reponer para que vuelva a ser ingresado a la línea de producción. Para que la aplicación de este sistema funcione correctamente se debe asegurar que cada contenedor cuente con una tarjeta en todo momento.

El cálculo de la cantidad de contenedores a utilizar dentro del sistema se debe realizar para evitar la acumulación de inventario en cada estación de trabajo, para ello se debe conocer la demanda promedio durante el tiempo de entrega, el inventario de seguridad para poder cubrir la demanda sin atrasos y la cantidad de unidades que se colocarán en cada contenedor, esto se aplicará de acuerdo con la siguiente fórmula que Krajewsky menciona en su libro:

$$K = \frac{\text{Demanda promedio durante el tiempo de entrega} + \text{Inventario de seguridad}}{\text{Cantidad de unidades por contenedor}}$$

K= número de contenedores

#### ***1.4.2.3. Análisis modal de fallas y efectos***

La matriz AMEF es utilizada para poder identificar las potenciales fallas dentro de una empresa o un sistema productivo que se ven ligadas al cliente con la finalidad de poder definir controles que impidan o reduzcan la probabilidad de que estos errores ocurran. Existen tres tipos de AMEF, el de diseño, proceso y sistema; el primero se enfoca netamente a los componentes de un producto y su desarrollo, para evitar problemas al inicio de su fabricación; el de proceso se utiliza para identificar las fallas que puedan ocurrir en las operaciones de un sistema productivo, mientras que el de sistema analiza todas las relaciones entre las áreas para asegurar el funcionamiento de la empresa.

#### **1.4.3. Despliegue de la función de calidad**

Es una herramienta utilizada para conocer las necesidades del cliente y convertirlas en datos técnicos para el sistema productivo. También se utiliza para conocer mejor a la

competencia, saber cómo los ve el cliente bajo su perspectiva o incluso comparar los productos de una empresa con otra, de esta manera se puede ganar ventaja competitiva en el mercado.

### **1.5. Herramientas de análisis del proceso**

Se describirán las herramientas que serán utilizadas para poder realizar el análisis de las posibles problemáticas que se encuentren dentro del proceso productivo.

#### **1.5.1. Diagrama Causa-Efecto**

Este tipo de diagramas son utilizados para identificar causas que posiblemente estén relacionadas a un problema dentro de una empresa, es también conocido como el diagrama de espina de pescado, dado que en la cabeza se ubica el problema que se desea analizar, en las espinas principales se indican las causas identificadas y en las espinas más cortas se colocan las subcausas. Antes de realizar este diagrama es recomendable aplicar una lluvia de ideas, en donde se identificarán las posibles causas del problema y se agruparán en categorías, las más usadas son mano de obra, maquinaria, materia prima, método, medio ambiente y personas, de igual manera se puede hacer uso de las categorías que se vea conveniente durante la aplicación de la herramienta.

#### **1.5.2. Diagrama Pareto - Clasificación ABC**

Se utiliza para definir el orden de prioridad para los problemas identificados en un proceso. También es conocido como la regla de 80-20, pues como lo menciona Krajewsky, el 80% de una actividad es causada por el 20% de los factores.

En un diagrama Pareto se colocan las posibles causas de un problema en el eje X en orden decreciente, mientras que el eje Y se encuentra dividido, en el lado derecho se encuentra el porcentaje acumulado de cada factor y en el lado izquierdo se encuentra la frecuencia de este factor en un tiempo determinado. Este diagrama es de ayuda para poder reconocer los problemas que más afectan a un proceso de manera sencilla, haciendo que la reacción para poder solucionarlos sea rápida.

### **1.5.3. Análisis de la causa raíz de los problemas**

También conocido como los 5 porqués, tiene como objetivo identificar la causa raíz de un problema, realizando preguntas hasta poder llegar a ella. Es aplicable para poder resolver problemáticas de cualquier tipo.





## Capítulo 2: Descripción de la empresa

En este capítulo se dará a conocer a la empresa que se analizará en este presente informe, se especificará el rubro de la empresa, los productos y procesos productivos por los cuales pasará la materia prima hasta su venta final. A la vez, se hablará de cómo se encuentra organizada la empresa y con qué instalaciones cuenta.

### 2.1. Información general

La empresa elegida para el presente trabajo, la cual llamaremos “Fundición S.A.” para mantener la confidencialidad de la empresa, es una fundición de acero que se enfoca en la manufactura de bolas fundidas, bolas laminadas y piezas de acero, las cuales son empleadas en los mantenimientos preventivos y correctivos de la industria minera.

Se considera una gran empresa, pues tiene alrededor de 500 trabajadores entre sus dos sedes, las cuales quedan en El Agustino y Chilca, y porque sus ventas anuales superan las 2300 UIT. La empresa tiene una posición estable en el mercado, ya que anualmente recibe órdenes de fabricación de sus principales clientes como Hudbay, Antamina y SPCC, quienes reconocen la calidad de sus productos.

- Misión:

Ofrecer productos de calidad que satisfagan las necesidades de sus clientes y cumplan sus expectativas, permitiendo el incremento de la fidelidad.

- Visión:

Ser reconocidos como líderes en el sector metalúrgico a nivel nacional promoviendo la empleabilidad, brindando oportunidades de crecimiento a sus colaboradores y reduciendo el impacto ecológico generado por sus operaciones, lo cual contribuye al desarrollo sostenible de la empresa.

## 2.2. Sector y actividad económica

La empresa se encuentra considerada dentro del sector de manufactura, específicamente dentro del rubro de metalmecánica por el tipo de proceso de producción que realiza, el cual involucra maquinaria industrial y el principal insumo que es el acero, siguiendo la clasificación CIIU C 2431. La empresa se desarrolla también dentro del sector minero pues ellos son sus clientes, se sabe que este sector se encuentra en constante crecimiento a pesar de la coyuntura actual del país. Según un artículo publicado por Deloitte (Gustavo, 2021) a finales del año 2020, este sector cerró positivamente, registrándose un alza en los volúmenes de producción para metales como el cobre, oro, zinc, hierro y molibdeno. A la vez, el artículo precisa el inicio de nuevos proyectos durante este año, donde se menciona a uno de los principales clientes de la empresa, Yanacocha. Este escenario genera altas expectativas para la empresa, pues su volumen de ventas incrementará en la misma ratio que el aumento de producción en la minería, lo que asegurará la continuidad de la empresa.

## 2.3. Productos

Fundición S.A. produce bolas laminadas y fundidas, las cuales son usadas en su mayoría en las chancadoras y molinos de las minas para poder triturar adecuadamente los minerales extraídos.

A la vez, fabrica piezas de acero fundido las cuales se dividen en 7 familias, las cuales son:

- SAG: En esta familia se encuentra a las parrillas, shells, outers y pulps, todos de las variantes SAG. Estos son utilizados en los molinos semiautógenos mayormente conocidos como molinos SAG, los cuales trituran directamente el material para reducir su tamaño y pueda seguir el proceso de molienda (METSO Minería, 2021).
- Bar Mill: Dentro de esta familia se encuentran shells y outers de categoría bar mill. Este tipo de maquinaria es utilizada para la fabricación de bolas de acero.

- Molino Vertical: Se divide en tres productos, los grinding rollers, los segmentos y los vertimill. Estos molinos cumplen una función parecida a los molinos SAG, también se encargan de triturar minerales en las minas.
- Chancadora Primaria: Se encuentran piezas como los lowers, middles, uppers, cóncavos y muelas. Usualmente estas chancadoras tienen forma de cono para lo cual se necesita ensamblar el lower, luego el middle y por último el upper. Este ensamble se realiza en las mismas minas, pues son piezas de gran tamaño.
- Bombas: En esta familia se encuentran las cajas de bomba, platos de succión, codos de alimentación e impulsores. Estas piezas se encargan de recubrir los sistemas de bombeo, así como también ser parte de este.
- Zapatas: Se divide en zapata chica y grande, sirven para reforzar el rodaje de la maquinaria minera.
- Piezas Chicas: Son piezas de menor tamaño cuyo peso oscila entre 1 kg a 20 kg como máximo y son usados para varios fines en la industria minera.

En la Figura 1, se muestran los productos más representativos de la empresa y en la Tabla 1 se muestran los tipos de piezas por familias.



*Figura 1.* Productos de la empresa Fundición S.A.

*Fuente:* Fundición S.A.

Tabla 1

*Listado de piezas fundidas fabricadas según familia.*

<b>Familias</b>	<b>Tipos de piezas</b>
SAG	SAG - parrilla
	SAG - shell
	SAG - outer
	Sag-pulp
Bar mill	Bar mil - shell
	Bar mill - outer
Molino vertical	Grinding roller
	Segmentos
	Vertimill
Chancadora primaria	Lower
	Middle
	Upper
	Concavos
	Muelas
Bombas	Cajas de bomba
	Platos de succión
	Codos de alimentación
	Impulsor
Zapatatas	Zapata chica
	Zapata grande
Piezas chicas	Piezas chicas

*Fuente: Fundición S.A.*

#### **2.4. Entidades participantes en el modelo de negocio**

- La empresa: La Gerencia General se encuentra participando activamente en la mejora continua del proceso productivo.

- Colaboradores: Fundición S.A. cuenta con personal calificado para realizar adecuadamente las funciones correspondientes de cada área asegurando la calidad final de sus productos, para ello, la empresa invierte en capacitaciones y en la estabilidad del clima laboral.

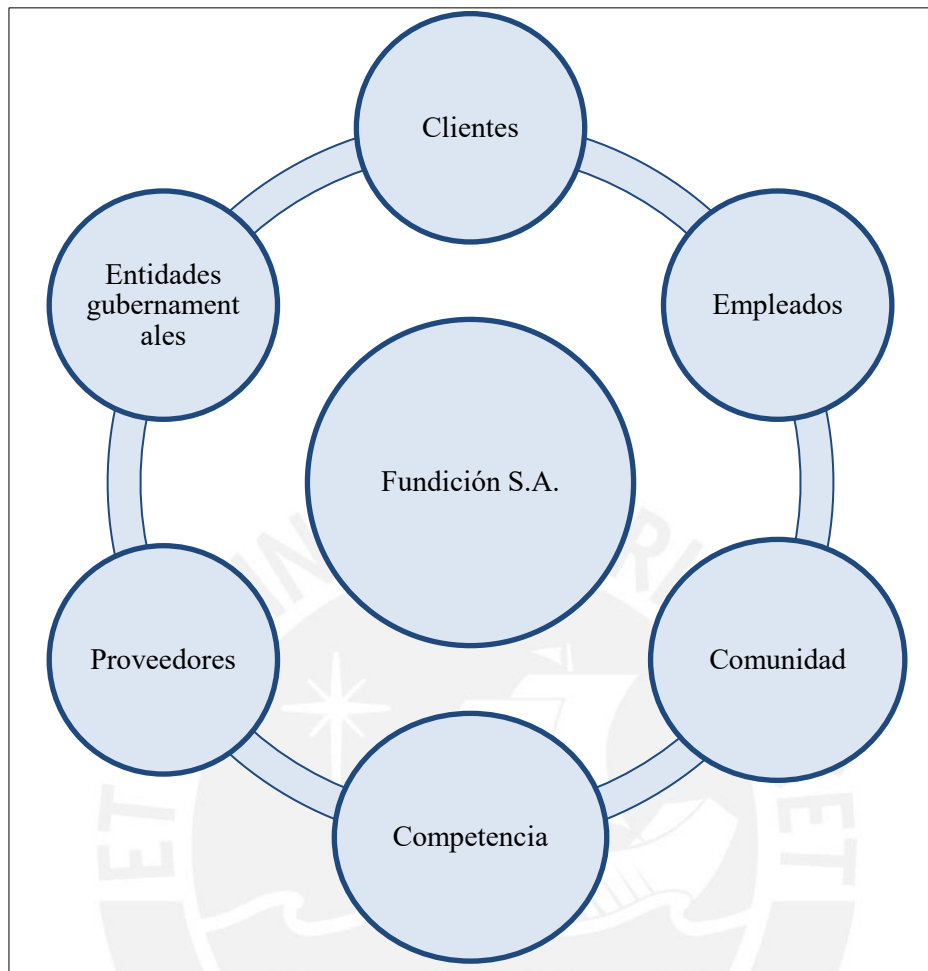
- Clientes: La empresa tiene como principales clientes a las minas del Perú y del extranjero quienes tienen necesidades exigentes, pues cada pieza fabricada debe cumplir con las especificaciones técnicas de cada cliente.

- Entidades gubernamentales: La OEFA suele visitar semestralmente a la empresa de manera aleatoria para poder medir los niveles de contaminación en el aire debido a que se realiza la quema de químicos que son altamente contaminantes. De igual manera, la empresa se encarga de cumplir con todas las normas del sector establecidas por ley.

- Proveedores: Fundición S.A. se encuentra en la búsqueda constante de proveedores que puedan cumplir con los leads times requeridos para asegurar el nivel de servicio dentro de la empresa, como también de precios que le permitan seguir siendo competitivos en el mercado, pero, sobre todo, se enfoca en buscar proveedores que tienen valores similares a la empresa, entre ellos el más importante, la ética profesional. La empresa cuenta con proveedores de arena, chatarra, resina, catalizadores, entre otros.

- Comunidad: Es una entidad participante importante dentro del modelo de negocio, debido al sector en que se desarrolla. Como se mencionó, la empresa tiene niveles altos de contaminación debido al tipo de proceso de producción, por lo cual, debe mantener una buena relación con la comunidad que rodea la empresa, en especial con las personas que viven en El Agustino, para evitar quejas ante las entidades públicas y para no afectar su calidad de vida.

Se elabora la Figura 2 para representar a las entidades participantes en el modelo de negocio.



*Figura 2.* Mapa relacional de la empresa.

*Fuente:* Fundición S.A.

## 2.5. Canales de venta

Venta directa: Fundición S.A. realiza sus ventas luego que los clientes contactan con el área de ventas. La empresa ya tiene definida una cartera de clientes, lo cual se debe a la fidelización que se ha logrado a través de los años. La empresa cuenta con una sucursal en Chile, lo que ha permitido poder expandir la oferta de sus productos y poder atender al mercado nacional y extranjero. La mayoría de sus productos suele mantener una tendencia estacional a lo largo del año, debido a que las paradas en mina de cada cliente suelen repetirse. Se cuenta

con un área de customer service, cuya principal función es realizar el seguimiento de la producción y poder dar fechas reales a los clientes para no afectar el nivel de servicio.

## **2.6. Organización de la empresa**

Se describirá como se encuentra organizada la empresa, como también cuales son las funciones principales de cada área dentro de ella y el clima laboral que se percibe.

### **2.6.1. Descripción del organigrama**

Se realizará el análisis de la sede de Lima, pues es ahí donde se realiza la fabricación de las piezas de acero. Se puede apreciar que la organización sigue una estructura vertical, esto debido a que los procesos operacionales cuentan con áreas divididas y con un supervisor independiente para cada área. Así mismo, cuentan con líderes y con operarios en cada área, cada uno sabe a quién debe reportar según la jerarquía asignada.

También se puede considerar como una estructura funcional por el tipo de actividades que realizan, las cuales son especializadas, lo que muchas veces ha llevado a una mala comunicación entre áreas debido al lenguaje técnico que algunos manejan.

Por el contrario, en las áreas estratégicas se encuentran con personas de la misma carrera o afines, lo cual ayuda a mejorar la eficiencia del área, pues todos tienen una noción básica de las actividades que cada uno realiza.

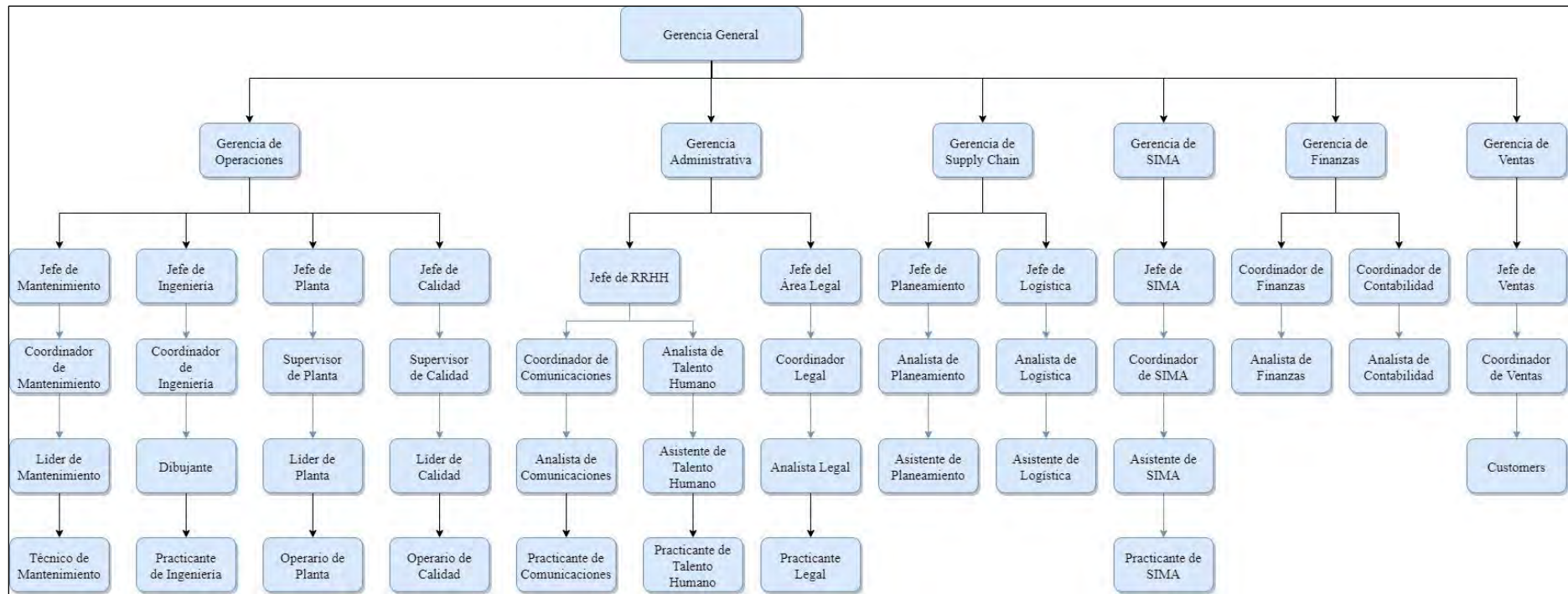


Figura 3. Organigrama de Fundación S.A

Fuente: Fundación S.A.



## **2.6.2. Descripción de las funciones**

Se mencionarán las funciones principales dentro de las áreas que se encuentran en la empresa.

### **2.6.2.1. Gerencia General**

La Gerencia General se encuentra a cargo de las sedes de Chilca y El Agustino. La función principal del puesto es la supervisión de las operaciones generales y toma de decisiones de toda la compañía. Todas las gerencias le reportan directamente, así como también los jefes de cada área, para asegurar una correcta comunicación.

### **2.6.2.2. Gerencia de Operaciones**

Se encuentra dividida en las siguientes áreas:

- **Área de Mantenimiento**

La función principal del área es asegurar la continuidad de las máquinas que se encuentran en la planta, para ello, se realizan dos tipos de mantenimientos según corresponda: preventivos y correctivos. Cada año el área presenta el Plan Anual de Mantenimiento en donde se especifican los días en donde se realizarán los mantenimientos preventivos para que las áreas involucradas puedan tener en cuenta el tiempo que se tendrá inhabilitada la maquinaria. Así mismo indican el mes en que se realizará la parada de planta, la cual suele ser entre el mes de octubre y noviembre. Esta área tiene una organización vertical, sin embargo, los operarios pueden informar directamente al jefe del área cuando sea necesario.

- **Área de Ingeniería**

El área de Ingeniería se encarga del diseño y la mejora continua de las piezas de acero. También está encargada de coordinar directamente con el jefe de planta para verificar que las operaciones se estén realizando correctamente y de acuerdo con los procedimientos de trabajo establecidos.

- Área de Calidad

El área de Calidad tiene la función de realizar los ensayos correspondientes a las piezas de acero durante la ejecución y finalización del proceso de producción. Adicionalmente se encarga de atender a los inspectores de los clientes para asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas solicitadas.

- Área de Operaciones/Planta

Es el área principal de la empresa que se encargan de la producción de las piezas de acero. Esta área se subdivide en cuatro: el área de moldeo y fundición, el área de tratamiento térmico, el área de acabados y el área de maquinado. Donde cada área tiene un supervisor asignado para cada uno de los 2 turnos diarios.

#### **2.6.2.3. Gerencia Administrativa:**

Se encuentra subdividida entre el área de RRHH y el área Legal. El área de RRHH está en constante búsqueda de talentos que se integren de manera adecuada a los puestos que se tienen dentro de la empresa. Asimismo, se encargan de las compensaciones y los planes de responsabilidad social que la empresa organiza durante el año. Con respecto a la parte de comunicaciones, se tiene como función principal divulgar los comunicados de la compañía a todos los trabajadores, como también las ratios de desempeño y las noticias que involucren a la empresa en general. En cuanto al área Legal, se enfoca en brindar respaldo a la compañía en lo relativo a los asuntos legales o jurídicos donde se haya visto involucrada la compañía como, por ejemplo, en el caso de incumplimiento de contratos.

#### **2.6.2.4. Gerencia de Supply Chain:**

Esta gerencia tiene a su cargo 2 áreas: el área de planeamiento y el área de logística. En el área de planeamiento se encuentran los programadores de producción quienes son asistentes encargados del seguimiento de producción y lo miden con indicadores como el OTIF. Por otro lado, el analista se encarga de realizar el seguimiento del consumo de la materia más importante

y costosa del proceso productivo como es el caso de la arena y la chatarra. Ambos puestos reportan directamente al jefe de planeamiento. En cuanto al área de logística, también se encuentra conformado con analistas y asistentes, quienes están a cargo de las compras de insumos y materias primas que se utilizarán durante el proceso. Así como también están a cargo de buscar precios más competitivos del mercado y de evaluar constantemente a los proveedores.

#### ***2.6.2.5. Gerencia de SIMA:***

Esta área está encargada de monitorear y asegurar el correcto cumplimiento del proceso productivo según los estándares ya establecidos para el rubro. Los asistentes y practicantes tienen como función recorrer a diario la planta para confirmar que todos los trabajadores se encuentren cumpliendo con los procedimientos de seguridad y no infringiéndolos.

#### ***2.6.2.6. Gerencia de Finanzas:***

Se encuentra dividido en el área de contabilidad y el área de finanzas, ambas áreas trabajan a la par para poder administrar adecuadamente los recursos económicos y financieros de la empresa.

#### ***2.6.2.7. Gerencia de Ventas:***

Está encargado de generar y administrar las órdenes de ventas que se realizan a los clientes. Realizan seguimiento y coordinación constante con el área de operaciones para verificar las fechas de entrega. Además, tiene como objetivo la captación y fidelización de nuevos clientes.

### **2.6.3. Clima laboral**

La información brindada en este punto incluye a todos los trabajadores de planilla y a los practicantes que están contratados de acuerdo con el convenio de cada una de sus universidades o institutos.

- Horario laboral

El horario de trabajo todo personal administrativo que se encuentra en planilla es de 8 a.m. hasta las 5 p.m., mientras que los practicantes deben cumplir con un horario laboral de 8 a.m. a 4 p.m. Todos cuentan con una hora de refrigerio, debido a la coyuntura.

- Equipo brindado

Al ingresar a la empresa, se les entrega los EPP's requeridos para poder ingresar a la planta. Adicionalmente, a cada uno de ellos se les otorga una laptop o computador de escritorio y en casos específicos se les hace entrega de un celular, el cual cuenta con línea totalmente pagada por la empresa. Debido a la coyuntura actual, todo el personal se le hace entrega de mascarillas al ingresar y salir, por temas de prevención y cuidado.

#### **2.6.4. Condiciones laborales operarios**

- Horario laboral

Existen dos turnos de trabajo, el primero inicia a las 7 a.m. y concluye a las 4:36 p.m., el segundo turno ingresa 9 p.m. y termina a las 6:36 a.m. En cuanto al horario de almuerzo, los operarios cuentan con 45 minutos y luego deben de retornar a sus actividades, su horario es de 11 a.m. a 12 p.m. y de 1 a.m. a 2 a.m.

- Equipo brindado

Se entrega los EPP's necesarios para cada tipo de actividad que se realiza en la empresa y esto varía dependiendo el área donde se encuentren. A la vez, se les otorga toallas y casilleros para que puedan asearse luego de terminar sus labores.

#### **2.6.5. Beneficios compartidos:**

- Seguros de vida

Todo personal cuenta con seguro contra accidentes de Rímac Seguros.

- Alimentación

La alimentación es subvencionada para todos los trabajadores, para lo cual solo se debe hacer un pago de 50 céntimos. Durante el año pasado cuando la situación en el país no era estable, se ofrecía desayuno y almuerzo gratis a todos sus colaboradores como muestra de apoyo ante la situación.

- Educación

Como búsqueda del desarrollo profesional de sus colaboradores y como parte del sistema de gestión de conocimientos, la empresa otorga semestralmente cursos totalmente gratuitos en institutos como Senati y Cibertec. También brindan capacitaciones dentro de planta para que los operarios puedan mejorar continuamente sus actividades.

- Recreación

La empresa contaba con un espacio recreacional donde tenía juegos de mesa como ping pong y se organizaba torneos de confraternidad para poder mejorar el clima laboral, por la pandemia se tuvo que clausurar esta área para evitar los contagios dentro de la empresa.

- Movilidad

La empresa ofrece movilidad de acercamiento para todos sus colaboradores, pero está principalmente dirigida para el personal operativo.

## **2.7. Descripción del proceso productivo**

El proceso de producción de las piezas dentro de la familia de bombas se encuentra dividido en 10 operaciones:

- Habilitado de modelo: El proceso productivo inicia con el habilitamiento de los modelos de madera. La empresa cuenta con el área de modelería donde se tienen 2 almacenes de modelos los cuales se dividen entre modelos grandes y medianos. El área de PCP hace entrega de los programas de producción con 2 días de anticipación a esta área porque el habilitamiento suele tomar entre 1 a 2 días, dependiendo del tamaño.

Una vez que se ubican los modelos requeridos, se le realizan mediciones, inspección visual y mantenimiento previo al inicio de moldeo, en caso de ser un nuevo modelo y que recién haya sido traído por un proveedor o fabricado en la misma área, este debe pasar por una etapa de moldeo de prueba antes que Ingeniería los libere. El modelo habilitado es dejado en la zona de moldeo un turno antes de lo programado por PCP.

- Moldeo: En esta etapa se realiza el moldeo de las piezas con arena sílice, la cual se encuentra mezclada con la resina y el catalizador. Los operarios comienzan a llenar los modelos con esta mezcla y dejan fraguar entre 1 hora a hora y media antes de desmoldarla. El molde de arena es llevado a la zona de pintado donde se recubre con pintura especial la cual evita que el metal fundido se mezcle con la arena. Finalmente, se le colocan las almas correspondientes, se tapa y se lleva a la zona de fundición.
- Fundición: Los moldes de arena ya tapados se fraguan entre 8 a 24 horas dependiendo del tamaño de la pieza, luego son posicionados para que puedan ser vaciados. Para realizar esto, el área de acería se encarga de fundir el metal que corresponde a cada cliente y tipo de pieza, lo cual es indicado en el programa de PCP siguiendo las especificaciones técnicas del área de Ingeniería. La operación de fundición del metal suele tomar entre 3 a 4 horas, mientras que el vaciado toma alrededor de un minuto, se debe asegurar la continuidad de la colada para evitar desperfectos en las piezas.
- Solidificación y enfriamiento: Luego de la fundición de los moldes de acero se debe dejar enfriar como mínimo 10 días para las cajas de bomba, 3 días para los codos y 6 días para los platos de succión e impulsores. Esto se realiza con la finalidad de que las piezas puedan adquirir propiedades como dureza y resistencia, como también para evitar posibles fisuras en las siguientes etapas.
- Desmoldeo: Cuando los moldes cumplen con el tiempo de enfriamiento debido, se procede a retirar las cajas de metal que fueron usadas en el proceso de moldeo, para lo

cual un operario hace uso de una grúa puente con ganchos que puedan soportar el tonelaje de cada pieza, luego son llevadas al shake out donde se retira la arena excedente para luego ser transportadas a la zona de enfriamiento. Las piezas suelen salir con 150°C y deben llegar a 50°C para poder proceder con la siguiente etapa, esto suele tomar 24 horas.

- Acabado primario: Una vez la pieza de acero se encuentra con 50°C, es trasladada a la zona de ACP, aquí el operario se encarga de retirar los desfogues, mazarotas y cerámicos que no son parte de las piezas finales, para ello se hace uso de martillos, combas y una pistola de aire comprimido cuando las piezas son de mayor tamaño.
- Tratamiento térmico: Luego de haberse realizado el ACP, se traslada a la cola de Tratamiento Térmico, donde las piezas esperan a ser cargadas a los hornos de TT. Actualmente no se cuenta con una programación realizada por el área de PCP, por lo que los supervisores se encargan de consolidar carga de acuerdo al peso y aleación de las piezas que se encuentran en cola. Esta operación suele tomar entre 48 y 96 horas, dependiendo de la aleación y tamaño de las piezas, usualmente las cajas de bomba se demoran 96 horas en estar listas, mientras que los codos demoran 48 horas y los impulsores y platos de succión se toman 72 horas. Los tipos de tratamientos realizados en los hornos son revenido y endurecido.
- Maquinado: La empresa cuenta con un torno vertical y un torno CNC donde las piezas de la familia de bombas y conos son trabajados antes de pasar a la siguiente operación.
- Acabado final: Cuando las piezas ya se encuentran con TT, son trasladadas al área de ACF, donde se realiza la limpieza de las rebabas que puedan tener, la limpieza de los agujeros, el esmerilado y el control de calidad final de las piezas. Se realizan controles como ensayo de tintas penetrantes, ensayos de dureza, ensayo de dimensión, ensayo con partículas magnéticas y el pasa o no pasa. Si las piezas son conformes, se traslada

al Almacén de Productos Terminados, caso contrario, deberán ser retrabajadas o reprocesadas dependiendo de los resultados.

- Embalaje: Finalmente, a las piezas que son enviadas al APT, se les pinta y se prepara para los envíos nacionales e internacionales. El área de PCP está encargada de enviar el cronograma de entregas al área de Despachos quienes se encargan de coordinar con los transportistas para que las órdenes se entreguen a tiempo.

En la Figura 4 se muestra el DOP de la caja de bomba, pieza perteneciente a la familia de bombas, pues representa el flujo completo del proceso productivo de la empresa.

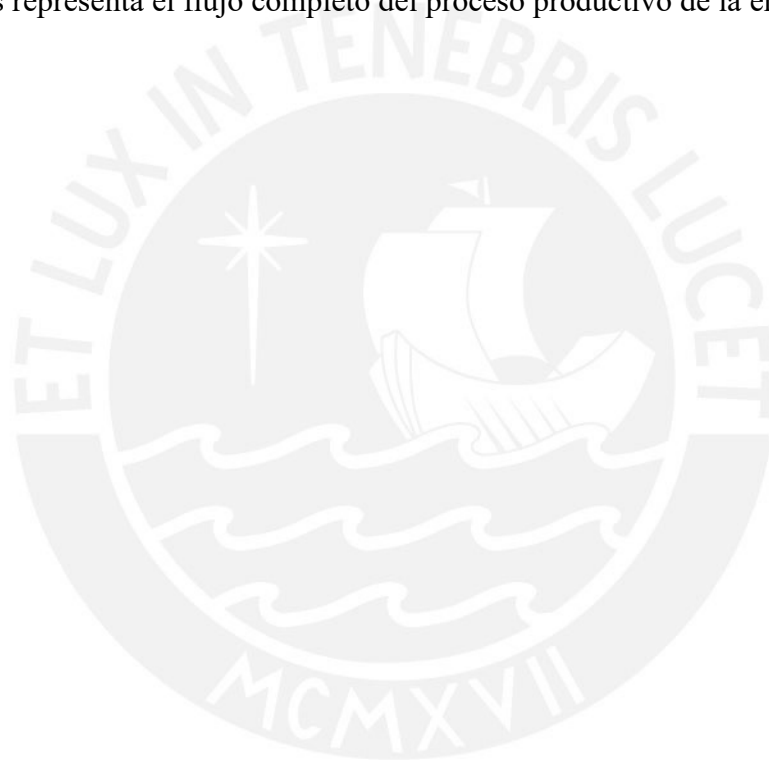






Figura 4. DOP de la caja de bomba.

Fuente: Fundición S.A.

## **2.8. Instalaciones, maquinarias, equipos y tecnologías de la información**

En este punto se describirán las instalaciones con las que cuenta la empresa para poder desarrollar adecuadamente sus actividades operativas y administrativas, como también la maquinaria y equipo necesario para este fin.

### **2.8.1. Instalaciones**

La empresa cuenta con dos plantas de producción. La principal está ubicada en El Agustino en donde se fabrican las piezas de acero y las bolas laminadas, en la entrada de la empresa se encuentra la zona administrativa donde se ubican las áreas de SIMA, RRHH, Finanzas y Contabilidad, PCP, Calidad, Costos, Legal, TI e Ingeniería. En la parte posterior de la empresa se encuentra la planta de producción, en donde se encuentran las áreas operativas como Modelería, Moldeo, Fundición, TT, ACF, Maquinado y Despachos.

En el caso de la planta de Lurín, se fabrican únicamente bolas fundidas, la distribución de la planta es similar a la de Lima. En la Figura 5, se muestra el layout de la sede del Agustino donde se realizará el estudio.

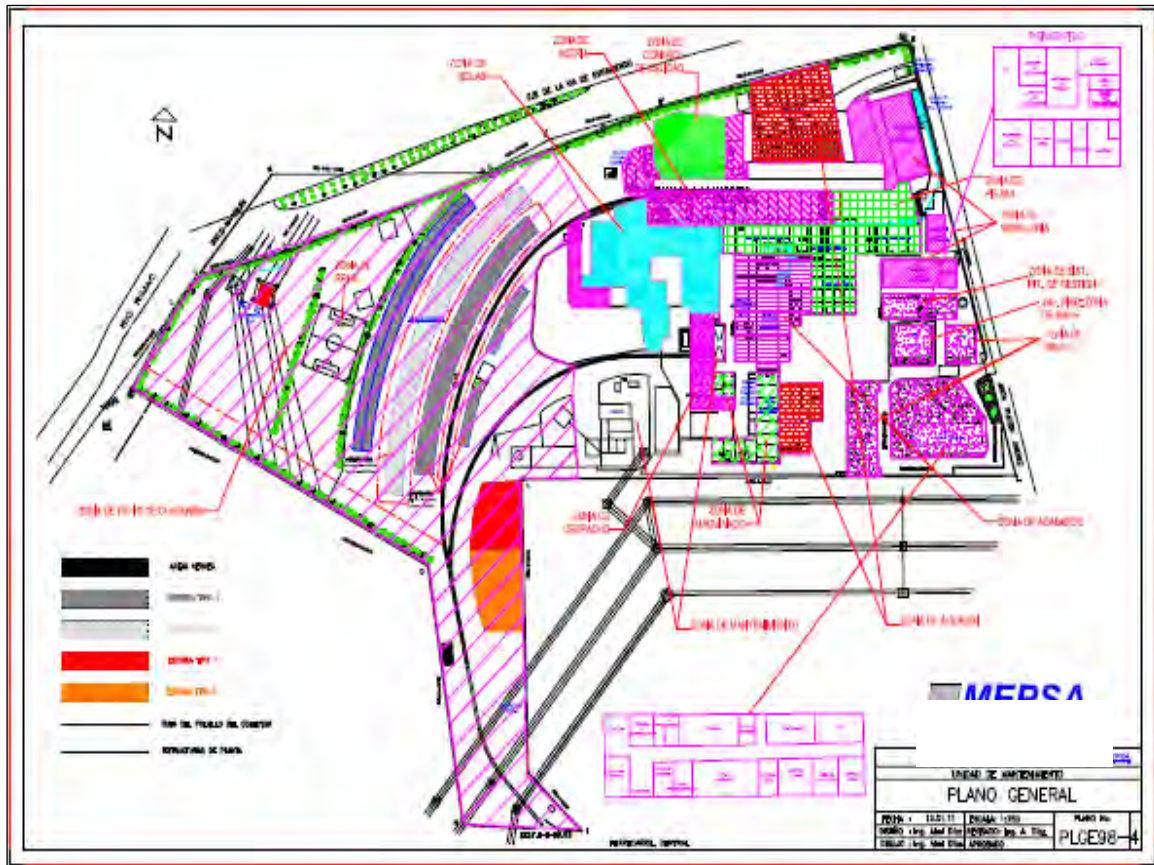


Figura 5. Layout de la planta de Fundición S.A. en El Agustino.

Fuente: Fundición S.A.

### 2.8.2. Maquinarias y equipos

La empresa cuenta con la maquinaria y equipo necesario para asegurar la continuidad de sus operaciones. Se elabora la siguiente Tabla 2 para representar las maquinarias y equipos involucrados en las operaciones de la empresa.

Tabla 2  
 Maquinarias según función y área de la sede El Agustino.

Maquinaria/Equipo	Función	Área
TOM 1800	Llenado de arena sílice	Moldeo
Hornos eléctricos	Fundición de metal	Acería
Grúas Puente	Traslado de piezas de acero	En toda la planta
Shake out	Desmoldeo de piezas	Desmoldeo
Hornos de Tratamiento Térmico	Aplicar los tratamientos a las piezas	Tratamiento Térmico
Torno CNC	Mecanizado detallado de las piezas	Maquinado
Torno Vertical	Realizada el mecanizado de las piezas	Maquinado
Pistola de aire a presión	Acabado primario de las piezas	Acabado primario
Ollas de acería	Acumulación de sobrantes de acero fundido	Acería
Esmeriladores	Acabado final de las piezas	Acabado final
Martillos y combas	Acabado primario de las piezas	Acabado primario
Cámara de partículas magnéticas	Control de calidad de las piezas	Acabado final
Fresadora	Dar detalles en los modelos de madera	Modelería
Pulidora	Dar acabado final en los modelos de madera	Modelería

Fuente: Fundición S.A.

### 2.8.3. Tecnologías de la información

La empresa cuenta con softwares que les permiten a sus colaboradores realizar sus actividades de manera más eficiente.

- SAP: Actualmente la empresa cuenta con los módulos MM y FI comprados y habilitados para su uso. Las áreas de producción y PCP hacen uso del módulo MM para hacer seguimiento de las órdenes de compra y pedidos de traslado de almacén a planta. Mientras que el área de Finanzas y Contabilidad hacen uso del módulo FI. A pesar de ello, la empresa no cuenta con muchos usuarios, por lo que muchas veces se deben de compartir
- Excel: Todas las computadoras y laptops de la empresa cuentan con la licencia de este software. Solo algunas áreas como es el caso de PCP el cual ha optado por trabajar desde el Excel compartido de Outlook para actualizar la información a tiempo real, las demás áreas aún no han sido capacitadas para esto.
- Outlook: La empresa cuenta con la licencia de Outlook y de sus herramientas online, como es el caso de Excel y Word, todo el personal administrativo cuenta con correo.
- GEN: Es un ERP diseñado exclusivamente para la empresa donde se ve el avance real de la producción en todas las áreas de la planta.
- Power BI: Recientemente, la empresa adquirió la licencia de este software para facilitar la realización de los indicadores de producción, el personal aún se encuentra en capacitación.

### Capítulo 3: Análisis y diagnóstico de la situación actual

En este capítulo, se realizará el análisis a las problemáticas presentes en la empresa, resaltando aquellas que se encuentran relacionadas con el proceso productivo, para ello, se deberá identificar el o las áreas de mayor riesgo dentro de la empresa, la familia de productos que se vea más impactada a causa de los problemas identificados en cada área y la definición de cada problemática. Esta información será utilizada más adelante en el siguiente capítulo para poder establecer las propuestas de mejora que permitan reducir el impacto que puedan ocasionar para la empresa.

#### 3.1. Justificación del área

En este primer punto, se realizará el análisis de las áreas que presenta la empresa. Actualmente la empresa presenta diversos problemas que implica más de una gerencia, entre las cuales resaltan las gerencias de Operaciones, Administrativa y Supply Chain, pues se encuentran ligadas al proceso productivo de la empresa. Es por ello que se realizó la evaluación de estas gerencias haciendo uso de una matriz AMEF adaptada, ya que la finalidad de esta matriz es poder detectar las áreas de mayor nivel de riesgo y no necesariamente se evaluará la potencial falla luego de realizar las mejoras para la reducción de los problemas. En el **Anexo 1** se encuentra la matriz completa.

Como criterio para la evaluación de la severidad, ocurrencia y detección se está considerando los factores de la Tabla 3, 4 y 5 respectivamente.

Tabla 3

*Criterios establecidos para la evaluación de la severidad.*

Gravedad	Criterio	Valor
Bajo impacto	Menor a 100 dólares mensuales	1 al 3
Medio impacto	Entre 101 a 1000 dólares mensuales	4 al 6
Alto impacto	Mayor a 1001 dólares mensuales	7 al 10

*Nota:* Criterios establecidos por el área de Planeamiento.

Tabla 4

*Criterios establecidos para la evaluación de la ocurrencia.*

Gravedad	Criterio	Valor
Bajo impacto	Es poco probable que suceda	1 al 3
Medio impacto	Sucede en reiteradas ocasiones y afecta al sistema	4 al 6
Alto impacto	Es muy seguro que ocurra	7 al 10

*Nota:* Criterios establecidos por el área de Planeamiento.

Tabla 5

*Criterios establecidos para la evaluación de la detección.*

Gravedad	Criterio	Valor
Bajo impacto	El error es imperceptible por el cliente	1 al 3
Medio impacto	Es probable que el cliente note el error	4 al 6
Alto impacto	Es inevitable que el cliente no note el error	7 al 10

*Nota:* Criterios establecidos por el área de Planeamiento.

En la Tabla 6 se muestra un resumen de los indicadores NPR, en donde se observa que el mayor índice lo tiene el área de Planeamiento con el modo de fallo de “Bajo indicador OTIF”.

Tabla 6

*NPR de las gerencias evaluadas.*

Gerencia involucrada	Área involucrada	Modos de fallo	Nº	NPR
Supply Chain	Planeamiento	Bajo indicador OTIF	1	240
Operaciones	Calidad	Gran cantidad de productos no conformes	2	140
Operaciones	Calidad	Procedimientos de inspección no estandarizados	3	140
Operaciones	Producción	Alto nivel de ausentismo	4	120
Supply Chain	Despachos	Baja precisión en la consolidación de carga para los transportes	5	112
Supply Chain	Planeamiento	Demanda cambiante en el último año	6	108
Supply Chain	Ventas	Brindar malas fechas de entrega a los clientes	7	108
Supply Chain	Planeamiento	Baja precisión en la elaboración del MRP	8	96

Finalmente, se elabora el diagrama Pareto de la Figura 6, con el cual se concluye que las áreas con los problemas principales son Planeamiento, Calidad y Producción, pues presentan el mayor índice NPR.

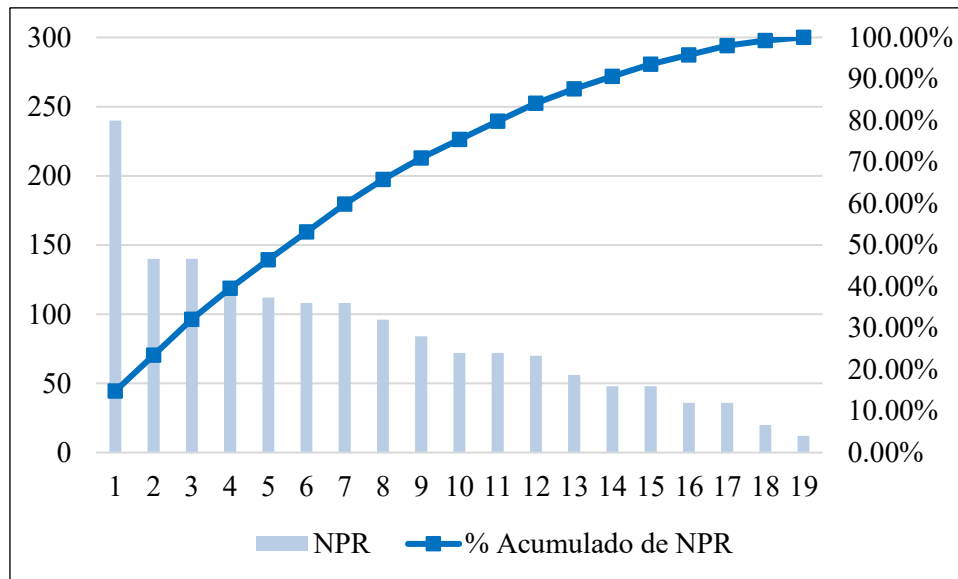


Figura 6: Pareto para la elección de los principales problemas dentro de la empresa.

Cada una de estas áreas presenta un problema recurrente, los cuales son:

- Planeamiento: Bajo nivel OTIF de la empresa.
- Producción: Baja productividad del sistema generado por el alto nivel de ausentismo.
- Calidad: Productos defectuosos presentes en el sistema productivo.

Cada una de estas problemáticas será desarrollada más adelante en el punto 3.3. Es importante que luego de haber identificado las áreas de mayor riesgo para la empresa, se pueda identificar la familia de productos en donde estos problemas puedan presentar mayor impacto, es por ello que en el siguiente punto se hará el análisis para poder identificarla.

### 3.2. Justificación de la familia

Se realizará la definición de la familia de productos que será parte del estudio, utilizando la herramienta Pareto, para lo cual, se obtuvo información de las ventas del año 2020 de enero



a diciembre. Estas ventas se encuentran en toneladas métricas (TM), pues es la unidad de medida utilizada por la empresa debido al gran tamaño que poseen las piezas que fabrican.

En la Tabla 7 se observa que el mayor tonelaje de producción lo tienen las familias Bar Mill y SAG, debido a que el proceso de fabricación de estas piezas es más sencillo que las demás por lo que se puede moldear más de una pieza en paralelo a comparación de las otras familias. En cuanto a la familia de bombas, se observa que el tonelaje es casi la mitad de la familia SAG, pues una pieza, como es el caso de la caja de bomba, puede pesar hasta más de 3 TM, mientras que un forro pesa 1 TM.

Tabla 7

*Margen de ganancia de cada familia de la empresa.*

<b>Familia</b>	<b>Ventas 2020 (TM)</b>	<b>Margen de ganancia promedio (\$/TM)</b>	<b>Margen Total (\$)</b>	<b>% Margen</b>	<b>% Margen acumulado</b>
Bombas	744.286	\$ 2,870.00	\$ 2,136,100.82	45.61%	45.61%
Sag	1255.454	\$ 725.00	\$ 910,204.15	19.44%	65.05%
Chancadora Primaria	505.176	\$ 1,500.00	\$ 757,764.00	16.18%	81.23%
Bar Mill	1344.249	\$ 550.00	\$ 739,336.95	15.79%	97.02%
Molino Vertical	141.897	\$ 500.00	\$ 70,948.50	1.51%	98.53%
Piezas Chicas	224.812	\$ 300.00	\$ 67,443.45	1.44%	99.97%
Zapatatas	6.474	\$ 200.00	\$ 1,294.80	0.03%	100.00%
			\$ 4,683,092.67		

*Fuente: Fundación S.A.*

Lo segundo a considerar es el margen de ganancia de cada familia, esta información fue brindada por el área de Ventas de la empresa, los márgenes observados son en base a los precios promedio que se manejan en el mercado, los cuales pueden variar dependiendo la complejidad de la pieza. Se observa que el mayor margen de ganancia lo tiene la familia de bombas y la familia de chancadora primaria, debido a que son piezas cuyo proceso de fabricación puede tomar entre mes y medio a dos meses por pieza, por la complejidad que representa producirlas.

Por último, se obtiene el porcentaje de margen acumulado de los márgenes totales de cada familia. Con este análisis, se llegó a la conclusión que las familias más representativas son la familia de bombas, SAG y chancadora primaria, por lo indicado en el Pareto de la Figura 7.

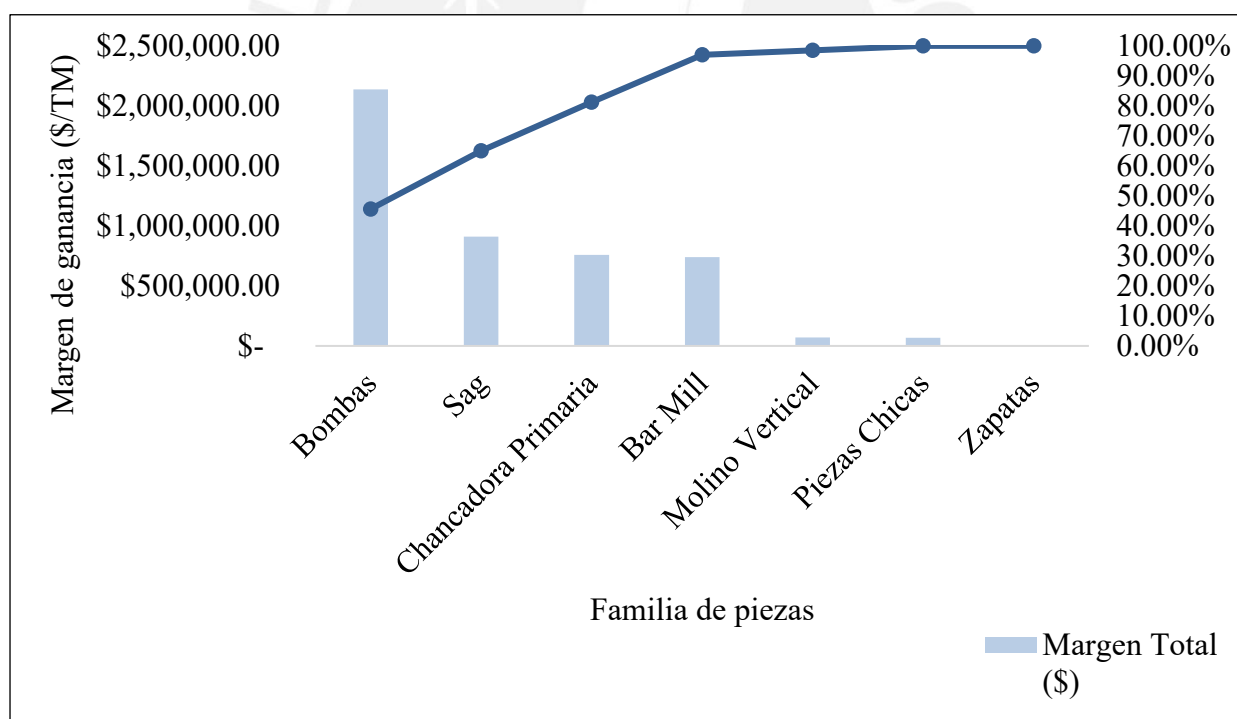


Figura 7: Diagrama ABC del margen de ganancia para cada familia.

Fuente: Fundación S.A.

Para el presente proyecto se realizará el estudio de la familia de bombas, ya que a comparación de la familia SAG, su proceso productivo es más complejo y completo, por lo que

permitirá un análisis más profundo en cuanto a las propuestas de mejora, en la Figura 8 y 9 se detalla la diferencia entre ambos procesos.

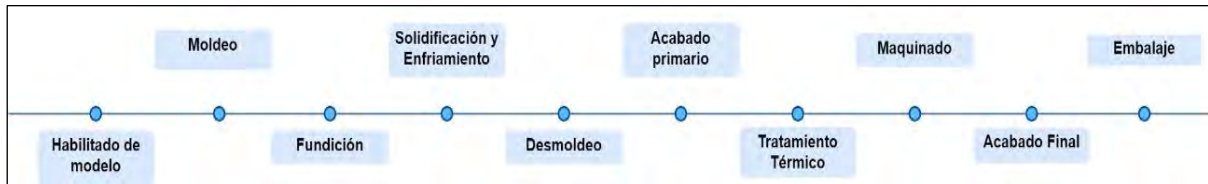


Figura 8: Proceso de fabricación de la familia de bombas.

Fuente: Fundición S.A.



Figura 9: Proceso de fabricación de la familia SAG.

Fuente: Fundición S.A.

En cuanto a las chancadoras primarias, no se realizará este análisis, debido a que de producirse algún defecto en estas piezas puede ser solucionado con soldadura, mientras que en el caso de la familia de bombas deberá fabricarse nuevamente la pieza, siendo piezas que deben tener un mínimo nivel de defectuosos por los altos costos que implica la nueva producción, lo cual toma mayor tiempo de producción.

En conclusión, se realizará el estudio para la familia de bombas, dado que presenta un mayor margen de ganancia por tonelada y tiene el proceso de fabricación más completo entre todas las familias de piezas de acero.

### 3.3. Identificación de los problemas de las áreas seleccionadas para la familia de bombas

En el punto 3.1. se hizo la elección de las áreas a analizar, si bien la empresa cuenta con diversos problemas, nos enfocaremos en el área de Planeamiento, Calidad y Producción como

parte del diagnóstico, pues son las áreas que presentan problemas relacionados con el sistema productivo y el quiebre de stock del producto terminado.

A continuación, se realizará el análisis de los principales indicadores presentes en cada una de las áreas elegidas en el punto 3.1.

### **3.3.1. Bajo nivel del OTIF de la empresa**

La primera área por analizar es Planeamiento, debido al índice de NPR que obtuvo en el punto 3.1. Para la empresa, mantener un buen indicador OTIF (On Time In Full) es importante, pues representa la cantidad de órdenes completas que han sido entregadas a tiempo al cliente. Para poder identificar porque este indicador es bajo, se procederá a evaluar el OTIF de los años 2018 y 2019 de la empresa, los cuales se encuentran en la Figura 10 y 11; este indicador es elaborado mensualmente por el área de Planeamiento y es expuesto ante gerencia, a quienes se les explica los principales motivos por los cuales no se llegó al indicador requerido, el cual debería ser del 80%, valor que fue definido cuando se iniciaron las operaciones en la empresa por el Gerente General. Tal como se aprecia en ambos gráficos, no se ha podido superar al 80% en ninguno de los meses de esos 2 años, incluso, el año 2018 tiene un OTIF promedio del 68% y el 2019 del 61%, este indicador es preocupante para la empresa, debido a que no debería ser menor al 80%, adicionalmente, se observan valores del indicador por debajo del límite inferior.

De igual manera, se decidió analizar el OTIF del año 2020, el cual se encuentra en promedio en 67%, si bien este aumentó con respecto al año 2019, sigue siendo menor al 2018 y se encuentra muy por debajo del 80%.

Con esta información se concluye que el problema del incumplimiento es alarmante para la empresa, ya que al no cumplir con las fechas ofrecidas al cliente se debe incurrir a pagar moras y al ser empresas mineras, estas pueden llegar a ser muy altas, pues implica el paro total o parcial de sus actividades; una de las moras más elevadas que pagó la empresa hasta el momento ha sido alrededor de 20 mil dólares, sin considerar que se perdió al cliente por unos

años hasta que pudo volver a confiar nuevamente en la empresa. Se considera que atacando este problema se pueda mejorar el nivel de servicio ofrecido por la empresa y poder reducir sobrecostos como las multas ya descritas.

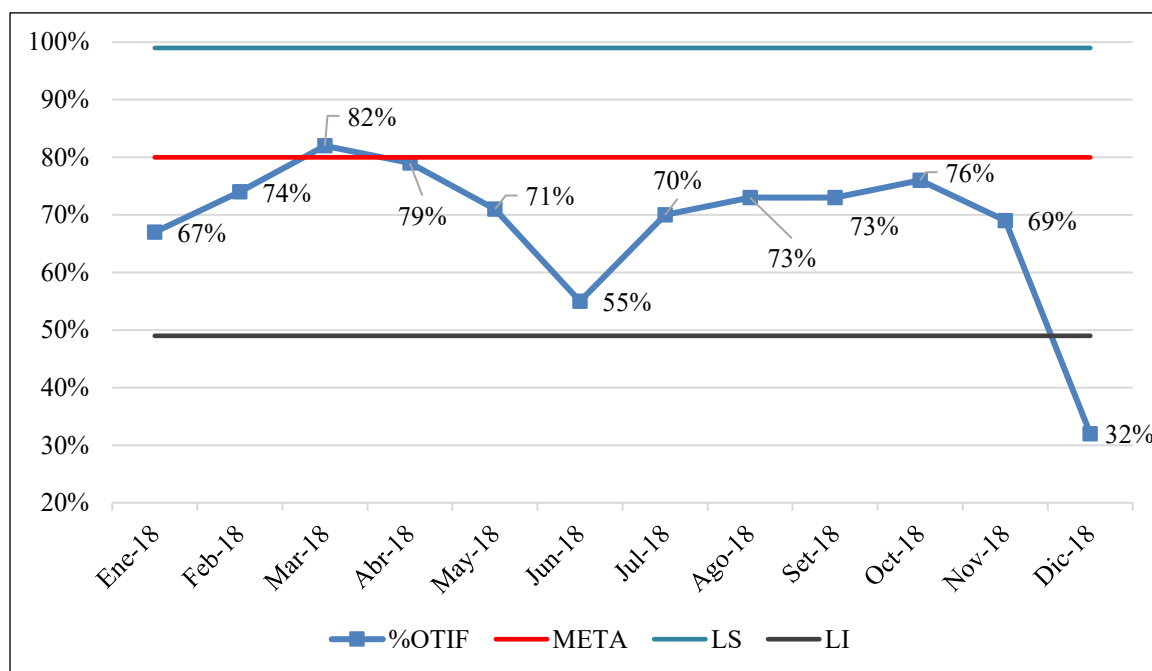


Figura 10: Evolución del OTIF en el año 2018.

Fuente: Fundación S.A.

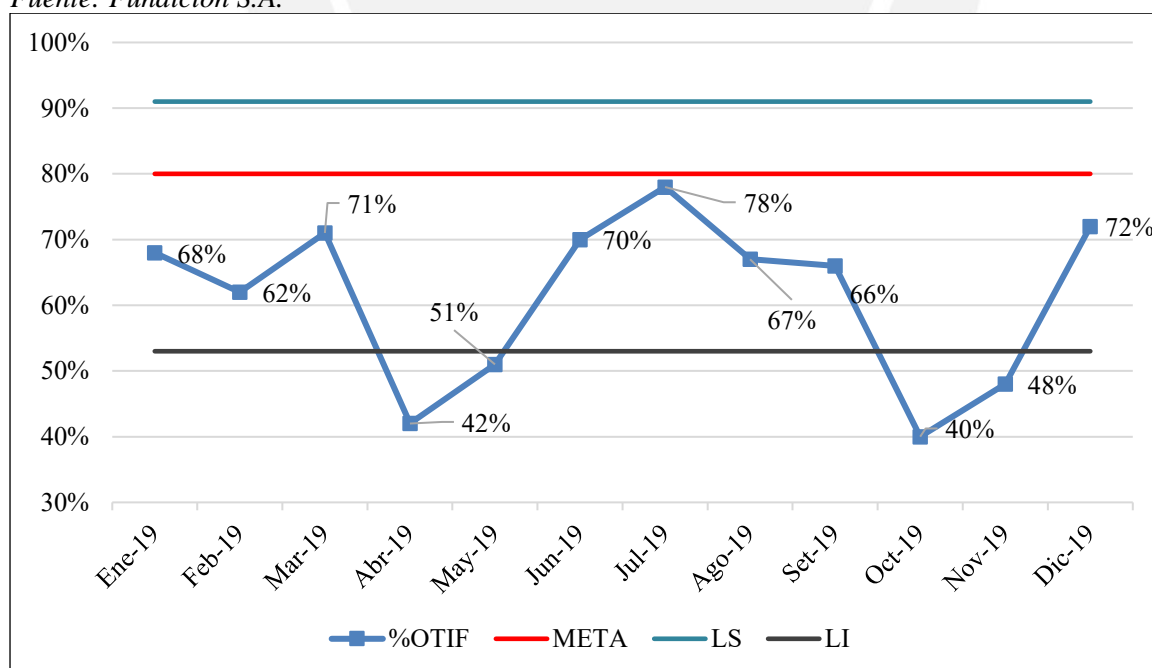


Figura 11: Evolución del OTIF en el año 2019.

Fuente: Fundación S.A.

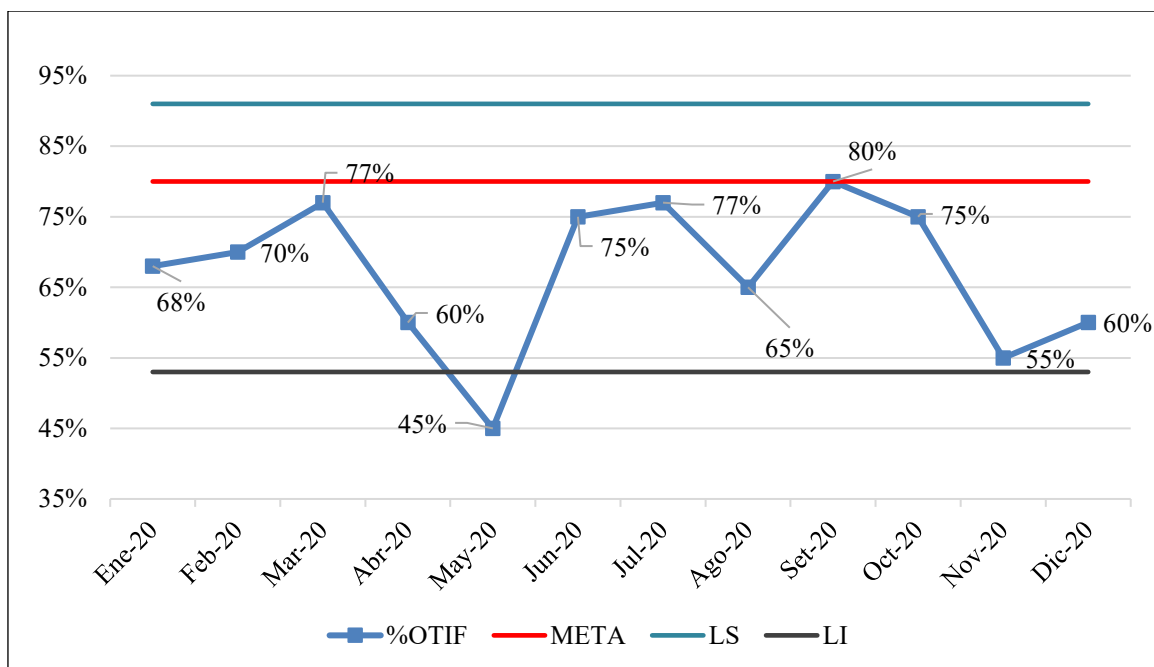


Figura 12: Evolución del OTIF en el año 2020.

Fuente: Fundación S.A.

Como consecuencia del incumplimiento en la entrega de las órdenes de fabricación, se genera una pérdida de ventas por quiebre de stock, en el **Anexo 2** se elaboró el cálculo de los días de retraso que se tuvo durante el 2020 para la familia de bombas, como también de las moras que se tuvo que pagar durante ese año debido a los incumplimientos, de igual manera, en la Tabla 8 se muestra un resumen de este cálculo de estas moras para los últimos meses del 2020. Se está considerando una mora promedio de \$ 250 por día atrasado, información brindada por el área de Ventas.

En conclusión, en el año 2020, se obtuvo una pérdida por moras pagadas por los atrasos en las entregas de \$147 000, al ser un monto elevado se propone realizar una mejora inmediata, de todas formas, en el punto 3.4 se evaluará si efectivamente es el principal problema dentro de la empresa.

Tabla 8

*Moras por atraso de entrega de los últimos meses del 2020.*

Ahorro/tipo de pieza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Caja de bomba	3500	750	1000	3750	14000
Codo de alimentación	2750				
Impulsor	5750	10750	2000	16500	3000
Plato de succión	2750	750	11250	14750	500
Ahorro total (\$)	14750	12250	14250	35000	17500

*Fuente: Fundación S.A.*

### **3.3.2. Baja productividad del sistema productivo generado por el alto nivel de ausentismo**

Como segundo problema se analizará la productividad dentro de la empresa, el cual fue identificado dentro del área de Producción. Para poder realizar este análisis, se debe tener en cuenta que dentro de la empresa se trabajan 2 turnos de 8 horas cada uno, de lunes a viernes, se trabaja los sábados en caso de presentar atrasos en la producción, pero se deberá pagar un 30% adicional a los empleados que asistan.

Para el cálculo de los costos asociados a la baja productividad se hará uso de la demanda mensual real de la familia de bombas durante el año 2020 y se comparará con la producción real reportada en cada uno de esos meses. En la Tabla 9 se observa que la producción se reduce en los meses de abril, mayo y junio de ese año, lo cual fue generado por la pandemia, pues en estos meses la empresa tuvo su mayor pico de contagios, por lo que el nivel de ausentismo por descansos médicos se incrementó drásticamente dentro de la empresa, llegando a trabajar únicamente un turno por una semana debido a la falta de personal.

Tabla 9

*Comparación entre la demanda y la producción real del año 2020.*

<b>Mes</b>	<b>Demanda (Unidades)</b>	<b>Producción Real (Unidades)</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Enero</b>	36	31	5
<b>Febrero</b>	45	44	1
<b>Marzo</b>	39	30	9
<b>Abril</b>	41	31	10
<b>Mayo</b>	36	28	8
<b>Junio</b>	40	30	10
<b>Julio</b>	47	43	4
<b>Agosto</b>	48	45	3
<b>Setiembre</b>	52	48	4
<b>Octubre</b>	43	42	1
<b>Noviembre</b>	18	18	0
<b>Diciembre</b>	31	31	0

*Fuente: Fundación S.A.*

En el 2020 la mayoría de los feriados fueron laborales dentro de la empresa, además, la empresa únicamente suspendió sus operaciones por una semana ya que se encontraba dentro del grupo de industrias de actividad primaria por ser una empresa que suministra a la minería.

Se comparó la productividad teórica y real para cada mes del año, esta productividad tiene como unidad base los días y no las horas ya que la familia de bombas posee piezas complicadas, las cuales pueden tomar hasta todo un turno para moldear solo una pieza. Se observa que únicamente en los meses de noviembre y diciembre se cumplió con la ratio de productividad teórico calculado por el área de Planeamiento, esto debido a que en esos meses las restricciones en el país con respecto a la pandemia habían reducido, permitiendo que todos los operarios laboren en sus turnos regulares.



Tabla 10

*Comparación entre la productividad real y teórica del 2020 para la familia de bombas.*

<b>Mes</b>	<b>Productividad Teórica (Unidades/día)</b>	<b>Productividad Real (Unidades/día)</b>
<b>Enero</b>	1.64	1.41
<b>Febrero</b>	2.25	2.20
<b>Marzo</b>	1.77	1.36
<b>Abril</b>	1.95	1.48
<b>Mayo</b>	1.71	1.33
<b>Junio</b>	1.82	1.36
<b>Julio</b>	2.14	1.95
<b>Agosto</b>	2.29	2.14
<b>Setiembre</b>	2.36	2.18
<b>Octubre</b>	1.95	1.91
<b>Noviembre</b>	0.86	0.86
<b>Diciembre</b>	1.48	1.48

Actualmente, la empresa paga \$ 15.38 por día trabajado a cada uno de sus operarios, tomando como referencia un tipo de cambio de 3.94 soles el dólar, tomado de XE (2021), mientras que si trabajan días extras se les paga un 30% adicional, lo cual equivale a \$19.99. En la Tabla 11 se muestra el costo de sobretiempo que se deberá pagar para poder culminar con las piezas pendientes que se necesitan para completar los pedidos del 2020. Si bien este costo es únicamente para un operario, se está asumiendo este precio como parte del cálculo, ya que la cantidad de operarios requeridos dependerá de la pieza que se deberá fabricar.

Tabla 11

*Costo de días extras causados por la baja productividad en el 2020.*

Mes	Días Extras	Costo de días extras (\$)
<b>Enero</b>	4.00	\$ 79.98
<b>Febrero</b>	1.00	\$ 19.99
<b>Marzo</b>	7.00	\$ 139.96
<b>Abril</b>	7.00	\$ 139.96
<b>Mayo</b>	6.00	\$ 119.96
<b>Junio</b>	8.00	\$ 159.95
<b>Julio</b>	3.00	\$ 59.98
<b>Agosto</b>	2.00	\$ 39.99
<b>Setiembre</b>	2.00	\$ 39.99
<b>Octubre</b>	1.00	\$ 19.99
<b>Noviembre</b>	0.00	\$ -
<b>Diciembre</b>	0.00	\$ -
<b>Total</b>		\$ 819.75

Finalmente, en la Tabla 12 se calcula el costo total por baja productividad, siendo de \$131 444,75 para la familia de bombas durante el 2020. Se concluye que la baja productividad conlleva al incumplimiento de órdenes de fabricación, debido que, al no tener mano de obra necesaria para poder realizar los programas elaborados por el área de PCP, se deberán reprogramar y atrasar todo el Plan Maestro que se había contemplado con la finalidad de llegar a tiempo con las entregas al cliente. El detalle de todos los cálculos se encuentra en el **Anexo 3**. Por tales motivos, es necesario que en el punto 3.4 se evalúe si efectivamente atacando este problema se podrá cumplir con el objetivo de la empresa, de ser así, se deberá trabajar en una mejora para poder reducir este indicador.

Tabla 12

Sobrecosto generado por la baja productividad durante el 2020

Mes	Costo de días extras (\$)	Costo de Venta Perdida (\$)	Costo total por baja productividad (\$)
Enero	\$ 79.98	\$ 11,875.00	\$ 11,954.98
Febrero	\$ 19.99	\$ 2,375.00	\$ 2,394.99
Marzo	\$ 139.96	\$ 21,375.00	\$ 21,514.96
Abril	\$ 139.96	\$ 23,750.00	\$ 23,889.96
Mayo	\$ 119.96	\$ 19,000.00	\$ 19,119.96
Junio	\$ 159.95	\$ 23,750.00	\$ 23,909.95
Julio	\$ 59.98	\$ 9,500.00	\$ 9,559.98
Agosto	\$ 39.99	\$ 7,125.00	\$ 7,164.99
Setiembre	\$ 39.99	\$ 9,500.00	\$ 9,539.99
Octubre	\$ 19.99	\$ 2,375.00	\$ 2,394.99
Noviembre	\$ -	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Total</b>	\$ 819.75	\$ 130,625.00	\$ <b>131,444.75</b>

### 3.3.3. Productos defectuosos presentes en el sistema productivo

El tercer problema detectado se encuentra dentro del área de Calidad, el cual es el indicador de sobrecosto generado por los productos defectuosos presente en el sistema productivo. Se realizó un análisis a cada reporte elaborado por el área de calidad sobre las “chatarras” generadas a diario durante el 2020, para poder determinar el sobrecosto en el que se incurre en la familia de bombas. En esta data solo se consideran a las piezas que pertenecen a la familia elegida, teniendo un total de 210 chatarras reportadas en el año elegido.

Se considera chatarra dentro de la empresa a todos los productos defectuosos, independientemente de cómo se haya generado este desperfecto, también se le considera chatarra a todo el acero traído de los proveedores para poder iniciar con la producción.

Se pudo observar que los motivos para poder declarar a una pieza como chatarra son los siguientes:

- Rechupe en la pieza por tratamiento térmico.
- Inclusión de escoria durante el vaciado.

- Estrangulamiento de colada por el manguito (tamaño de manguito más pequeño de lo requerido).
- Piezas fuera de dimensión, según lo especificado en la hoja técnica.
- Desbalanceo en los alabes, únicamente aplicable en los impulsores.
- Metalización.
- Fisura en el canal de entrada, únicamente aplicable para cajas de bombas y codos de alimentación.
- Fisura en la brida, únicamente aplicable para cajas de bombas y codos de alimentación.
- Exceso de porosidad.
- Metalización de agujeros.

Para comenzar con el cálculo de este indicador, se determinó el costo de mano de obra por productos defectuosos, considerando los días de atraso que se tuvo en la entrega de las órdenes, al igual que para el cálculo del sobre costo por baja productividad, se asume un costo promedio. Otro factor es el costo de reposición de la pieza, para el cual se considera el precio de cada tipo de pieza, como también la cantidad de piezas que debe reponerse.

El resumen de este cálculo se observa en la Tabla 13, dando un costo total por productos defectuosos de \$ 105 805,8.

Si bien se está considerando este costo para productos no aprovechables y que han sido reportados por el área de calidad como chatarra, algunas veces se llegan a recuperar piezas haciendo reprocesos, por lo que los días de atraso no son tan elevados.

Tabla 13

*Cálculo del costo incurrido por productos defectuosos en el 2020 para la familia de bombas.*

Tipo de pieza	Costo por mano de obra no aprovechada (\$)	Costo de reposición (\$)	Costo por productos defectuosos (\$)
<b>Caja de bomba</b>	\$ 1,414.96	\$ 36,000.00	\$ 37,414.96
<b>Impulsor</b>	\$ 2,045.54	\$ 27,500.00	\$ 29,545.54
<b>Codo de alimentación</b>	\$ 1,168.88	\$ 9,000.00	\$ 10,168.88
<b>Plato de succión</b>	\$ 1,676.42	\$ 27,000.00	\$ 28,676.42
<b>TOTAL</b>	\$ 6,305.80	\$ 99,500.00	\$ <b>105,805.80</b>

Finalmente, al igual que la baja productividad, este indicador también se encuentra relacionado con el incumplimiento en las órdenes, ya que la empresa no fabrica más de lo que se proyecta, pues son piezas de gran valor económico y tonelaje, es por ello, que cuando se presenta un producto defectuoso se debe volver a fabricar desde cero, generando que el lead time aumente y no se llegue a la fecha acordada con el cliente, a pesar de ello, algunos clientes aceptan los reportes elaborados por el área de calidad como justificación de los retrasos, en especial cuando son modelos nuevos, lo cual puede aminorar la insatisfacción del cliente. El detalle de los cálculos se encuentra en el **Anexo 4**. En el siguiente punto se determinará que tan impactante será mejorar este indicador para poder cumplir con el objetivo de la empresa.

### **3.4. Aplicación de la matriz de priorización para identificar el problema principal**

Como se mencionó previamente, se realizará un análisis para poder determinar cuál es el problema principal de los 3 descritos en los puntos anteriores, con la finalidad de definir las propuestas de mejora, para ello, se realizó la matriz de priorización aplicando el método del criterio analítico. Como primera parte de este análisis, se deberá plantear un objetivo que proponga mejorar la situación actual de la empresa, por lo que aumentar los ingresos de la empresa es el objetivo que mejor se adapta a este fin, pues durante los últimos años la empresa ha estado teniendo pérdidas económicas relacionadas con los 3 problemas ya mencionados.

Luego se evaluarán las opciones para poder alcanzar este objetivo, teniendo en cuenta los problemas descritos en el punto anterior, las opciones elegidas serían:

Opción 1: Aumentar el indicador OTIF de la empresa.

Opción 2: Aumentar el indicador de productividad.

Opción 3: Disminuir la cantidad de productos defectuosos.

Finalmente, se elegirán los criterios a considerar para evaluar cada opción.

- Criterio 1: Disminuir los sobrecostos relacionados con el incumplimiento de entrega.
- Criterio 2: Mayor impacto en la fidelidad de los clientes.
- Criterio 3: Facilidad de implementación.
- Criterio 4: Mayor calidad en el producto terminado.

El primer y segundo criterio fueron elegidos con ayuda de la experiencia del jefe de Planeamiento, pues al ser el encargado de analizar los sobrecostos de la producción, considera que el más elevado es el que se da por incumplimiento de entrega de las órdenes de fabricación, lo cual también está relacionado con mantener la fidelidad de los clientes. El tercer y cuarto criterio fueron definidos en base a la experiencia del jefe de Planta, pues para elegir la opción que permita cumplir el objetivo se deberá tener en cuenta el tiempo de implementación y facilidad de entendimiento para todas las áreas involucradas, adicionalmente, se debe considerar la calidad de las piezas, pues actualmente se tiene un alto índice de reprocesos y retrabajos.

En el **Anexo 5** se juzga la importancia de los criterios, obteniendo una ponderación para cada uno de ellos, la cual se encuentra resumida en la Tabla 14. Luego se realizó la comparación de cada uno de los criterios ponderados con las 3 opciones seleccionadas, este cálculo también se puede observar en el **Anexo 5**. Finalmente, se compara cada opción con todos los criterios, asignando la ponderación calculada previamente, en la Tabla 15 se muestra el cálculo final de la ponderación para cada una de las opciones.

Tabla 14

*Ponderación de los criterios.*

	<b>Ponderación del criterio</b>
Disminuir los sobrecostos relacionados con el incumplimiento de entrega.	36.08%
Mayor impacto en la fidelidad de los clientes.	6.19%
Facilidad de implementación.	16.49%
Mayor calidad en el producto terminado.	41.24%

Tabla 15

*Ponderación final de las opciones.*

<b>Opciones / Criterios</b>	<b>Total fila</b>
Aumentar el indicador OTIF de la empresa.	0.45
Aumentar el indicador de productividad.	0.14
Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	0.41

Finalmente, se observa que luego de realizar los cálculos en la matriz de priorización, la opción de aumentar el indicador OTIF de la empresa es la mejor para poder aumentar los ingresos de la empresa, es por ello, que se deberá analizar esta problemática para poder determinar la mejora que permita lograr el objetivo planteado. Para poder lograr esto, se deberán conocer las causas raíz de este problema, es por ello que en el siguiente punto se realizará este análisis

### **3.5. Análisis de las causas del problema identificado**

En este punto se analizarán las causas raíz del problema principal, el cual es el bajo indicador OTIF de la empresa, para lo cual se comenzará el análisis realizando un Diagrama Causa – Efecto en el cual se verán las causas raíz que serán validadas con la herramienta de los 5 porqués, finalizando con el análisis de cada una de las causas más recurrentes.

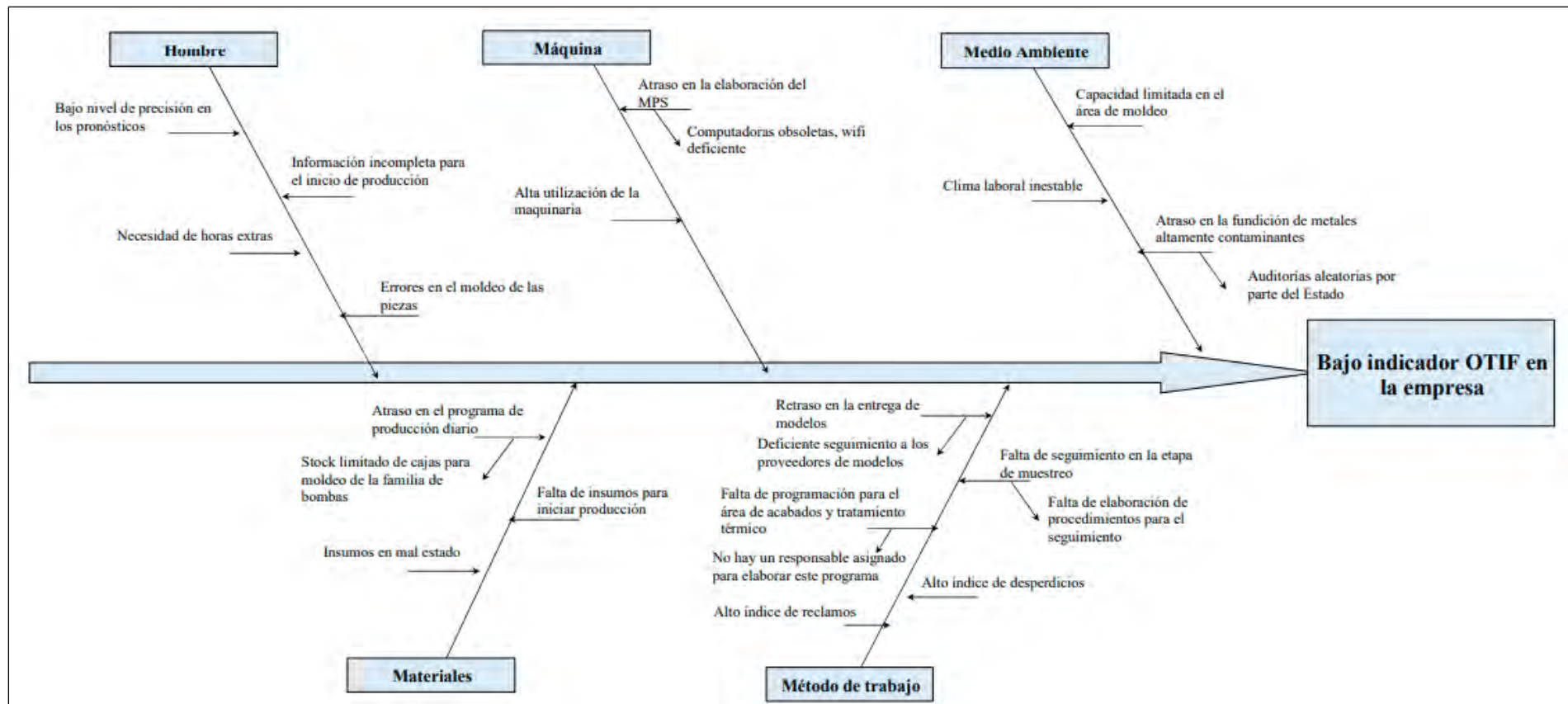


Figura 13: Diagrama Causa – Efecto del problema “Bajo indicador OTIF en la empresa”

Fuente: Fundición S.A.



### **3.5.1. Diagrama de causa y efecto**

Se hará uso de la herramienta Diagrama de Causa – Efecto donde se colocarán causas del problema fundamental, el cual es el bajo indicador OTIF de la empresa, pues se desea analizar las causas que provocan este problema. En la Figura 13 se observa que los tipos de causa estudiados son mano de obra, materiales, maquinaria, medio ambiente y método de trabajo. En el siguiente punto se realizará la identificación de las causas raíz para cada tipo de causa.

### **3.5.2. Identificación de las causas raíz del problema fundamental**

Para determinar las causas raíz del problema principal, se elaboró la matriz de los 5 porqués con las causas inmediatas identificadas en el Diagrama Causa – Efecto. En el **Anexo 6** se puede identificar que las causas más recurrentes son la “Baja precisión en la elaboración de los pronósticos”, la “Baja precisión en la elaboración del MRP”, la “Falta de precisión en el Plan Agregado” y la “Falta de conocimiento de los requerimientos del cliente”, debido a que estas se repiten en más de un tipo de causa, de igual manera se presenta como resumen en la Tabla 16. Se observa que las últimas 2 causas recurrentes identificadas se encuentran relacionadas con las problemáticas del punto 3.3, las cuales fueron la baja productividad y los productos defectuosos, de igual manera, estos problemas se encuentran fuertemente relacionados con el problema principal que es el bajo indicador OTIF. Estas causas fueron evaluadas en conjunto con el practicante de Mejora Continua del área de Ingeniería, a la vez fueron validadas por el jefe de Ingeniería.

Tabla 16

*Resumen de las Causas Raíz luego de aplicar los 5 porqués.*

<b>Tipo de Causa</b>	<b>Causa Raíz</b>
<b>Mano de obra</b>	Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Falta de precisión en el Plan Agregado
	Mala gestión empresarial
	Falta de precisión en el Plan Agregado
<b>Materiales</b>	Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Falta de precisión en la elaboración del MRP
<b>Maquinaria</b>	Falta de comunicación de los altos cargos
	Falta de estandarización de procesos
	Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Desbalance de línea
<b>Medio Ambiente</b>	Mala distribución del área de moldeo
	Falta de capacitación
	Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Procesos no actualizados
<b>Método de trabajo</b>	Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Falta de precisión en el Plan Agregado
	Falta de liderazgo por parte de los supervisores
	Falta de precisión en la elaboración del MRP
	Falta de conocimiento de los requerimientos del cliente

A pesar de que se encontraron 4 causas recurrentes, se realizará el análisis completo para la primera causa raíz, pues es la que más recurrencia tiene en comparación con las otras causas, además, la MRP depende de la precisión del pronóstico de la demanda, de lo contrario es probable que se presenten problemas como falta de insumos para el inicio de la producción, el cual atrasará la entrega de las órdenes a los clientes, afectando el indicador OTIF de la empresa. De igual manera, se analizarán las otras dos causas más recurrentes que también se encuentran ligadas al problema principal, pero no tan profundamente como la primera.

### ***3.5.2.1. Análisis de la baja precisión en la elaboración de los pronósticos***

El jefe del área de Planeamiento es el encargado de realizar los pronósticos anuales, los cuales se elaboran a final de cada año para proyectar el siguiente, para ello, él hace uso de su experiencia en la industria, ya que cuenta con 15 años trabajando en la empresa y conoce el movimiento de las empresas mineras con respecto al consumo anual de piezas de la familia de bomba. Se realizan dos escenarios para esta proyección, uno normal en donde se hace uso de los datos de años pasados y se estima haciendo uso de las órdenes preliminares; el otro escenario es el ácido, el cual es un 40% menos de piezas con respecto al escenario normal.

Se realizará una comparación entre la proyección del jefe y la demanda real que se tuvo durante el año 2020 para la familia de bombas, para poder detectar el porcentaje de error en los pronósticos.

Se comenzará realizando el análisis del escenario normal. Para poder determinar el error de pronóstico con respecto a este primer escenario se realizó el cálculo del MAPE para cada tipo de pieza. En la Tabla 19 se muestra el resumen del MAPE calculado de la familia, se observa que estos porcentajes son muy elevados, demostrando una mínima exactitud en el escenario normal proyectado. Adicional a ello, se observa que el codo de alimentación presenta mayor error con respecto a las demás piezas, esto se debe a que la demanda real es muy baja, siendo a lo mucho 4 piezas por mes, por lo que la variación es elevada.

En la Tabla 20 se muestra el cálculo del pronóstico bajo el escenario ácido, el cual es un 40% menor al del escenario normal. En este caso, se muestran niveles inferiores del MAPE, comparándolo con el normal, esto se puede deber a que en el 2020 se vieron afectados por la pandemia, lo cual provocó una reducción en la demanda del mercado, pues mineras como en el caso de Antamina tuvieron suspensión temporal de sus

operaciones, esto generó que la vida útil de sus piezas se alargue, afectando la demanda mensual. Al igual que en el escenario normal, se obtiene un mayor MAPE para los codos de alimentación a comparación del resto de la familia. Los detalles del cálculo para cada escenario se encuentran en el **Anexo 7**.

Tabla 17  
*Demanda real del año 2020 para la familia de bombas.*

Mes	Caja de bombas	Plato de succión	Codo de alimentación	Impulsor
1	4	10	2	20
2	6	22	1	16
3	3	18	3	15
4	7	20	1	13
5	8	14	1	13
6	10	13	2	15
7	6	19	3	19
8	7	30	4	7
9	8	32	1	11
10	10	12	2	19
11	5	4	2	7
12	8	5	3	15

Fuente: Fundición S.A.

Tabla 18  
*Escenario normal pronosticado para la familia de bombas del año 2020.*

Mes	Caja de bombas	Plato de succión	Codo de alimentación	Impulsor
1	3	32	3	24
2	10	35	6	15
3	10	11	4	27
4	13	22	1	14
5	8	11	1	28
6	14	6	4	20
7	7	8	6	10
8	8	8	1	10
9	10	20	6	10
10	7	38	1	28
11	4	7	4	27
12	8	20	3	17

Fuente: Fundición S.A.

Tabla 19

*MAPE del escenario normal pronosticado para la familia de bombas del año 2020.*

	<b>MAPE</b>
<b>CAJA DE BOMBA</b>	46.39%
<b>PLATO DE SUCCIÓN</b>	96.97%
<b>CODO DE ALIMENTACIÓN</b>	125.69%
<b>IMPULSOR</b>	59.03%

Tabla 20

*Escenario ácido pronosticado para la familia de bombas del año 2020.*

<b>Mes</b>	<b>Caja de bombas</b>	<b>Plato de succión</b>	<b>Codo de alimentación</b>	<b>Impulsor</b>
<b>1</b>	2	23	2	17
<b>2</b>	7	25	4	11
<b>3</b>	7	8	3	19
<b>4</b>	9	16	1	10
<b>5</b>	6	8	1	20
<b>6</b>	10	4	3	14
<b>7</b>	5	6	4	7
<b>8</b>	6	6	1	7
<b>9</b>	7	14	4	7
<b>10</b>	5	27	1	20
<b>11</b>	3	5	3	19
<b>12</b>	6	14	2	12

Tabla 21

*MAPE del escenario ácido pronosticado para la familia de bombas del año 2020.*

	<b>MAPE</b>
<b>Caja de bomba</b>	34.34%
<b>Plato de succión</b>	51.44%
<b>Codo de alimentación</b>	74.31%
<b>Impulsor</b>	65.01%

Se concluye que aun usando el escenario ácido el indicador de error de pronóstico para cada tipo de pieza es elevado, por lo que es necesario determinar y aplicar el enfoque

de pronósticos adecuado que permita reducir este indicador y de esta manera establecer las cantidades precisas de fabricación y de insumos dentro de la MRP. Adicionalmente, el tener errores altos en los pronósticos genera que el OTIF de la empresa sea bajo, lo que significa que no se atenderán los pedidos a tiempo generando penalidades por moras de incumplimiento, por ello, la mejora que se proponga en el capítulo 4 se deberá tener como objetivo poder reducir estas penalidades.

### ***3.5.2.2. Análisis de la falta de precisión en el Plan Agregado***

La segunda causa tiene como consecuencia la Baja Productividad, debido a que no se cuenta con personal suficiente en cada uno de los puestos de trabajo, esto se puede comprobar en la Tabla 9 del punto 3.3.2 en donde se muestra la producción real comparada con la demanda proyectada, notándose incumplimiento durante el año 2020, debido a la falta de personal que hubo durante ese año, pues el jefe de Planta no consideró dentro del Plan Agregado que ocurriría la pandemia. A pesar de ello, en el año 2019 también se incurrieron a horas extras realizadas en el área de moldeo, debido a que toda la producción inicia en esta área y es vital iniciar la fabricación de las piezas en las fechas que establece Planeamiento para evitar retrasos en las siguientes áreas.

Finalmente, se propone analizar 4 estrategias de Plan Agregado para el área de moldeo y vaciado (área crítica de la empresa) que mejor se adapte a lo que necesita la empresa para evitar atrasos en el inicio de las órdenes de fabricación que afecten al OTIF. Se debe tener en cuenta que al reducir esta problemática también se estará contribuyendo con la reducción de las penalidades por moras, pues al calcular correctamente cuanta mano de obra se necesita ya no se tendrán incumplimientos con la fecha de entrega al cliente.

### ***3.5.2.3. Análisis de la falta de conocimiento de los requerimientos del cliente***

En el punto 3.3.3 se menciona el sobrecosto incurrido debido a los productos defectuosos que se obtuvo para la familia de bombas durante año 2020. La mayoría de estos defectos son en realidad causados por el desconocimiento de los requerimientos del cliente, pues el proceso para la fabricación de las piezas comienza en el área de Ingeniería, quienes son los encargados de definir qué tipo de metal se necesita, la cantidad de arena a utilizar, el tipo de fundición que se requiere, entre otras especificaciones técnicas que muchas veces no quedan claras cuando el cliente las solicita, es por ello, que se incurren a muestreos previos al inicio de producción que pueden tardarse entre 2 a 6 meses hasta poder conseguir una pieza que cumpla con los estándares teóricos establecidos, adicionalmente, no se busca innovar en la producción por temor al rechazo por parte del cliente, cuando la competencia si podría estar haciéndolo, ya que considera otros factores más importantes e incluso no se revisa detalladamente las órdenes de fabricación, pues suponen que no se cambiaron las especificaciones técnicas cuando algunas veces si lo hacen, además, el no tener claro los requerimientos del cliente suele provocar retrasos en el inicio de producción o tener un índice alto de chatarra, lo cual genera incumplimientos en las entregas viéndose reflejado en penalidades por moras. Por estos motivos, se propone realizar la casa de la calidad para la familia de bombas, con el cual se podrán establecer las características de diseño del cliente y también de la competencia para poder ofrecer mejores productos.

Finalmente, en la Tabla 22 se resumen las causas recurrentes identificadas con las propuestas de mejora a implementar para cada una, con la finalidad de poder aumentar en indicador OTIF de la empresa y poder reducir las penalidades por moras de incumplimiento. En el siguiente capítulo se detallarán las propuestas para disminuir cada una de las causas recurrentes mencionadas en el resumen.

Tabla 22  
*Propuestas de mejora para las causas recurrentes.*

Problema	Causas	Propuestas
<b>Bajo            indicador de            OTIF en la            empresa</b>	1. Baja precisión en la elaboración de los pronósticos	1. Proponer la actualización del cálculo de los pronósticos con la aplicación de los métodos de enfoque. 2. Actualizar la MRP luego de mejorar los pronósticos.
	2. Falta de precisión en el Plan Agregado	3. Proponer el uso de una estrategia de planificación para la elaboración del Plan Agregado del área de moldeo.
	3. Falta de conocimiento de los requerimientos del cliente	4. Proponer la evaluación de los requerimientos del cliente, para identificar las actividades que deberán mejorar con la finalidad de reducir los productos defectuosos.



## Capítulo 4: Propuestas de mejora

En este capítulo se desarrollarán las propuestas de mejora que ayudarán a reducir las causas recurrentes del problema fundamental especificado en el punto anterior. Se comenzará realizando el análisis de la demanda de cada producto de la familia, con la finalidad de encontrar los patrones, luego se definirá el método de enfoque de pronósticos que la empresa debería seguir para el cálculo de la demanda futura. Con este pronóstico calculado se procederá a desarrollar un formato de MRP que ayude a obtener requerimientos más precisos al que actualmente se viene manejando. Adicionalmente se realizarán propuestas para las otras 2 causas identificadas.

Cabe precisar que el estudio se centrará únicamente en la familia de bombas, cuyos motivos ya fueron explicados en los puntos anteriores.

### **4.1. Propuesta 1: Actualización del cálculo de los pronósticos con la aplicación de los métodos de enfoque**

El siguiente análisis se realizó a inicios del año 2021, por tal motivo, se tiene como finalidad estudiar la demanda de los siguientes meses del presente año, tomando como referencia la demanda de años pasados.

#### **4.1.1. Análisis de patrones de demanda de la familia**

Se inicia el análisis de la demanda con el estudio de los patrones de cada una de las piezas de la familia de bombas, para lo cual, se utilizó información sobre la demanda de los años 2018, 2019 y 2020. Para este análisis se compararán las gráficas de cada pieza agrupadas anual, mensual y trimestralmente para poder decidir la tendencia más adecuada.

- Cajas de bomba

La primera pieza de la familia a analizar es la caja de bomba. En la Figura 14 se observa el comportamiento de la demanda mensual de cada año, mientras que en la Figura

15 se realizó el agrupamiento trimestral de esta, en la Figura 16 no se observa patrón alguno luego de analizar todos los meses de los últimos 3 años en conjunto. Comparando las gráficas se observa un patrón Estacional en la Figura 15, el cual se repite durante los 3 últimos años; los picos se dan bimestralmente, esto es debido a que las mineras realizan paradas programadas de planta y hacen uso de repuestos para este fin, por lo que la demanda de la empresa siempre es más alta en estos meses. En conclusión, se deduce por las figuras que el patrón de las cajas de bombas debería ser Estacional.

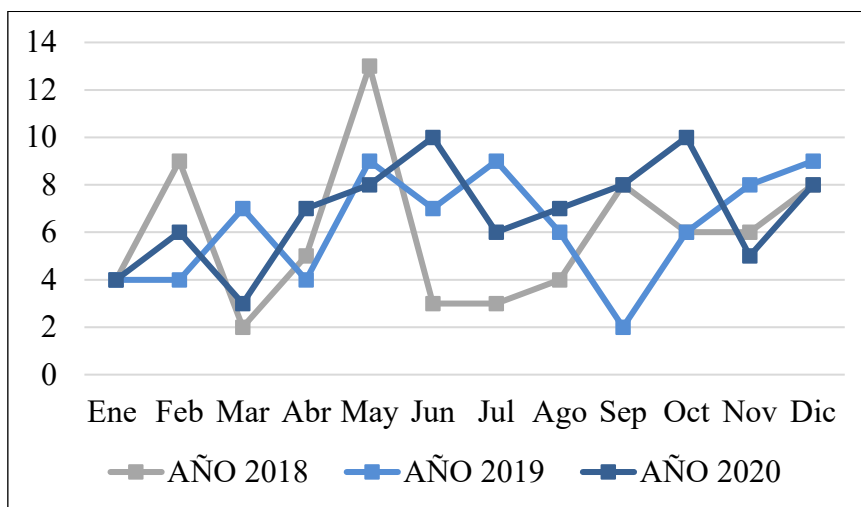


Figura 14: Demanda mensual agrupada por años de las cajas de bombas.

Fuente: Fundación S.A.

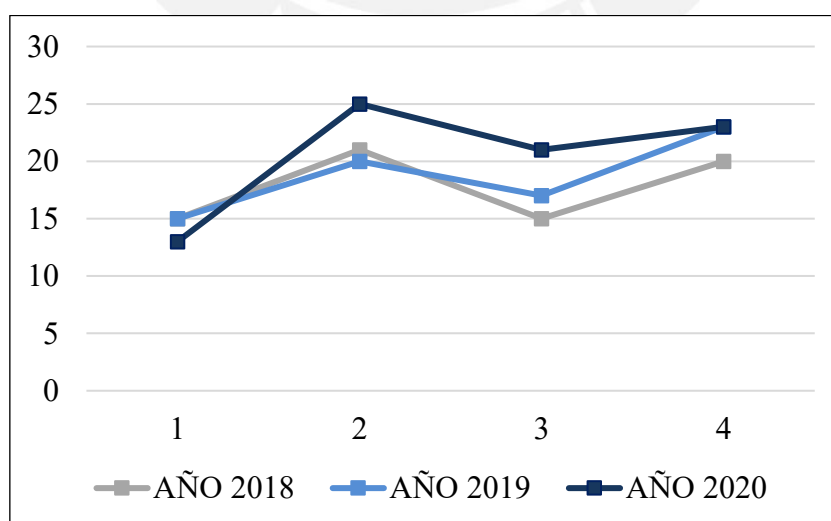


Figura 15: Demanda trimestral de las cajas de bomba.

Fuente: Fundación S.A.

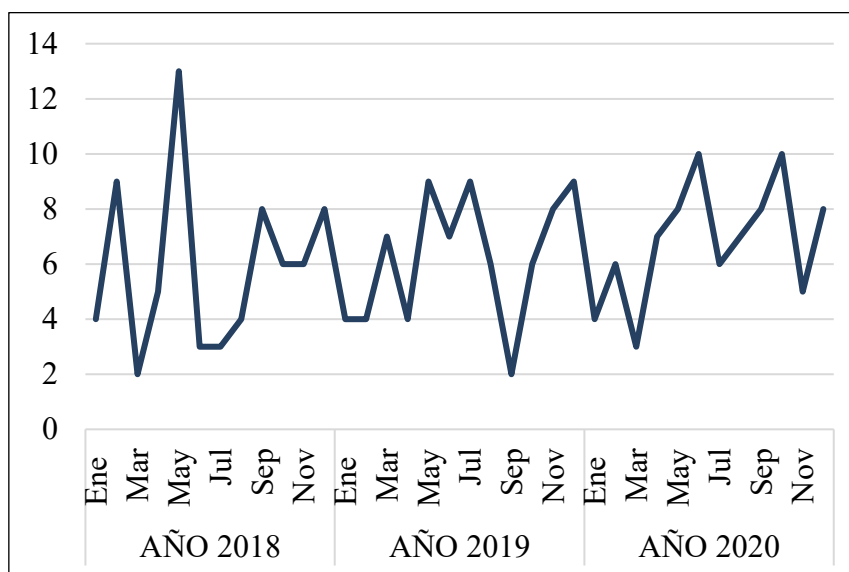


Figura 16: Demanda mensual de los últimos 3 años de las cajas de bomba.

Fuente: Fundición S.A.

- Platos de succión

En el caso de los platos de succión, se comenzó realizando una agrupación mensual para cada uno de los 3 años, el resultado se refleja en la Figura 17, se observó que esta no seguía una secuencia en específico por lo que en la Figura 18 se realizó una agrupación trimestral, en donde sí se aprecia una tendencia, la cual tiene un ligero cambio en los últimos dos trimestres. Luego, se optó por analizar todos los meses de los últimos 3 años en la Figura 19. Finalmente, se identifica una mayor demanda de los platos de succión en comparación con la caja de bombas, esto debido al desgaste frecuente que los primeros sufren por los materiales abrasivos usados para extraer las pulpas de minerales. En el siguiente punto se buscará definir si efectivamente se trata de un patrón Estacional.

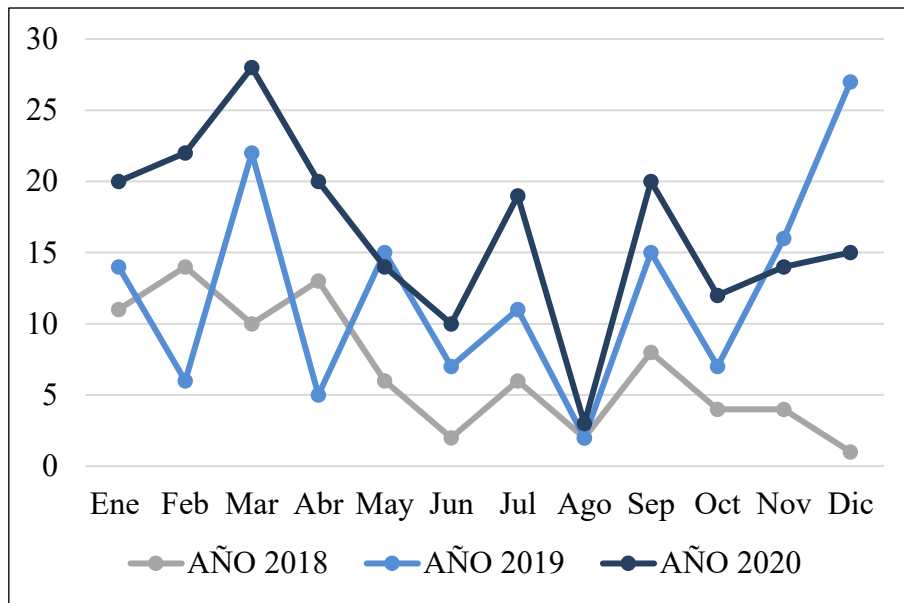


Figura 17: Demanda mensual agrupada por años de los platos de succión.

Fuente: Fundación S.A.

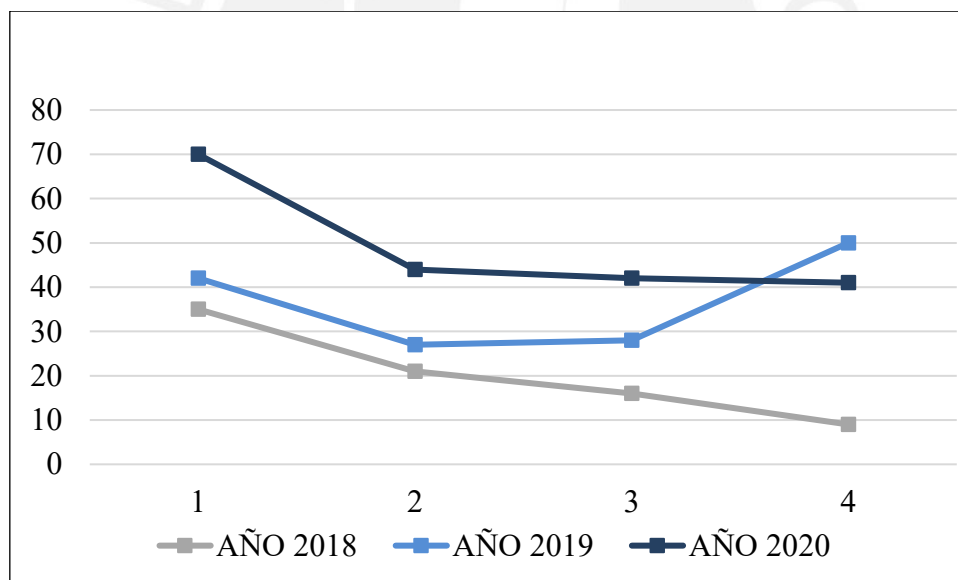


Figura 18: Demanda trimestral de los platos de succión.

Fuente: Fundación S.A.

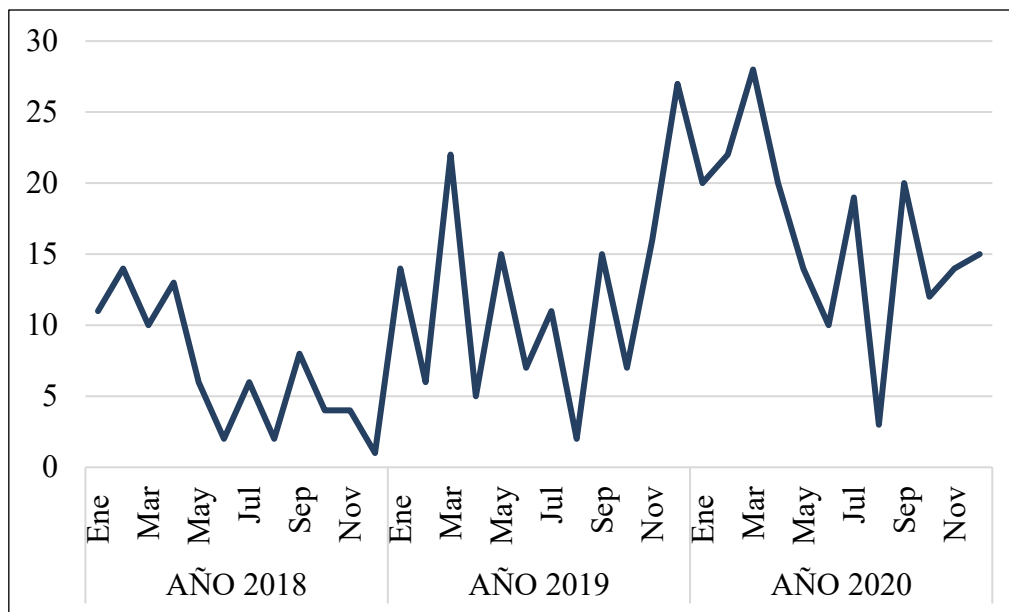


Figura 19: Demanda mensual de los últimos 3 años de los platos de succión.

Fuente: Fundación S.A.

- Codo de alimentación

En el caso de los codos de alimentación, se observa una ligera tendencia en la Figura 20 cuando se realiza el análisis de cada año, el año 2019 y 2020 siguen un patrón similar, pero en el año 2018 se ve una variación durante los meses de julio y octubre. Un caso similar se da en la Figura 22, en donde se detectan los picos más altos entre los meses de julio y septiembre. Finalmente, en la Figura 21 de la agrupación trimestral se observa con mayor detalle un patrón cuyo pico más alto se da en el tercer trimestre de cada año, en contraste con la demanda de las cajas de bomba, pues el requerimiento de los codos de alimentación se hace posterior a las paradas de planta por mantenimiento de las mineras, ya que estos no sufren un desgaste relevante en las operaciones. De igual manera, se deberá realizar un análisis cuantitativo para determinar si este tipo de piezas posee un patrón estacional.

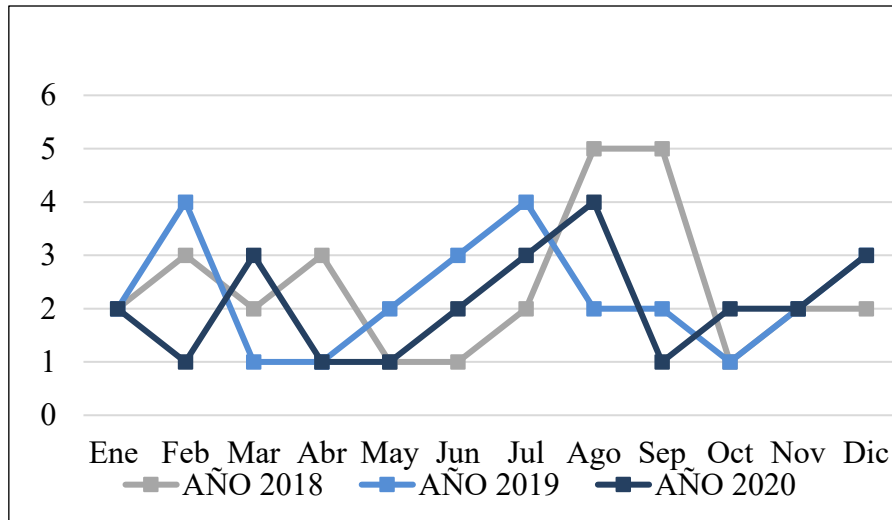


Figura 20: Demanda mensual agrupada por años de los codos de alimentación.

Fuente: Fundación S.A.

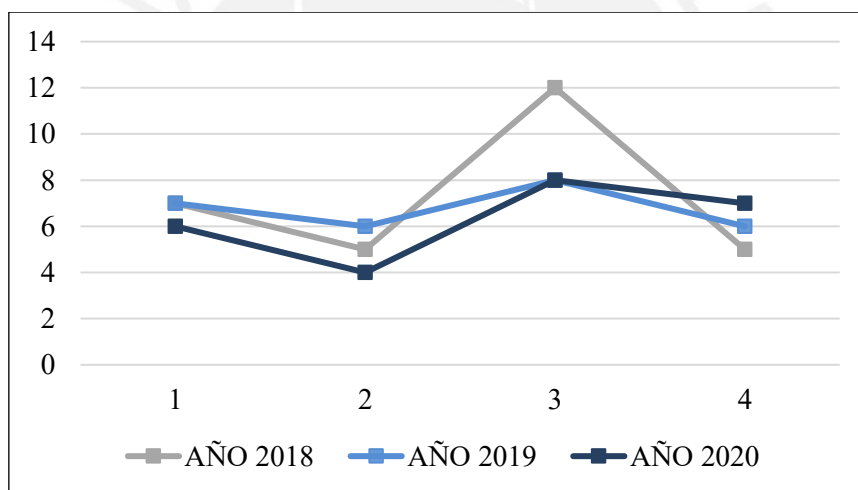
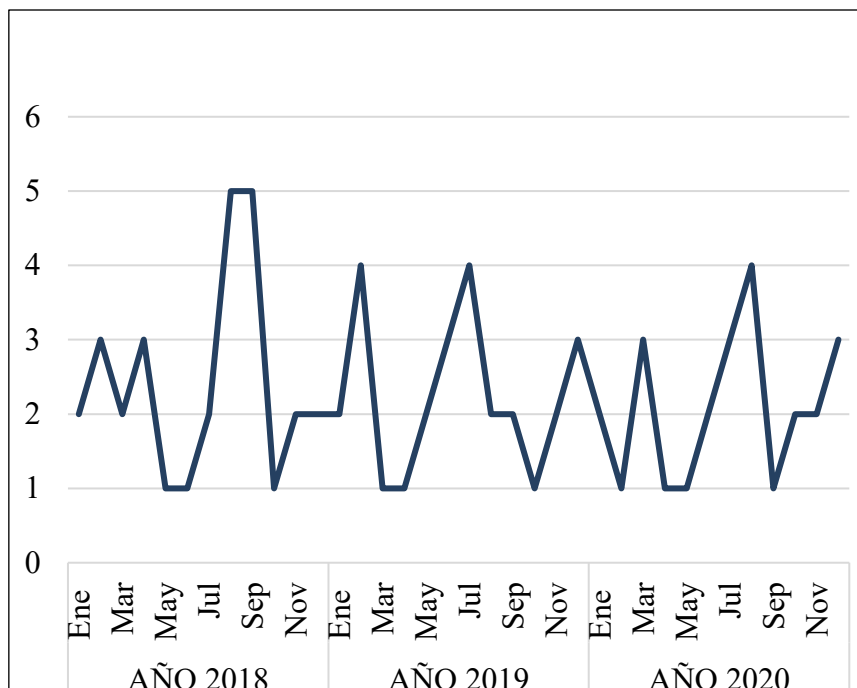


Figura 21: Demanda trimestral del codo de alimentación.

Fuente: Fundación S.A.



*Figura 22:* Demanda mensual de los últimos 3 años de los codos de alimentación.

*Fuente:* Fundación S.A.

- Impulsores

Se aplicaron los 3 tipos de agrupaciones para la demanda de los impulsores, se podría concluir que el patrón estacional es el que presenta mayor tendencia, pues a pesar de que el año 2018 no comparte la misma gráfica con el 2019 y 2020, es el único que presenta repetición en la demanda.

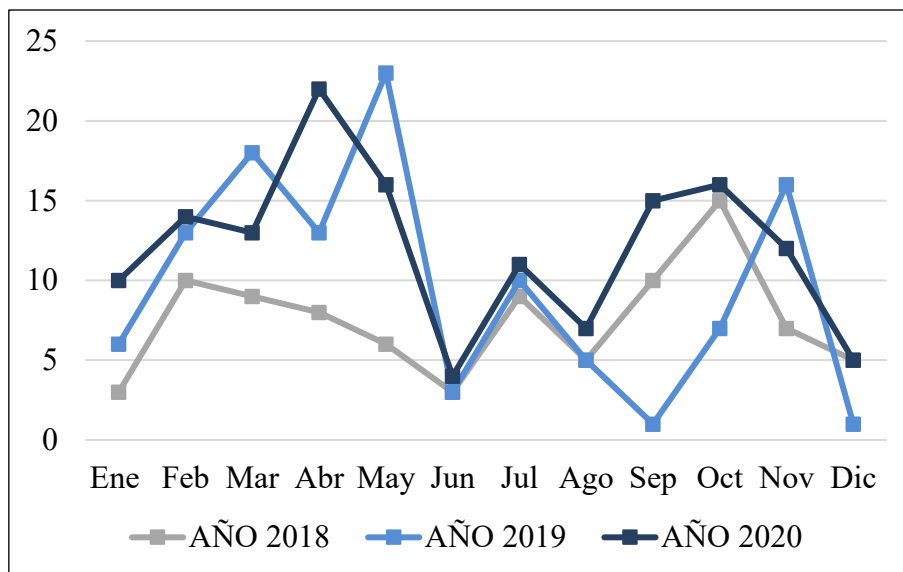


Figura 23: Demanda mensual agrupada por años de los impulsores.

Fuente: Fundación S.A.

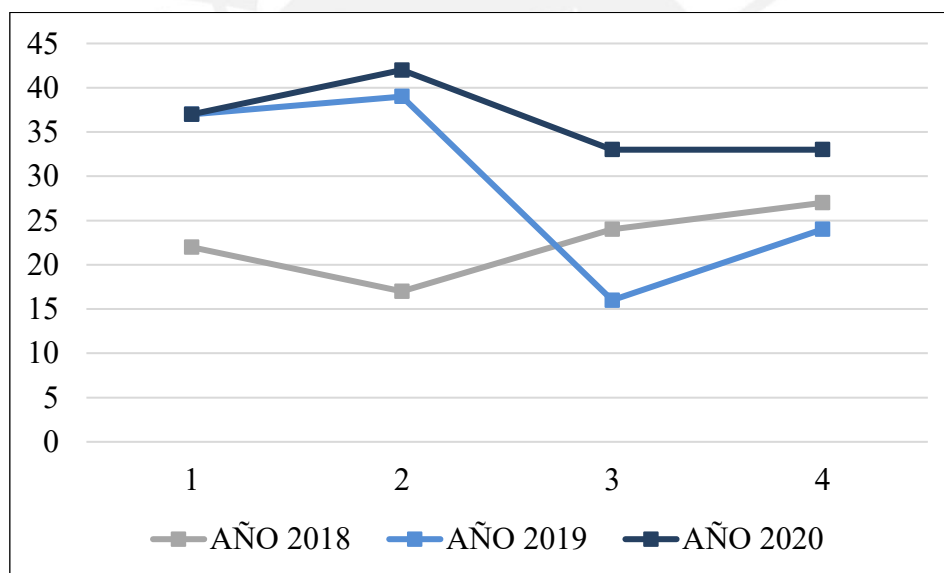


Figura 24: Demanda trimestral de los impulsores.

Fuente: Fundación S.A.



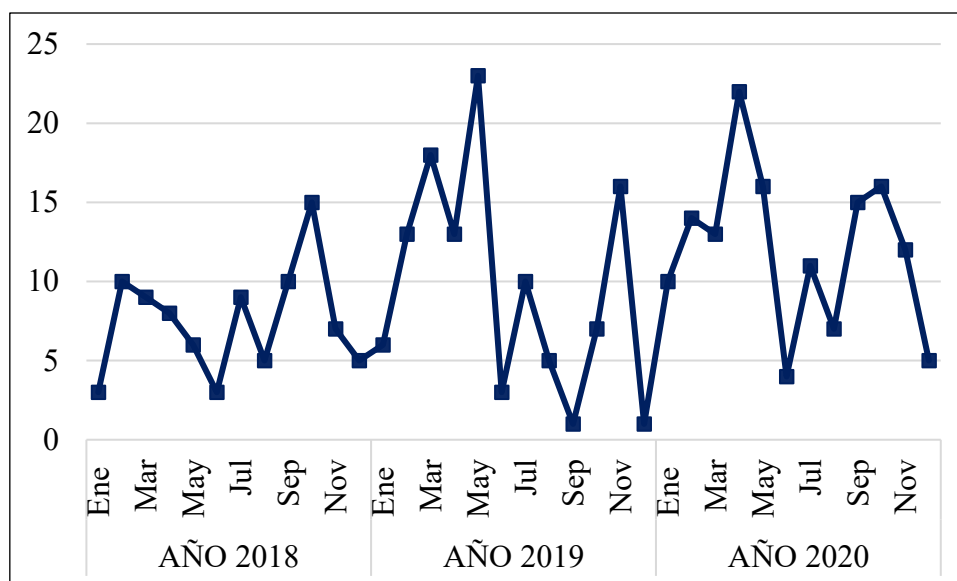


Figura 25: Demanda mensual de los últimos 3 años de los impulsores.

Fuente: Fundación S.A.

#### 4.1.2. Determinación del método de enfoque de pronósticos

Luego de estimar el patrón de demanda para cada tipo de pieza, se realizará el análisis de estos haciendo uso de los métodos de enfoque de pronósticos, en este caso, del método estacional multiplicativo y del método de suavización exponencial, pues si bien para los impulsores y platos de succión la demanda es fluctuante, esta no cambia rápidamente como para llegar a ser aleatoria. Finalmente, se realizará el cálculo de los errores de pronósticos del año 2020 para cada método, comparando la demanda real con la pronosticada, de esta manera se podrá determinar el más apropiado que deberá ser aplicado en la empresa, con la finalidad de aumentar la precisión del pronóstico de su demanda, mejorando el cumplimiento en las órdenes de fabricación y poder determinar la demanda proyectada del 2021. Todos los cálculos se encuentran detallados en el **Anexo 8**, en la Tabla 23 se encuentra el detalle de los errores calculados.

Tabla 23

*Errores calculados para los pronósticos del 2020.*

Pieza	Método Estacional Multiplicativo		Método Suavización Exponencial	
	MAPE con Enfoque de Pronósticos	MAD con Enfoque de Pronósticos	MAPE con Enfoque de Pronósticos	MAD con Enfoque de Pronósticos
<b>Caja de Bomba</b>	14%	2.5	28%	2.0
<b>Plato de Succión</b>	20%	2.8	63%	5.0
<b>Codo de alimentación</b>	21%	1.3	48%	0.8
<b>Impulsor</b>	24%	3.1	46%	5.5

En la Tabla 24 se muestra la comparación de MAPE's entre el pronóstico calculado por el área de Planeamiento y los métodos sugeridos para mejorar la precisión de los pronósticos. Se concluye con los resultados, que se deberá aplicar el método estacional multiplicativo a todas las piezas, esto causa sentido debido a que son piezas que se requieren para inicios de proyectos y mantenimientos, que suelen darse a mediados y a finales del año, por lo que es la tendencia que la demanda representa, tanto gráfica como cuantitativamente.

Tabla 24

*Comparación de MAPE del año 2020 utilizando el pronóstico del área de Planeamiento comparado con el Enfoque de Pronósticos Estacional Multiplicativo.*

Pieza	MAPE actual de Planeamiento	Método Propuesto	MAPE con Enfoque de Pronósticos
<b>Caja de Bomba</b>	34.34%	Estacional Multiplicativo	14.00%
<b>Plato de Succión</b>	51.44%	Estacional Multiplicativo	20.00%
<b>Codo de alimentación</b>	74.31%	Estacional Multiplicativo	21.00%
<b>Impulsor</b>	65.01%	Estacional Multiplicativo	24.00%

*Fuente: Fundación S.A.*

Con estos resultados se procederá a pronosticar la demanda del 2021 para cada tipo de pieza.

- Cajas de bomba

En la Tabla 25 se encuentra el cálculo del pronóstico del 2021 haciendo uso del método estacional multiplicativo, para lo cual se agrupó la demanda trimestralmente, tal como se hizo para estimar el patrón gráficamente.

Tabla 25

*Pronóstico del año 2021 de la familia de caja de bombas aplicando el método de estacional multiplicativo.*

Trimestre	Pronóstico 2021
1	17
2	26
3	21
4	26

Se debe recordar que el MAPE calculado en el escenario ácido del año 2020 por el jefe de Planeamiento fue de 34.34% y aplicando este método se podría reducir cerca del 20% de error.

- Platos de succión

En el caso de los platos de succión, se hizo una agrupación trimestral para realizar los cálculos, pues en el punto anterior parecía tener un patrón estacional con esa agrupación, sin embargo, al realizar el cálculo del MAPE para este y el mensual, dio como resultado que el mensual poseía menor MAPE. En la Tabla 26 se muestra el resumen de los pronósticos calculados para el año 2021 con una agrupación mensual.

Tabla 26

*Cálculo del pronóstico 2021 para los platos de succión utilizando el método de suavización exponencial y estacional multiplicativo.*

Mes	Pronóstico 2021
Ene	29
Feb	28
Mar	36
Abr	26
May	22
Jun	11
Jul	21
Ago	5
Sep	26
Oct	14
Nov	20
Dic	24

En la Tabla 23 se resume el cálculo de errores, el menor MAPE se obtiene aplicando el método estacional multiplicativo mensual. Se observa que el MAPE que se obtuvo con el pronóstico del jefe de Planeamiento (51.44%) es casi 30% mayor que este método, por lo que se recomienda aplicarlo.

- Codo de alimentación

Al igual que en el análisis de la gráfica, se procedió a agrupar la data en trimestres para aplicar el método estacional multiplicativo, los resultados se muestran en la Tabla 27. El pronóstico para el año 2020 del jefe de Planeamiento arrojó un error del 74.31%, mientras que, aplicando el método de suavización exponencial, este se reduce a 21%.

Tabla 27

*Pronóstico del año 2021 de codos de alimentación aplicando el método de estacional multiplicativo agrupado trimestralmente.*

Trimestre	Pronóstico 2021
1	6
2	5
3	8
4	6

- Impulsores

E la Tabla 28 se muestra el pronóstico calculado para el 2021 haciendo uso del método estacional multiplicativo. En el resumen de la Tabla 23 se concluye que el método estacional multiplicativo es el más adecuado para estimar la demanda, pues el método del jefe tiene un error del 37.73%, mientras que con este método se tiene un 24%, siendo menor.

Tabla 28

*Pronóstico del año 2021 de los impulsores aplicando el método de suavización exponencial y estacional multiplicativo.*

Mes	Pronóstico 2021
Ene	9
Feb	19
Mar	20
Abr	21
May	22
Jun	5
Jul	16
Ago	9
Sep	13
Oct	20
Nov	18
Dic	6

Finalmente, se puede concluir que los codos de alimentación e impulsores son los que mayor error presentan, por lo que es necesario presentar una nueva MRP que permita

al área de Planeamiento realizar mejores requerimientos para el 2021, esto será desarrollado en la siguiente propuesta de mejora.

#### **4.1.3. Plan de sostenibilidad para la Propuesta 1**

Como parte de la propuesta de mejora se tiene proyectado aplicar capacitaciones a todo el equipo de Planeamiento sobre pronósticos, en donde se les enseñará como calcular los pronósticos de la demanda como también a analizarlos, es por ello que se propone realizar este análisis cada 6 meses luego de la implementación de los métodos de pronósticos. En este análisis se deberá evaluar el MAPE y el MAD de las proyecciones realizadas con la demanda real en ese tiempo, en caso los errores sean elevados se deberá evaluar otro método que permita disminuirlos. La elección del método deberá estar a cargo del jefe de Planeamiento y de los asistentes para realizar los cálculos nuevamente, es importante realizar este control periódicamente para evitar que los errores aumenten e incurrir nuevamente en altas moras.

#### **4.2. Propuesta 2: Actualización de la MRP, PMP y BOM**

Otra de las causas recurrentes que afectan al indicador OTIF de la empresa es la baja precisión de la MRP, el cual se ve afectado por el pronóstico realizado por el área de Planeamiento, es por ello, que luego de analizar los métodos para la mejora de la precisión de los pronósticos se decidió actualizar la MRP de codos de alimentación y los impulsores, pues fueron los que presentaron el mayor porcentaje de error.

##### **4.2.1. Definición de la BOM, PMP y Registro de inventarios de las cajas de bomba**

Para poder desarrollar una adecuada MRP de las piezas seleccionadas de la familia de bombas, es necesario definir claramente las entradas, las cuales son la BOM, el PMP y el registro de inventarios.

- BOM:

Para la elaboración de los codos de alimentación e impulsores se necesitan los siguientes insumos:

- Catalizador y resinas: Son insumos químicos que se mezclan con la arena durante el moldeo de las piezas para poder acelerar el fraguado de los moldes y poder aumentar su dureza, también son utilizados para la fabricación de las almas. Se utiliza un estándar dentro de la empresa de 3% de catalizador y 1% de resina por cada kilogramo de arena, definido por Ingeniería.
- Arena: La arena es el insumo principal dentro de la fabricación de molde, esta puede ser cromita, sílice o zircón.
- Almas: También conocidos como machos, su fabricación se realiza en el área de Almas de la empresa, su función principal es de crear los agujeros y formas internas de la pieza de acero, estas deben ser colocadas durante el proceso de moldeo antes de tapar los moldes. Estas son fabricadas de arena cromita, sílice y zircón, al igual que los moldes.
- Insertos: Los insertos son piezas metálicas que se adquieren de un proveedor externo, los cuales se utilizan para darle forma a las roscas de las cajas de bomba.
- Cerámicos: Los cerámicos son utilizados como conductos para transportar la chatarra fundida dentro del molde de arena.
- Chatarra: La chatarra es uno de los principales insumos para la producción de cajas de bomba, se utiliza directamente en la fundición de estas.
- Manguitos: Los manguitos se utilizan para poder regular el llenado de las piezas de acero, con esto se puede visualizar si la pieza llenó por completo o no, son proporcionados por un proveedor externo nacional.

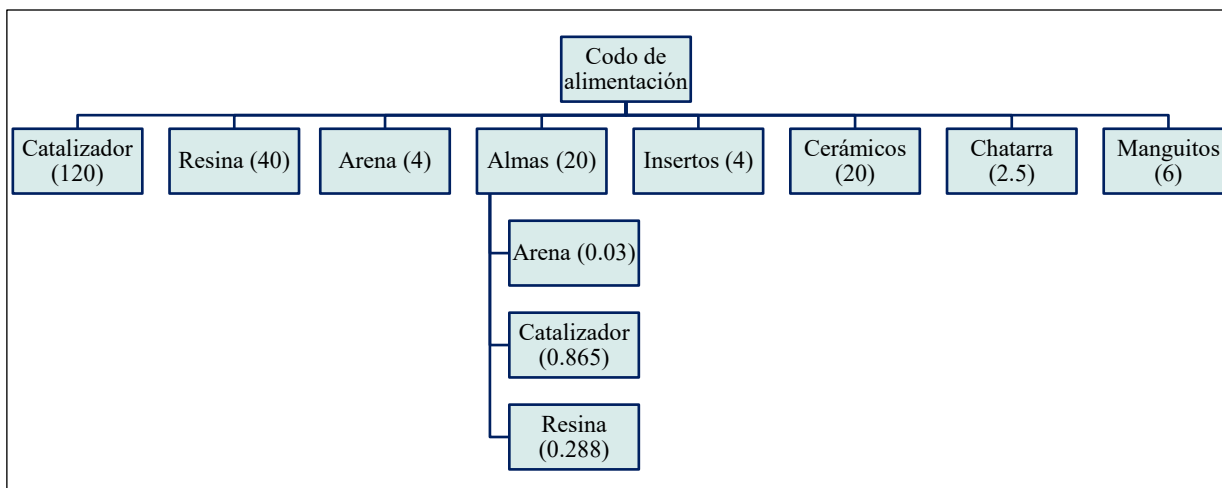


Figura 26: Lista de materiales de los codos de alimentación.

Fuente: Fundación S.A.

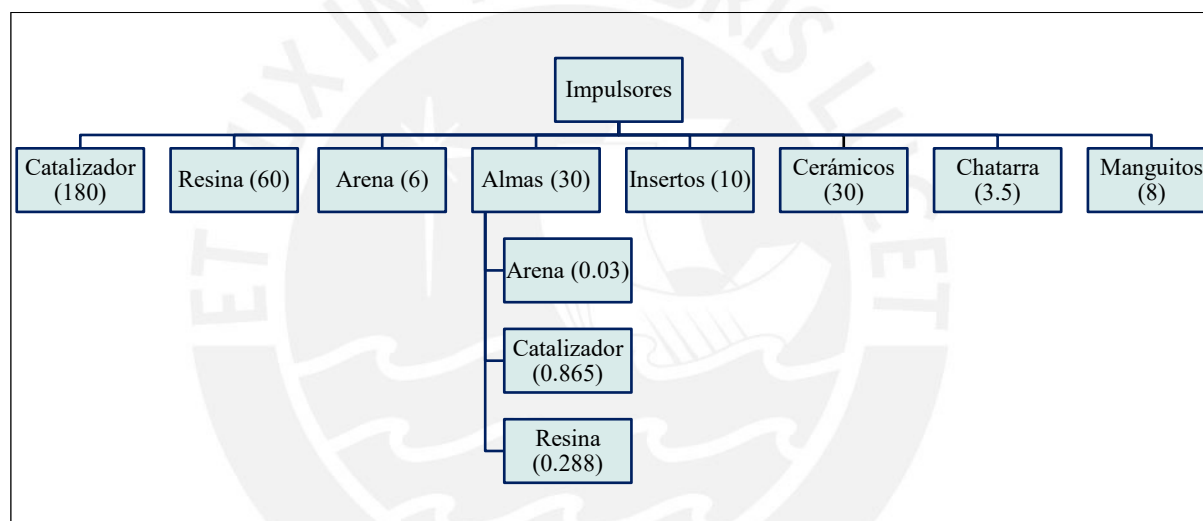


Figura 27: Lista de materiales de los impulsores.

Fuente: Fundación S.A.

- PMP

Para poder elaborar el PMP de cada una de las dos piezas, se tomó como referencia los pronósticos hallados en el punto anterior. Se debe tener en cuenta que ambas demandas debieron ser agrupadas trimestralmente para conseguir el menor porcentaje de errores. A la vez, se optó por trabajar con las demandas del mes de noviembre y diciembre, pues son los más alejados al mes actual. En el caso de los codos de alimentación, se sabe que el consumo mensual es entre 1 a 2 codos como máximo, es por ello que en el PMP



elaborado para esta pieza solo se considera demanda a finales de cada mes. En las Tablas 29 y 30 se muestran los criterios para la elaboración de los PMP's, se opta por un tamaño de lote LxL, pues solo se fabrica lo pronosticado mensualmente, se cuenta con un inventario inicial de 0 para el caso de los codos de alimentación y con un inventario inicial de 3 para los impulsores, pues en esta última pieza si se adelantan pedidos por ser numerosos, a pesar de ello, la empresa no cuenta con stock de seguridad debido a que son piezas de gran tamaño ocasionando que el costo de inventario sea elevado.

Tabla 29

*Criterios para el PMP de los codos de alimentación.*

<b>Tamaño de Lote fijo</b>	<b>LxL</b>
<b>Inventario inicial</b>	<b>0</b>
<b>Stock de seguridad</b>	<b>0</b>

*Fuente: Fundición S.A.*

Tabla 30

*Criterios para el PMP de los impulsores.*

<b>Tamaño de Lote fijo</b>	<b>LxL</b>
<b>Inventario inicial</b>	<b>3</b>
<b>Stock de seguridad</b>	<b>0</b>

*Fuente: Fundición S.A.*

En la Tabla 31 y 32 se puede observar el plan de producción para cada uno de los periodos, el cual es equivalente al pronóstico semanal al ser un LxL. Se utilizará esta información para la elaboración del MRP de cada una de las piezas.

Tabla 31

*PMP de los codos de alimentación.*

	Octubre				Noviembre				Diciembre			
<b>Pronóstico 2021</b>	2				2				3			
<b>Semanas</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>
<b>Pronóstico semanal</b>	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
<b>Pedidos pendientes de entregar a clientes</b>												
<b>PMP/ Caja bomba</b>	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
<b>Inventario final</b>												

*Fuente: Fundación S.A.*

Tabla 32

*PMP de los impulsores.*

	Octubre				Noviembre				Diciembre			
<b>Pronóstico 2021</b>	11				12				12			
<b>Semanas</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>
<b>Pronóstico semanal</b>	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Pedidos pendientes de entregar a clientes</b>												
<b>PMP/ Caja bomba</b>	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Inventario final</b>												

*Fuente: Fundación S.A.*

- Registro de inventarios:

Se definieron los registros de inventarios para cada una de las piezas elegidas, la información fue brindada por el área de Logística quienes son los que mantienen comunicación con los proveedores, los stocks de seguridad fueron definidos por el área de Planeamiento basándose en los tiempos de fabricación de cada pieza. En la Tabla 33 y 34 se muestran ambos registros.

Tabla 33

*Registro de inventarios de los codos de alimentación.*

Producto	UND	Inventario Inicial	Regla de tamaño de lote	Lead time	SS
<b>Codo de alimentación</b>	UND	0	LXL	3 semanas	0
<b>Almas</b>	UND	0	LXL	2 días	0
<b>Arena</b>	TM	100	FOQ= 50	3 semanas	100
<b>Catalizador</b>	L	1000	FOQ= 250	3 semanas	500
<b>Resina</b>	L	500	FOQ= 100	3 semanas	200
<b>Insertos</b>	UND	0	LXL	2 semanas	0
<b>Manguitos</b>	UND	20	LXL	2 semanas	3
<b>Cerámicos</b>	UND	100	FOQ= 100	2 semanas	20
<b>Chatarra</b>	TM	50	FOQ= 50	4 semanas	20

*Fuente: Fundación S.A.*

Tabla 34

*Registro de inventarios de los impulsores.*

Producto	UND	Inventario Inicial	Regla de tamaño de lote	Lead time	SS
<b>Impulsores</b>	UND	3	LXL	3 semanas	0
<b>Almas</b>	UND	0	LXL	2 días	0
<b>Arena</b>	TM	100	FOQ= 50	3 semanas	100
<b>Catalizador</b>	L	1000	FOQ= 250	3 semanas	500
<b>Resina</b>	L	500	FOQ= 100	3 semanas	200
<b>Insertos</b>	UND	0	LXL	2 semanas	0
<b>Manguitos</b>	UND	20	LXL	2 semanas	3
<b>Cerámicos</b>	UND	100	FOQ= 100	2 semanas	20
<b>Chatarra</b>	TM	50	FOQ= 50	4 semanas	20

*Fuente: Fundación S.A.*

- Almas: En el caso de las almas, se suelen fabricar dos días antes del moldeo de las piezas, no pueden estar mucho tiempo sin utilizarse, ya que la arena pierde propiedades como dureza y resistencia, por esta misma razón no se cuenta con inventarios iniciales ni stock de seguridad, estas almas se fabrican en la misma empresa en el área de almas.

- Arena: La arena se suele adquirir de proveedores nacionales e internacionales, se estima un tiempo de lead time de 3 semanas, pero de igual manera se maneja un stock de seguridad de 100 TM en caso este tiempo se alargue, actualmente la empresa cuenta con un inventario inicial el cual es el stock de seguridad del periodo.
- Catalizador y resina: Tanto el catalizador como la resina se consiguen de proveedores nacionales que tienen un lead time de 3 semanas, ambos cuentan con stock de seguridad en caso la producción aumente y se deba incrementar el moldeo para poder satisfacer las nuevas órdenes, se cuenta con menos SS e inventario inicial para el caso de la resina, ya que esta es utilizada en un menor porcentaje (1%).
- Insertos: Los insertos vienen de un proveedor nacional cuyo lead time suele ser de 2 semanas, se pide solo la cantidad exacta para la demanda proyectada debido a su alto costo, por tal motivo, no se cuenta con SS ni con inventario inicial.
- Manguitos: Los manguitos al igual que los insertos se piden de acuerdo con la orden que haya ingresado por su elevado costo, pero a comparación de los insertos, se debe tener stock de seguridad, ya que algunas veces estos vienen dañados y no se pueden utilizar para la producción, el proveedor es nacional, por lo que se maneja un lead time de 2 semanas.
- Cerámicos: Para los cerámicos, el proveedor solicita que se pidan por lotes de 100 unidades, debido a su tamaño y al poco volumen que estos abarcan en los transportes, este material es muy frágil, por lo que se cuenta con un stock de seguridad considerable.
- Chatarra: Para la chatarra se tiene un lead time de 4 semanas pues el proveedor es internacional y las compras se ganan a través de licitaciones, algunas veces se

puede adquirir de mineras que se encuentran en el país, pero es cada 6 meses que se realizan cambios en la maquinaria minera y se desechan aquellas partes que carecen de funcionalidad.

Con los datos del PMP se procedió a realizar la MRP para las piezas y cada uno de los insumos del BOM. Se debe considerar que tanto las piezas como las almas que se utilizan para su moldeo llevan arena, catalizador y resina, es por ello, que dentro de cada MRP se ha considerado la suma de ambas necesidades para obtener un total, a la vez, se realizó únicamente la MRP para las últimas semanas del año. Esta MRP se encuentra en el **Anexo 9**.

Como se detalla en la Tabla 33 y 34, el lead time de fabricación para las piezas es elevado, por ello, al contar con un pronóstico preciso, se podrán hacer requerimientos de insumos y materia prima a tiempo y en la cantidad correcta para evitar que la producción se detenga, esto ayudará a mejorar el indicador OTIF de la empresa, generando satisfacción en los clientes y aumentando las utilidades. Finalmente, en la Tabla 35 se detalla el cálculo de la MRP para los impulsores, en este caso para la pieza como tal, para las almas y la arena, las cuales son parte del BOM, el cálculo se hizo basado a las condiciones iniciales que maneja la empresa y al BOM detallado en la Figura 27. En las Tablas 36 y 37 se observan los reportes de salida de la liberación de órdenes planeadas para las últimas 8 semanas del 2021.

Tabla 35

*Extracto de la MRP de los impulsores.*

Condiciones Iniciales	IMPULSORES	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48
Inv. Inicial = 3 UND	Requerimientos brutos	2	3	3	3	3	3	3	3
Regla de tamaño = LXL	Recepciones programadas	0	3	2	0	0	0	0	0
Lead time = 3 semanas	Inventario final proyectado	1	1	0	0	0	0	0	0
SS = 0	Requerimientos netos	0	2	3	3	3	3	3	3
	Recepciones de orden planeada	0	0	0	3	3	3	3	3
	Liberación de órdenes planeadas	3	3	3	3	3	3	3	3
Condiciones Iniciales	ALMAS	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48
Inv. Inicial = 0 UND	Requerimientos brutos	90	90	90	90	90	90	90	90
Regla de tamaño = LXL	Recepciones programadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Lead time = 2 días	Inventario final proyectado	0	0	0	0	0	0	0	0
SS = 0	Requerimientos netos	90	90	90	90	90	90	90	90
	Recepciones de orden planeada	90	90	90	90	90	90	90	90
	Liberación de órdenes planeadas	90	90	90	90	90	90	90	90
Condiciones Iniciales	ARENA	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48
Inv. Inicial = 100 TM	Requerimientos brutos	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
Regla de tamaño = FOQ = 50 TM	Recepciones programadas	50	0	50	0	0	0	0	0
Lead time = 3 semanas	Inventario final proyectado	129.3	108.6	137.9	117.2	146.5	125.8	105.1	134.4
SS = 100 TM	Requerimientos netos	20.7	0	12.1	0	3.5	0	0	15.6
	Recepciones de orden planeada	0	0	0	0	50	0	0	50
	Liberación de órdenes planeadas	0	50	0	0	50	0	0	0

Tabla 36

*Reporte de liberación de órdenes planeadas para los impulsores.*

Materiales	Semanas proyectadas											
	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48	Sem 49	Sem 50	Sem 51	Sem 52
Impulsores	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0
Almas	90	90	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0
Arena	0	50	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
Catalizador	500	500	750	750	500	750	0	0	0	0	0	0
Resina	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	0	0
Insertos	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0	0	0
Manguitos	24	24	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0
Cerámicos	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
Chatarra	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 37

*Reporte de liberación de órdenes planeadas para los codos de alimentación.*

Materiales	Semanas proyectadas											
	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48	Sem 49	Sem 50	Sem 51	Sem 52
Codos de alimentación	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Almas	30	0	0	30	30	0	30	30	30	0	0	0
Arena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Catalizador	0	250	0	250	250	0	0	0	0	0	0	0
Resina	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0
Insertos	0	10	10	0	10	10	10	0	0	0	0	0
Manguitos	0	0	7	0	8	8	8	0	0	0	0	0
Cerámicos	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chatarra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

#### 4.2.2. Plan de sostenibilidad para la Propuesta 2

Para poder asegurar que la proyección de la MRP se está realizando correctamente, es importante que el asistente de Planeamiento establezca indicadores para medir los insumos utilizados en la producción, uno de estos indicadores se puede calcular haciendo un comparativo entre lo que se solicitó versus lo que realmente se utilizó, también se puede establecer un indicador para los pedidos de emergencia que se hayan realizado durante cada mes, pues sería un reflejo de una mala planificación, de esta manera se podrá

evitar excesos y quiebre de stock que puedan perjudicar con la continuidad de las operaciones.

#### **4.3. Propuesta 3: Mejorar la precisión del Plan Agregado del área de moldeo con el uso de una estrategia de planificación**

Como se mencionó el punto anterior, el área más crítica para asegurar la continuidad de las operaciones dentro de la empresa es moldeo, pues es ahí donde las piezas nacen y se genera el WIP. Por tal motivo, se propone elaborar el Plan Agregado de esta área para poder determinar la cantidad necesaria de operarios que permita completar las órdenes pronosticadas con el menor costo posible. En la Tabla 44 se definen los criterios que se utilizarán para la elaboración de este Plan.

Tabla 38  
*Criterios para elaborar el Plan Agregado del área de moldeo*

<b>Basándonos en el área de moldeo</b>		
<b>Datos</b>		
Tasa diaria de producción/operario	750	kg/día
Pago por trabajador	15.38	\$ /día
Costo de tiempo extra por trabajador	1.7	\$/hora
Costo de contratar	380	\$/trabajador
Costo de despedir	635	\$/trabajador
Costo de inventario mensual	1.50	\$/kg
Horario de trabajo	5	días/semana
Horas de trabajo (2 turnos)	8	horas/día
Cantidad inicial operarios	9	

*Fuente: Fundición S.A.*

Se evaluarán las siguientes estrategias:

- Estrategia 1: Al nivel de utilización, se evaluará la cantidad de operarios necesarios para una producción de 6 meses considerando una fuerza de trabajo constante en la demanda más baja, que en este caso se dio en el mes de agosto (5574 kg), y pagar horas extras en caso sea necesario. No se deberá tener



inventario para no incurrir en este costo. Para esta estrategia será necesario despedir a un operario.

Tabla 39

*Estrategia 1: Persecución o inventario cero.*

	<b>Jul.</b>	<b>Agos.</b>	<b>Set.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
<b>Días (Dato)</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>103</b>
<b>Demanda (Dato)</b>	<b>145000</b>	<b>78036</b>	<b>151000</b>	<b>142000</b>	<b>150000</b>	<b>136000</b>	<b>802036</b>
							5574
<b>Número de trabajadores requeridos</b>	8	8	8	8	8	8	
<b>Tn procesadas</b>	108000	84000	108000	108000	102000	108000	
<b>Inventario acumulado</b>							
<b>Tiempo extra horas (días)</b>	98.67	0	114.67	90.67	128.00	74.67	
<b>despidos</b>	1						
<b>COSTOS</b>							
<b>Mano de Obra</b>	2215	1723	2215	2215	2092	2215	12673
<b>Tiempo extra</b>	1973	0	2293	1813	2560	1493	10133
<b>Despedir</b>	635						635
							<b>\$</b>
							<b>23,441.45</b>

- Estrategia 2: Tasa de producción y fuerza de trabajo constante, se considera una producción diaria constante para lo cual se dividió la producción total de estos 6 meses sobre los días trabajados, con esto se obtiene la mano de obra constante con la que se deberá trabajar en el semestre. Se incurre en costos de inventario, los cuales son muy elevados mensualmente.

Tabla 40

*Estrategia 2: Tasa de producción y fuerza de trabajo constante.*

	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Total</b>
<b>Días (Dato)</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>103</b>
<b>Demanda (Dato)</b>	<b>145000</b>	<b>78036</b>	<b>151000</b>	<b>142000</b>	<b>150000</b>	<b>136000</b>	<b>802036</b>
							7787
<b>Número de trabajadores requeridos</b>	11	11	11	11	11	11	
<b>Tn procesadas</b>	148500	115500	148500	148500	140250	148500	
<b>Inventario acumulado</b>	3500	40964	38464	44964	35214	47714	
<b>COSTOS</b>							
<b>Mano de Obra</b>	3045	2369	3045	3045	2876	3045	17426
<b>Inventario acumulado</b>	5250	61446	57696	67446	52821	71571	316230
<b>Contratar</b>	760						760
							\$
							<b>334,415.54</b>

- Estrategia 3: Persecución - Contratar y despedir, se trabajará con la demanda diaria de cada mes y se contratará o despedirá personal en caso sea necesario.

Tabla 41

*Estrategia 3: Contratar y despedir.*

	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Total</b>
<b>Días (Dato)</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>103</b>
<b>Demanda (Dato)</b>	<b>145000</b>	<b>78036</b>	<b>151000</b>	<b>142000</b>	<b>150000</b>	<b>136000</b>	<b>802036</b>
<b>Pronostico /día</b>	8056	5572	8389	7889	8824	7556	
<b>Número de trabajadores requeridos</b>	11	7	11	11	12	10	
<b>Tn procesadas</b>	145008	78008	151002	142002	150008	136008	
<b>despidos</b>		4				2	
<b>Contratar</b>	2		4		1		
<b>COSTOS</b>							
<b>Mano de Obra</b>	2974	1600	3097	2912	3076	2789	16447
<b>Despidos</b>	0	2540	0	0	0	1074	3614
<b>Contratar</b>	760	0	1427	0	474	0	2661
							\$
							<b>22,721.67</b>

- Estrategia 4: Mixta, se optará por contratar un operario más y hacer horas extras en caso se requiera, sin considerar costos de inventario.

Tabla 42

*Estrategia 4: Mixta.*

	<b>Jul.</b>	<b>Agos.</b>	<b>Set.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Total</b>
<b>Días (Dato)</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>103</b>
<b>Demanda (Dato)</b>	<b>145000</b>	<b>78036</b>	<b>151000</b>	<b>142000</b>	<b>150000</b>	<b>136000</b>	<b>802036</b>
							5574
<b>Número de trabajadores requeridos</b>	10	10	10	10	10	10	
<b>Tn procesadas</b>	135000	105000	135000	135000	127500	135000	
<b>Inventario acumulado</b>							
<b>Tiempo extra horas (días)</b>	21.33	0	34.13	14.93	48.00	2.13	
<b>Contratos</b>	1						
<b>COSTOS</b>							
<b>Mano de Obra</b>	2768	2153	2768	2768	2615	2768	15841
<b>Tiempo extra</b>	533	0	853	373	1200	53	3013
<b>Contratar</b>	380						380
							<b>\$ 19,234.73</b>

Tabla 43

*Resumen de los costos calculados para cada estrategia.*

	<b>Costo total</b>
<b>Estrategia 1</b>	\$ 23,441.45
<b>Estrategia 2</b>	\$ 334,415.54
<b>Estrategia 3</b>	\$ 22,721.67
<b>Estrategia 4</b>	\$ 19,234.73

En la Tabla 43 se muestra el resumen del costo para cada Estrategia, con esto se concluye que la mejor es la cuarta, pues su costo es el más bajo. Esta estrategia se adapta a las necesidades de la empresa para el caso de la familia de bombas, pues al ser piezas que siguen un patrón de estacionalidad se tienen temporadas con alta demanda en donde se requerirá mayores horas de trabajo, por lo que este plan de capacidad puede ser tomado con la finalidad de cumplir con todas las órdenes a tiempo.

Finalmente, si bien con el Plan Agregado propuesto se puede fabricar toda la demanda al menor costo de mano de obra, se debe evaluar si esto será posible, para lo cual se hará un breve análisis sobre la capacidad de la planta en el punto 4.3.1.

#### 4.3.1. Análisis de la capacidad de la planta

Con el plan elegido en el punto anterior se propone contratar un operario extra en el área de moldeo para poder satisfacer la demanda, pues como se mencionó anteriormente, esta área es la más crítica, no solo por ser la que inicia con todo el proceso productivo, sino por la carga de trabajo que se tiene, debido a que los tiempos de fraguado son elevados lo que restringen las horas para las siguientes tareas.

Se evaluará añadir este operario extra de otra área, de igual manera, se evaluarán las horas extras que se necesitarán para poder cumplir con la demanda de los 6 meses evaluados, las cuales se sumarán con los días ya considerados como laborables y se evaluará si se tiene capacidad para cubrir esas horas adicionales.

Tabla 44

*Cálculo de horas necesarias para cubrir la demanda de la familia de bombas.*

	<b>Horas Extras</b>	<b>Horas diarias por cada trabajador</b>	<b>Días Extras</b>	<b>Días Usados en el mes</b>	<b>Días Totales</b>
<b>Julio</b>	22	8	2	18	20
<b>Agosto</b>	0	8	0	14	14
<b>Setiembre</b>	35	8	3	18	21
<b>Octubre</b>	15	8	1	18	19
<b>Noviembre</b>	48	8	3	17	20
<b>Diciembre</b>	3	8	1	18	19

Se observa en la Tabla 44 que, aplicando el plan de capacidad elegido, si se lograría cubrir con la demanda mensual en cuanto a las horas extras trabajadas, pues se necesitaría a lo mucho 3 días extras, los cuales podrían ser los sábados. Se debe tener en cuenta que

para poder realizar el moldeo de 1 pieza se necesita del equipo completo, pues son piezas de gran tamaño y peso.

En la Tabla 45, se observa la comparación entre la capacidad actual de la empresa en TM y la capacidad con el plan propuesto, se observa que con la mejora se cumple con la demanda de todos los meses e incluso en algunos meses se tendría capacidad extra la cual puede ser aprovechada por piezas de otras familias.

Tabla 45

*Capacidad del área de moldeo actual comparada con la propuesta.*

	<b>Requerimiento</b>	<b>Capacidad actual (TM)</b>	<b>Capacidad propuesta (TM)</b>
<b>Ene</b>	138	135	138
<b>Feb</b>	179	135	179
<b>Mar</b>	192	135	192
<b>Abr</b>	173	135	173
<b>May</b>	184	135	184
<b>Jun</b>	84	135	84
<b>Jul</b>	145	135	145
<b>Ago</b>	78	135	78
<b>Set</b>	151	135	151
<b>Oct</b>	142	135	142
<b>Nov</b>	150	135	150
<b>Dic</b>	136	135	136

En septiembre del 2019 se realizó un estudio de tiempos de la empresa, en donde se evaluaron los tiempos útiles y muertos de cada área. Se observa en la Tabla 46 que el área con mayor tiempo es la de desmoldeo, por lo que se optará por integrar un trabajador de esta área a la de moldeo y vaciado, de esta manera se ahorrarían el costo por contratar personal. Se debe tener en cuenta que los tiempos muertos para el área crítica se deben al tiempo de fraguado que requieren estas piezas, tiempo en donde el personal realiza tareas no relacionadas a la fabricación de piezas, como es el mantenimiento y limpieza del área.

Tabla 46

*Tiempos muertos calculados para septiembre del 2019.*

	<b>Tiempo muerto septiembre 2019 (Horas)</b>					
	<b>Moldeo y vaciado</b>	<b>Desmoldeo</b>	<b>ACP</b>	<b>Tratamiento Térmico</b>	<b>Maquinado</b>	<b>Acabado Final</b>
<b>Caja de bomba</b>	3	11	1	6	7	3
<b>Codo de alimentación</b>	3	14	1	2	9	3
<b>Impulsor</b>	4	12	1	10	11	4
<b>Plato de succión</b>	2	10	1	4	7	3
<b>TOTAL</b>	12	47	4	22	34	13

Se concluye que la estrategia mixta es la mejor opción para la empresa, el trabajador extra deberá ser uno del área de desmoldeo para no incurrir en costos de contratación, pero de igual manera se considerará un costo de capacitación para que se adapte a sus nuevas funciones, para ello se considera 1 semana de entrenamiento con un costo de \$107.66.

#### **4.3.2. Plan de sostenibilidad para la Propuesta 3**

Se recomienda realizar el cálculo de un indicador de productividad que refleje la comparación entre las piezas producidas en el mes y las piezas que se proyectaba fabricar, de esta manera se podrá alertar en caso no se pueda cumplir con la demanda. Este indicador debería ser calculado mensualmente, pues si en algún mes la productividad real es menor se deberá realizar nuevamente el cálculo de Plan Agregado óptimo para la empresa, de esta manera se evitan los incumplimientos y no se incurre a moras.

#### **4.4. Propuesta 4: Evaluar los requerimientos del cliente**

Como se mencionó en el capítulo 3, dentro del área de calidad no se tiene claras las especificaciones del cliente para la familia estudiada, lo cual se refleja en altas cantidades de piezas rechazadas y de inspecciones insuficientes para liberar las piezas. Por este motivo, se propone aplicar la herramienta QFD, la cual luego de ser realizada y analizada se deberá de compartir con el área de Calidad y poder capacitarlos de manera adecuada, este análisis se realizó para la producción de la familia elegida en octubre del 2020.

En la Tabla 47 se listan las características que busca el cliente en estas piezas durante la demanda de octubre. Cabe resaltar que al ser piezas utilizadas en la minería se debe asegurar la calidad total de estas, pues si estas no se encuentran correctamente elaboradas, puede representar un riesgo muy grande para las minas.

Tabla 47

*Requerimientos del cliente.*

<b>Característica</b>	<b>Frecuencia de solicitud</b>	<b>Prioridad</b>
Dureza dentro del rango (HB)	10	5
Dimensión dentro de la especificación técnica	10	5
Acabado superficial de la pieza	7	4
Pintado final de la pieza	5	3
Codificación del cliente presente en la pieza	4	2

*Fuente: Fundición S.A.*

Con información obtenida del área de marketing y comercial, se llegó a la conclusión que tanto para el cliente, la empresa y la competencia, es sumamente importante que la dureza de las piezas se encuentre dentro de los rangos establecidos por cada cliente, a la vez, la dimensión de estas también es de importancia, ya que, de encontrarse fuera de dimensión, puede dificultar su ensamble en las minas.

Tabla 48

*Comparación de requerimientos del cliente.*

Característica	Prioridad	Empresa	Competidor
Dureza dentro del rango (HB)	5	5	5
Dimensión dentro de la especificación técnica	5	5	5
Acabado superficial de la pieza	4	3	3
Pintado final de la pieza	3	4	2
Codificación del cliente presente en la pieza	2	2	3

*Fuente: Fundición S.A.*

Luego se realizó el listado de las características de los procesos y diseños que se ven involucrados directamente para conseguir las características solicitadas.

Tabla 49

*Relaciones entre requerimientos y características del diseño.*

Característica	Aleación	Método de fundición	Modelo	Moldeo
Dureza dentro del rango (HB)	Fuerte	Moderado		Moderado
Dimensión dentro de la especificación técnica	Débil	Fuerte	Fuerte	Moderado
Acabado superficial de la pieza	Moderado	Fuerte	Débil	Moderado
Pintado final de la pieza				
Codificación del cliente presente en la pieza				Fuerte

*Fuente: Fundición S.A.*

Como parte de la evaluación de ingeniería se comprobó lo siguiente:

- Aleación: La composición química de cada aleación debe encontrarse bien calculada y ser la correcta para cada tipo de pieza, en el caso de la familia de bombas estas aleaciones pueden ser MM o MB.
- Método de fundición: El método que se elija deber ser eficiente y correcto, para el caso de la familia elegida debería ser la fundición por el fondo, pero actualmente



la empresa no cuenta con suficientes cucharas que permitan esto generando que las piezas corran es riesgo de presentar inclusión de escoria.

- **Modelo dentro de las medidas:** Es importante que los proveedores puedan cumplir con las especificaciones requeridas por Fundición S.A., de lo contrario el moldeo no saldrá correctamente.
- **Eficiente método de moldeo:** Para poder cumplir con las especificaciones de dureza, dimensión y acabado superficial el moldeo deberá realizarse correctamente, este es tomado con mucha importancia dentro de la empresa porque asegura la calidad de las piezas.
- **Composición química de la arena de moldeo:** Influye en las características de diseño de la pieza, es importante que calidad verifique la composición antes de comenzar con el moldeo.

Tabla 50

*Evaluación de las características de diseño con respecto a la competencia.*

<b>Característica</b>	<b>Empresa</b>	<b>Competencia</b>
Composición química de la aleación	5	4
Eficiente método de fundición	4	5
Modelo dentro de las medidas	4	3
Eficiente método de moldeo	5	5
Composición química de la arena de moldeo	4	4

Tabla 51

*Matriz de correlación.*

	<b>Aleación</b>	<b>Método de fundición</b>	<b>Modelo</b>	<b>Moldeo</b>
<b>Aleación</b>		x		/
<b>Método de fundición</b>	x			/
<b>Modelo</b>				x
<b>Moldeo</b>	/	/	x	

Luego de realizar la casa de la calidad se llega a la conclusión que lo más valorado por los clientes es que las se encuentren dentro del rango de dureza requerido como también que mantengan las dimensiones especificadas en cada orden de fabricación, de igual manera, los clientes mandan a sus inspectores de calidad para poder evaluar la pieza y darnos la conformidad. Estos dos requerimientos son igual de importantes para la empresa como para la competencia, ya que son requerimientos básicos que se deben cumplir para la producción de estas piezas. Con la Figura 28 también se concluye que para mejorar estas características es necesario mejorar el método de fundición, ya que especificaciones como la temperatura de las coladas, la rapidez del vaciado y el método elegido definirán la calidad futura de la pieza, en cuanto a dureza y dimensión, suele ocurrir los llamados vaciados cortos que se generan cuando la pieza no es correctamente fundida, ocasionando una no conformidad que no permita entregar la pieza al cliente. Para poder mejorar esto se deberá determinar bien la aleación que cada pieza tendrá para poder llegar a la dureza especificada, esta aleación deberá ser evaluada por el área de calidad e ingeniería, para comprobar su composición química. Si bien los métodos de fundición son valorados por la empresa, la competencia lo considera muy importante y se sabe que fundiciones pertenecientes al mercado han optado por implementar totalmente el vaciado por el fondo, pues se realizan coladas más limpias, lo cual es un punto para mejorar en empresa.

#### **4.4.1. Plan de sostenibilidad para la Propuesta 3**

El asistente de calidad deberá analizar mensualmente los reportes de chatarra para elaborar un indicador donde se calcule la cantidad de piezas rechazadas por el cliente y que estén relacionadas con las necesidades que se especificaron al momento de la compra, de esta manera se podrá medir si la capacitación sobre QFD fue satisfactoria, en caso de

presentar un alto índice por estos motivos, se deberá realizar nuevamente el análisis de las necesidades.





## **Capítulo 5. Análisis Económico**

En el quinto capítulo se desarrollará el análisis económico de la propuesta de mejora planteada, para lo cual se definirán los costos de implementación de capacitaciones al personal involucrado, los ahorros obtenidos por la propuesta, el tiempo de implementación y las herramientas que se requerirán. Adicionalmente, se evaluará el valor actual neto del proyecto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

### **5.1. Costo de la implementación de la propuesta**

La implementación de la propuesta de mejora se basa en la realización de capacitaciones para el jefe de planeamiento, el personal de calidad, el jefe de producción y los asistentes de planeamiento, con el fin de involucrar a las personas relacionadas directamente con la planificación y la producción de la empresa, de esta manera se podrá desarrollar plenamente la propuesta.

#### **5.1.1. Plan de capacitación como parte de la propuesta de mejora:**

El plan propuesto de capacitación para poder mejorar los pronósticos de demanda y la calidad de los productos de la empresa deberá comenzar con la contratación de personal calificado para estas asesorías, para lo cual se estima utilizar cerca de un mes para esta búsqueda, se tomará en cuenta el costo de un consultor empresarial de 150 soles la hora (Aparicio, 2015).

Para poder desarrollar satisfactoriamente la propuesta se deberá brindar capacitación a las áreas de Producción, Calidad y Planeamiento, pues son las áreas que se encuentran ligadas con la demanda de la empresa y con la calidad de los productos. Es por ello, que como parte de esta capacitación se propone un temario que abarquen temas de planificación y calidad, entre los cuales resaltan:

- Naturaleza de la demanda
- Patrones de la demanda

- Definición de pronósticos
- Métodos cualitativos
- Métodos causales
- Métodos de series de tiempo
- Error de pronostico
- Elaboración del Plan Agregado
- Elaboración del QFD

Para poder desarrollar este temario, uno de los asistentes de Planeamiento deberá trabajar con el especialista, de esta manera se asegurará el poder abarcar todos los temas importantes que contribuyan a la mejora. Se está considerando un mes para el desarrollo del temario y un costo de 80 dólares por las horas hombre invertidas del asistente.

Se proyecta que el desarrollo de la capacitación tendrá una duración de 9 meses lo cual equivale a 144 horas de clases y prácticas, las cuales serán divididas en 4 horas semanales, para no consumir horas hombres que puedan afectar al desarrollo normal de las actividades en la empresa. Se está considerando como costo total de capacitación a las horas hombres que invertirán los jefes de las áreas ya mencionadas y los asistentes de Planeamiento. El resumen de estos costos se encuentra contemplado en la Tabla 56.

Tabla 52

*Costo de capacitación en planificación de la demanda y temas adicionales.*

Periodo				Costo Mensual		Costo Total	
Capacitación	Personal	Nº personas	Costo unitario (\$/HH)	HH	Costo Total (\$)	HH	Costo Total (\$)
Planificación y QFD	Consultor	1	43	16	688	144	6,192
	Jefe producción	1	14	16	224	144	2,016
	Jefe planeamiento	1	14	16	224	144	2,016
	Jefe calidad	1	14	16	224	144	2,016
	Asistente planeamiento	2	4	16	128	144	1,152
					1,488		13,392

Para poder implementar adecuadamente la propuesta de mejora en los pronósticos, será necesario desarrollar una macro en Excel que permita ingresar únicamente los valores de las ventas de los años pasados y pueda calcular automáticamente el mejor método para pronosticar y el resultado de esa demanda proyectada basándose en los errores que pueda presentar cada método, para ello, se está considerando como costo las horas hombres invertidas por el asistente del área de TI que es el encargado de desarrollar estas herramientas dentro de la empresa, también se debe desarrollar una plantilla para el cálculo de la MRP, la cual será desarrollada por el asistente de Planeamiento, ya que actualmente, la empresa no cuenta con transacciones en SAP que permita ingresar el MRP de la empresa, ni tampoco el BOM, se sabe que para la creación de un módulo que cumpla con estos criterios se debe invertir como mínimo \$50 000, esta información fue brindada por el jefe del área de TI quien se encuentra trabajando en un proyecto de mejora para el sistema de gestión de la empresa. Adicionalmente, como otra herramienta a necesitar será una plantilla para poder desarrollar el QFD, la cual tendrá como entradas los requerimientos del cliente y las características apreciadas por la competencia, para ello, el asistente del área de calidad será el encargado de recopilar esta información y desarrollar una plantilla adecuada. Se está considerando 6 meses para el desarrollo de esta macro, de la plantilla de la MRP y de la plantilla de QFD; y el costo de \$ 1440 por las horas hombre utilizadas de los 3 asistentes.

Lo siguiente será implementar tanto las mejoras en los pronósticos como la elaboración del QFD, para ambos casos se estima usar 6 meses, pues se considera un tiempo prudencial para poder comparar resultados entre meses, es por ello que luego de esta implementación, se deberá analizar los pronósticos de esta manera se podrá comprobar si la proyección de la demanda se cumple o si el error sigue siendo elevado. En cuanto al QFD, también se considerará 6 meses, pues mensualmente se evaluarán las

chatarras obtenidas por no conocer los requerimientos del cliente. Para estos análisis se está considerando como costo a las horas hombres invertidas de los jefes de Calidad y Planeamiento, pues son los adecuados para esta tarea.

Finalmente, luego de realizar los análisis, se deberá publicar los informes y resultados finales con los demás miembros de la empresa. En la Tabla 53 se encuentra resumido todo lo antes mencionado en un Diagrama de Gantt con los costos asociados en dólares. Para el costo por hora del consultor y las tarifas del personal involucrado se utilizará un tipo de cambio de 3.49 soles (BCRP, 2021).

Se debe tener en cuenta que para se está considerando comenzar con la mejora desde inicios del 2021, pues para ese tiempo ya se contaría con la información real del 2020 con la que se podrá trabajar en las capacitaciones. Adicionalmente, se está considerando como costo de capacitación al operario del área de desmoldeo que ingresará al área de moldeo y vaciado como parte del Plan Agregado sugerido para esta área, el costo es de \$107.66, pero se estará redondeando a \$108.



Tabla 53 - Parte 1

*Gantt de la propuesta de mejora para implementar en el 2021.*

Actividad	Costo Asociado (\$)	2020											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Contratación del experto para la capacitación	6192												
Definición del temario	80												
Capacitación a las áreas seleccionadas	6048												
Definición y desarrollo de herramientas de mejora	2592												
Implementación del método de pronósticos	280												
Implementación del QFD	280												
Análisis de resultados en los pronósticos	1680												
Análisis de resultados en la calidad de las piezas	1680												
Publicación de resultados de la mejora en los pronósticos	80												
Publicación de resultados de la mejora en la calidad de piezas	80												
Costo de capacitación del trabajador de desmoldeo	108												

Tabla 53 - Parte 2

*Gantt de la propuesta de mejora para implementar en el 2021.*

Actividad	Costo Asociado (\$)	2021						
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Contratación del experto para la capacitación	6192							
Definición del temario	80							
Capacitación a las áreas seleccionadas	6048							
Definición y desarrollo de herramientas de mejora	2592							
Implementación del método de pronósticos	280							
Implementación del QFD	280							
Análisis de resultados en los pronósticos	1680							
Análisis de resultados en la calidad de las piezas	1680							
Publicación de resultados de la mejora en los pronósticos	80							
Publicación de resultados de la mejora en la calidad de piezas	80							
Costo de capacitación del trabajador de desmoldeo	108							

## 5.2. Ingresos obtenidos

Se estima que luego de implementar las capacitaciones se podrán obtener ingresos por una mejor planificación de la demanda, disminución del retraso de entregas y una mejora en los productos terminados, ya que se mejorarán los requerimientos del cliente relacionados con la calidad de las piezas y el tiempo de entrega.

### 5.2.1. Ahorro generado por la eliminación de las moras por incumplimiento de entrega

Luego de aplicada la mejora propuesta, se determinaron cuáles serían los días de retraso que se podrían evitar cumpliendo los pedidos a tiempo. Debido a dicho cumplimiento, se generarían ingresos adicionales por ahorro correspondientes a las piezas de la familia de bombas, como parte del proyecto se estima reducir la mora como consecuencia del cumplimiento oportuno de todos los pedidos que están asociados al escenario de la misma demanda que no pudo ser atendida a tiempo, es decir, es el costo de oportunidad que se aprovechará gracias a la propuesta de una mejor planificación. Por tal, en el **Anexo 2**, se muestra la cantidad de días que incurrieron en penalidad de incumplimiento durante todos los meses del año 2020. Se calcula que se podrá considerar como ingreso un 76% de las moras del 2020, esto debido a que el mayor error en el cálculo de pronósticos fue del 24%.

Tabla 54

*Costo promedio por caer en mora de incumplimiento en tipo de pieza de la familia bomba.*

Penalidad	Dólares/día
Mora establecida	250.00

*Fuente: Fundición S.A.*

Tabla 55

*Ingreso en dólares por ahorro en mora de incumplimiento de unidades de tipo de pieza de la familia bomba en el 2020.*

<b>Ahorro/tipo de pieza</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>
Caja de bomba		1,875		563	6,938		4,313	2,625	563	750	2,813	10,500
Codo de alimentación				1,875			1,313	2,063	0	0	0	0
Impulsor	9,188				8,063			4,313	8,063	1,500	12,375	2,250
Plato de succión		1,125	3,188	938			563	2,063	563	8,438	11,063	375
Ahorro total (\$)	9,188	3,000	3,188	3,375	15,000	0	6,188	11,063	9,188	10,688	26,250	13,125



Finalmente, en la Tabla 54 se muestra el costo promedio en dólares de cada pieza por caer en mora de incumplimiento, los cuales multiplicados a la cantidad de días de retrasos de cada pieza que no se pudieron producir a tiempo mostrado en el **Anexo 2** nos dará los ingresos adicionales por ahorro que no se están aprovechando, en la Tabla 55 se encuentra el costo de mora que se generó en el 2020 y que se estaría ahorrando si es que se hubiese aplicado la mejora para ese año, considerando un 74% como se explicó líneas más arriba.

Se está tomando en cuenta que luego de aplicar la mejora, los ingresos del 2021 por ahorro de moras serán automáticos al inicio de ese año, tal como se indica en el Gantt de la Tabla 53.

Estos ahorros generados por la mejora serán tomados en cuenta para el calcular si el proyecto es viable o no, pues aún no se cuenta con la información completa del 2021, por lo que se estima que el 2021 seguirá el mismo comportamiento que el 2020.

### **5.3. Costo de oportunidad**

Se realizará la comparación entre los indicadores de evaluación de proyectos, con lo cual se determinará el costo de oportunidad de la empresa, para ello se utilizará la metodología CAPM (ESAN, 2019). A continuación, se presenta en la Tabla 56 los datos requeridos para el cálculo del COK.

Tabla 56

*Datos para el cálculo del COK.*

Descripción	Valor
Rf (tasa libre de riesgo)	0.013
Rm – Rf (prima por riesgo de mercado)	0.0472
B desapalancado	1.09
Riesgo País	0.0152
Ratio de endeudamiento = D / P = Deuda / Patrimonio	0.481
T = Impuesto a la renta	0.295

Se comenzará aplicando la siguiente ecuación para poder hallar el Beta de la empresa:

$$\beta_{\text{empresa}} = \left[ 1 + \frac{D}{P} \times (1 - T) \right] \times \beta_{\text{desapalancado}} = 1.4596$$

El valor de la beta desapalancado fue obtenido de acuerdo al sector metales y minería de la base de datos de Aswath Damodaran (Damodaran, Betas por sector (EE. UU.), 2021), el cual es de 1.09 para el año 2020. El ratio de endeudamiento fue obtenido de acuerdo al promedio general de indicador de razón de endeudamiento para empresas con ventas mayores a 300 UIT (INEI, 2008), el cual es de 0.481. El valor del impuesto de la renta anual fue obtenido de acuerdo a lo establecido por SUNAT con un valor de 0.295 por empresas con ingresos mayores a 15 UIT.

En segundo lugar, el valor de la prima por riesgo de mercado es de 0.472 (Damodaran, Country Default Spreads and Risk Premiums, 2021). Por otro lado, la rentabilidad fija es de 0.013 obtenida de la rentabilidad promedio del 2021 de los bonos de tesoro a 10 años de Estados Unidos (YCHARTS, 2021). Por último, el riesgo país de Perú según el banco de inversión JP Morgan es de 0.0152 (GESTIÓN, 2021). El cálculo del COK se realiza en base a los datos obtenidos y aplicando la fórmula:

$$COK = Rf + \beta_{empresa} \times (Rm - Rf) + RiesgoPaís = 0.09709312$$

Por lo tanto, se obtiene un COK de 0.09709 mediante la siguiente formula:

$$CAPM = COK = 0.09709$$

#### 5.4. Evaluación de proyecto

Se analizarán los indicadores calculados para la evaluación de proyecto, para ello, se tomará en consideración el costo de implementar la propuesta de mejora y los ahorros por no caer en penalidades de mora. Así mismo, se tiene las siguientes consideraciones:

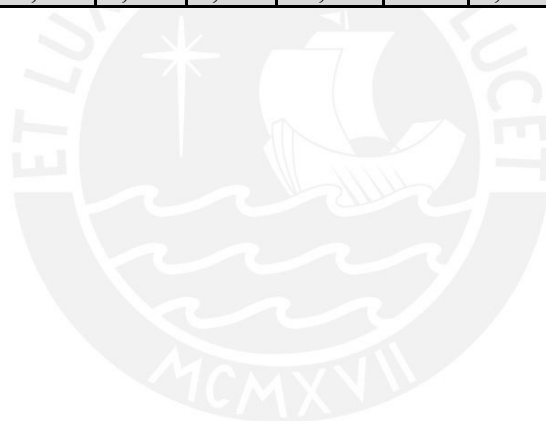
- Se considera que el periodo de capacitación es de 9 meses. El tiempo total para la implementación de la propuesta, incluido el tiempo para la publicación de los resultados será de 19 meses.
- Se asume que los ingresos generados se darán automáticamente después de la implementación de la propuesta, a pesar de no terminar aún con el análisis, esto se haría en paralelo.
- Los ingresos por ahorros obtenidos durante el año serán bajo un escenario conservador.
- Existe un ahorro no aprovechable por retrasos de entregas de la familia de bombas.
- Se considerarán los días de retraso del año 2020 como un reflejo del año 2021, puesto a que el actual año aún no ha terminado y no se cuenta con toda la información.

Con el flujo y el COK calculados previamente, se determina un VAN de 84 168,11 dólares y una TIR de 34%, los cuales son indicadores que reflejan que el proyecto es viable, porque el VAN es positivo y la TIR es mayor al COK de 9.7093%. Finalmente, se presentan los flujos por mes en la Tabla 57.

Tabla 57

*Flujo de caja económico de implementación de las propuestas de mejora.*

<b>Detalle</b>	<b>Inicio</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mayo</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Agos.</b>	<b>Set.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
Ahorro por no caer en moras de incumplimiento (\$)		9,188	3,000	3,188	3,375	15,000	0	6,188	11,063	9,188	10,688	26,250	13,125
Costos de capacitaciones (\$)	-19,100												
Flujo (\$)	-19,100	9,188	3,000	3,188	3,375	15,000	0	6,188	11,063	9,188	10,688	26,250	13,125





## Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1. Conclusiones:

- Si bien la empresa cuenta con diversos problemas dentro de su organización y de su proceso productivo, se pudo definir que los que tenían mayor impacto en cuanto a severidad y ocurrencia fueron los relacionados con el proceso y la calidad de los productos, esto fue identificado utilizando la matriz AMEF para el cual se tuvieron que definir criterios con el área de Planeamiento.
- Actualmente la empresa no hace uso de los métodos de pronóstico, a pesar de que el jefe cuenta con los conocimientos, pues es un Ingeniero Industrial, siempre ha optado por guiarse de sus conocimientos empíricos sobre la demanda del sector.
- Nunca se había realizado un estudio a los pronósticos dentro de la empresa, gracias a este estudio se descubrió que efectivamente la demanda proyectada por el jefe de Planeamiento cuenta con altos índices de error, lo cual ha contribuido a generar quiebres de stock e impactar en el indicador OTIF de la empresa.
- El bajo indicador del OTIF se viene presentado durante los últimos 3 años, si bien esta información no se presenta a los clientes, si se debe brindar cuando se necesita solicitar préstamos a alguna entidad bancaria, pues como parte de la evaluación de la empresa, se solicita pruebas de que en el futuro tendrán demanda asegurada y podrán satisfacerla, lo cual se traduce como ingresos fijos.
- El análisis realizado a los problemas principales de las área de Planeamiento, Calidad y Producción revelaron la gran suma de dinero que se incurre en sobrecostos, pues considerando el costo de las moras, de la demanda no atendida por ausentismo y los productos defectuosos, se calcula una suma de dinero perdido de \$ 384 250,55 durante el año 2020, monto que es muy probable que se mantenga durante el presente año, debido a que los ausentismos por descanso médico que afectan a la productividad tienen

alta probabilidad de mantenerse hasta que la pandemia no sea del todo superada por el país.

- Adicionalmente, se puede observar que la empresa cuenta con cerca del 9% de piezas defectuosas con respecto a la producción de familia de bombas durante el año 2020, si bien el análisis se realizó únicamente para esta familia, las otras 6 familias también presentan índices de rechazos parecidos, lo cual acumulado, sería alarmante para la empresa, esto debería ser estudiado más a fondo con el fin de reducir este sobrecosto.
- Se pudo identificar dentro de la matriz AMEF que la empresa cuenta con problemas dentro de sus almacenes, pues no se realizan buenos inventarios de materia prima, lo cual perjudica a la MRP que tiene como uno de los inputs estas cantidades. Esto se debe principalmente al desorden que se tiene dentro del almacén, generando que los encargados de la toma de inventarios hagan un mal conteo.
- Si bien se busca disminuir el porcentaje de error en los pronósticos con el uso de los métodos de enfoque, estos igual se mantienen por encima del 20%, pues para las cajas de bomba, codos de alimentación, impulsores y platos de succión se tiene un MAPE de 14%, 21%, 24% y 20% respectivamente, esto puede deberse a que la demanda en el año pasado fue fluctuante por la coyuntura nacional, se espera que este año se pueda reducir el MAPE.
- Se está asumiendo que el escenario del 2020 se repetirá en el 2021, pues aún no se cuenta con información completa del año, esto quiere decir que los días perdidos por incumplimiento de entrega se repiten en ambos años. Además, se debe tener en cuenta que el pago del especialista se realizará con los ingresos que se generen con los ahorros de las moras que se deberían de pagar por incumplimiento, el cual debería desaparecer luego de aplicar el método de pronósticos adecuado, generando finalmente un ingreso total de \$ 92 620.

- Finalmente, se concluye que la mejora propuesta es viable, debido a que el TIR del 34% es mayor al COK del 9.71%, adicionalmente, se tiene un VAN de \$84 168,11 lo cual significa que el valor actual del proyecto es mayor a la inversión realizada para llevar a cabo la propuesta.

## **6.2. Recomendaciones**

- Para poder reducir la cantidad de piezas rechazadas y reprocesadas en la empresa, se puede realizar un QFD para cada familia, pues es necesario que reconozcan y se alineen las necesidades del cliente dentro de la empresa, en especial en las áreas de Ingeniería y Calidad, ya que son las encargadas de realizar el diseño de la pieza y de las inspecciones realizadas. De esta manera se podrá mejorar el nivel de servicio y reducir las reclamaciones por parte del cliente.
- La capacitación propuesta para poder pronosticar mejor la demanda de la empresa también se debería impartir para las demás áreas, como Mantenimiento, pues es importante que ellos también conozcan como se encuentra el mercado en estos momentos y estén preparados ante cualquier escenario para poder asegurar la confiabilidad de la maquinaria, también debería capacitarse al área de Ingeniería, pues son los encargados de establecer y proponer proyectos al área de Ventas. Para no incurrir a mayores gastos, se recomienda que el jefe de Planeamiento o que alguno de los asistentes brinde una charla donde resuma lo aprendido en las capacitaciones.
- El área de SIMA debería inspeccionar los almacenes de la empresa, tanto el de materia prima como el de producto terminado, pues el desorden presente en estos puede ocasionar accidentes, sin considerar el impacto que se tiene en el MRP. Para ello, se debe proponer realizar charlas de 5's para todo el personal de planta, de esta manera se puede mejorar el orden y limpieza, no solo de los almacenes, si no de todas las áreas.

- El área de Planeamiento deberá de calcular el error de pronóstico a final del presente año para comparar la diferencia entre lo proyectado en este informe con la demanda real, tomando en consideración el MAD y MAPE, de esta manera también se podrá corroborar si el uso de métodos de enfoque es el correcto para el tipo de demanda que la empresa maneja.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, M. C. (2015). *Análisis y propuesta de mejora del sistema de producción de una empresa dedicada a la fabricación de muebles infantiles. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Banco Central de Reserva del Perú. (Junio de 2021). *Reporte de Inflación Junio 2021*. Obtenido de Reporte de Inflación Junio 2021: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/junio/reporte-de-inflacion-junio-2021-sintesis.pdf>
- BCRP. (18 de agosto de 2021). *Tipo de Cambio Bancario Promedio del Periodo Compra*. Obtenido de Tipo de Cambio Bancario Promedio del Periodo Compra: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM05241PA/html>
- BCRP. (30 de Julio de 2021). *Tipo de cambio promedio interbancario compra del periodo 2020*. Obtenido de Tipo de cambio promedio interbancario compra del periodo 2020: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01205PM/html/2020-01/2020-12/>
- Chase, & Jacobs. (2014). *Administracion de La Produccion y Operaciones*. McGraw-Hill Companies.
- Damodaran, A. (enero de 2021). *Betas por sector (EE. UU.)*. Obtenido de Betas por sector (EE. UU.): [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)
- Damodaran, A. (julio de 2021). *Country Default Spreads and Risk Premiums*. Obtenido de Country Default Spreads and Risk Premiums: [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/ctryprem.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html)

- ESAN. (28 de Octubre de 2019). *Conexión ESAN*. Obtenido de Conexión ESAN:  
<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/10/el-modelo-capm-y-su-aplicacion-en-las-finanzas/>
- Expansión Datos Macro. (junio de 2021). *IPC de USA*. Obtenido de IPC de USA:  
<https://datosmacro.expansion.com/ipc-paises/usa>
- GESTIÓN. (08 de junio de 2021). *Riesgo país de Perú bajó cuatro puntos básicos y cerró en 1.52 puntos porcentuales*. Obtenido de Riesgo país de Perú bajó cuatro puntos básicos y cerró en 1.52 puntos porcentuales: <https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-de-peru-bajo-4-puntos-basicos-y-cerro-en-152-puntos-porcentuales-noticia/>
- Gustavo, A. (23 de Julio de 2021). *Deloitte*. Obtenido de Deloitte:  
<https://www2.deloitte.com/pe/es/pages/audit/articles/sector-minero-como-fuente-de-crecimiento-de-la-economia-en-el-2021.html>
- INEI. (2008). *Perú: Indicadores Económicos-Financieros Empresariales*. Obtenido de Perú:  
 Indicadores Económicos-Financieros Empresariales:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0932/cap09.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0932/cap09.pdf)
- Krajewsky. (2000). *Administración de operaciones*. Prentice Hall.
- Laguna, & Flores. (2020). *Propuesta de Implementación de un sistema de planificación y control de operaciones para una MYPE de calzado utilizando inventarios agregados, MRP/CRP y Heijunka*. Lima: PUCP.
- METSO Minería. (23 de Julio de 2021). *METSO Minería Molinos semiautógenos*. Obtenido de METSO Minería Molinos semiautógenos:  
<https://www.metso.com/cl/productos/molinos/molinos-semiautogenos-sag/>
- Ohno. (2018). *El Sistema de Producción Toyota: Mas allá de la producción a gran escala*. Londres, Inglaterra: Routledge.

YCHARTS. (22 de Julio de 2021). *Department of the Treasury*. Obtenido de Department of the Treasury: [https://ycharts.com/indicators/sources/department\\_of\\_the\\_treasury](https://ycharts.com/indicators/sources/department_of_the_treasury)

Xe Currency Converter. (n.d.). [www.Xe.Com](http://www.Xe.Com). Recuperado Agosto 23, 2021, de <https://www.xe.com/currencyconverter/convert>



### Anexo 1

Matriz AMEF de los problemas identificados dentro de la empresa

Gerencia involucrada	Área involucrada	Actividad	Modos de fallo	Efecto	Sev.	Causa	Ocurr.	Controles	Detecc.	NPR
Administrativa	RRHH	Trabajo diario en equipo	Mala comunicación dentro del equipo	Alta competencia entre el personal administrativo y operativo	1	RRHH no hace el seguimiento adecuado a las áreas	6	Seguimiento bimestral a las áreas	2	12
			Falta de liderazgo en los supervisores de turno	Incumplimiento de los programas de producción	4	El jefe de planta no revisa los reportes diarios	7	El practicante de producción revisa los reportes	2	56
			Alta especialización para cada puesto de trabajo	Imposibilidad de rotación de personal	2	RRHH no determina la cantidad necesaria de trabajadores	6	Los jefes de cada área solicitan el personal que requieren	3	36
		Establecimiento del organigrama de la empresa	Alta rotación del personal	Clima laboral inestable ocasionado por los constantes cambios	4	RRHH no analiza adecuadamente las funciones de cada puesto de trabajo	6	Los jefes de cada área establecen las funciones de cada puesto	2	48
			Frecuentes cambios en los puestos de trabajo							
		Establecimiento de los objetivos en la empresa	Falta de comunicación de la actualización de objetivos	Desconocimiento de los objetivos, generando que los colaboradores no se encuentren alineados a estos	3	Canales de comunicación no establecidos para el personal operativo	6	Comunicación únicamente con los supervisores	2	36



Gerencia involucrada	Área involucrada	Actividad	Modos de fallo	Efecto	Sev.	Causa	Ocurr.	Controles	Detecc.	NPR
Operaciones	Producción	Asistencia diaria a las labores	Alto nivel de ausentismo	Retraso en el cumplimiento diario de los programas de producción	6	No se hace seguimiento a los motivos de ausentismo	5	No existen	4	120
	Calidad	Control de calidad en los productos terminados	Gran cantidad de productos no conformes	Retrasos en las entregas al cliente por retrabajos o reprocesos	7	Falta de conocimiento de las necesidades del cliente	4	No existen	5	140
			Procedimientos de inspección no estandarizados			Falta de estandarización de procedimientos		El practicante de calidad se encuentra trabajando en la estandarización		
	Ingeniería	Actualización de procesos productivos	Falta de actualización en los últimos 10 años	Lead times más elevados que la competencia, la cual ya cuenta con equipos automatizados	5	No se cuenta con un área de mejora continua	2	Se ha intentado dejar esta tarea a los practicantes del área sin éxito, debido a la carga laboral	2	20
Mantenimiento	Mantenimiento de máquinas y equipos	Falta de aplicación del mantenimiento preventivo debido a la carga de órdenes	Paradas de producción por falla en las máquinas	7	La gerencia aprueba no realizar los mantenimientos hasta que no se cumplan las órdenes cercanas a entrega	4	Mejor comunicación entre la jefatura de mantenimiento y la Gerencia de Operaciones	3	84	

Fuente: Fundición S.A.

Gerencia involucrada	Área involucrada	Actividad	Modos de fallo	Efecto	Sev.	Causa	Ocurr.	Controles	Detecc.	NPR
Supply Chain	Planeamiento	Elaboración del indicador OTIF	Bajo indicador OTIF	Costo de oportunidad por venta perdida	10	Falta de conocimiento sobre métodos de pronóstico	3	No existen	8	240
			Demanda cambiante en el último año	Moras por incumplimiento en la fecha de entrega	9	Falta de cumplimiento en las órdenes de fabricación	2	Se comunica a los clientes sobre los retrasos para reprogramación de entregas	6	108
			Baja precisión en la elaboración del MRP	Sobre stock de materia prima	8	MRP mal realizados por pronósticos poco precisos	2	Actualización constante del MRP	6	96
	Logística	Búsqueda de proveedores	Proveedores no confiables	Retraso en la entrega de insumos y materia prima para el proceso productivo	6	Falta de compromiso por parte de los proveedores	6	Búsqueda de nuevos proveedores	2	72
			Reducida cartera de proveedores			Insumos y materia prima especiales para la producción				

Fuente: Fundición S.A.

Gerencia involucrada	Área involucrada	Actividad	Modos de fallo	Efecto	Sev.	Causa	Ocurr.	Controles	Detecc.	NPR
Supply Chain	Despachos	Elaboración del programa de despachos	Baja precisión en la consolidación de carga para los transportes	Se realiza el transporte de las piezas en camiones con carga incompleta	7	Constante cambio en la priorización de órdenes	4	Mantener la constante comunicación entre el área de Ventas y Despachos	4	112
	Ventas	Elaboración de cronograma de entregas a los clientes	Brindar malas fechas de entrega a los clientes	Retraso en la entrega de órdenes, con respecto a las fechas brindadas	6	Falta de seguimiento a las órdenes de producción	3	Mantener la constante comunicación entre el área de Ventas y Producción	6	108
	Almacenes	Almacenaje de materia prima y producto terminado	Acumulación de materia prima	Desgaste de la materia prima por mal almacenaje	7	Toma de inventarios mal realizada, esta información en brindada a Planeamiento y afecta al MRP	5	Capacitar nuevamente al personal para realizar una toma de inventarios más precisa	2	70

Fuente: Fundación S.A.

## Anexo 2

*Días de atraso causados en el año 2020.*

Días/tipo de pieza	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Caja de bomba		10		3	37		23	14	3	4	15	56
Codo de alimentación				10			7	11				
Impulsor	49				43			23	43	8	66	12
Plato de succión		6	17	5			3	11	3	45	59	2
Total	49	16	17	18	80	0	33	59	49	57	140	70

*Fuente: Fundación S.A.*

*Cálculo de las moras aplicadas durante el año 2020 por el incumplimiento en las órdenes.*

Días/tipo de pieza	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Caja de bomba		2500	0	750	9250	0	5750	3500	750	1000	3750	14000
Codo de alimentación		0	0	2500	0	0	1750	2750	0	0	0	0
Impulsor	12250	0	0	0	10750	0	0	5750	10750	2000	16500	3000
Plato de succión		1500	4250	1250	0	0	750	2750	750	11250	14750	500
Total	12250	4000	4250	4500	20000	0	8250	14750	12250	14250	35000	17500

### Anexo 3

*Cálculo de los sobrecostos generados por la baja productividad del sistema productivo de la empresa.*

Mes	Demanda (Unidades)	Producción Real (Unidades)	Diferencia	Tiempo de Mano de Obra Disponible (Días)	Productividad Teórica (Unidades/día)	Productividad Real (Unidades/día)	Días Extras	Costo de días extras (\$)	Costo de Venta Perdida (\$)	Costo total por baja productividad (\$)
<b>Enero</b>	36	31	5	22	1.64	1.41	4.00	\$ 79.98	\$ 11,875.00	\$ 11,954.98
<b>Febrero</b>	45	44	1	20	2.25	2.20	1.00	\$ 19.99	\$ 2,375.00	\$ 2,394.99
<b>Marzo</b>	39	30	9	22	1.77	1.36	7.00	\$ 139.96	\$ 21,375.00	\$ 21,514.96
<b>Abril</b>	41	31	10	21	1.95	1.48	7.00	\$ 139.96	\$ 23,750.00	\$ 23,889.96
<b>Mayo</b>	36	28	8	21	1.71	1.33	6.00	\$ 119.96	\$ 19,000.00	\$ 19,119.96
<b>Junio</b>	40	30	10	22	1.82	1.36	8.00	\$ 159.95	\$ 23,750.00	\$ 23,909.95
<b>Julio</b>	47	43	4	22	2.14	1.95	3.00	\$ 59.98	\$ 9,500.00	\$ 9,559.98
<b>Agosto</b>	48	45	3	21	2.29	2.14	2.00	\$ 39.99	\$ 7,125.00	\$ 7,164.99
<b>Setiembre</b>	52	48	4	22	2.36	2.18	2.00	\$ 39.99	\$ 9,500.00	\$ 9,539.99
<b>Octubre</b>	43	42	1	22	1.95	1.91	1.00	\$ 19.99	\$ 2,375.00	\$ 2,394.99
<b>Noviembre</b>	18	18	0	21	0.86	0.86	0.00	-	-	-
<b>Diciembre</b>	31	31	0	21	1.48	1.48	0.00	-	-	-
<b>Total</b>	476	421		257				\$ 819.75	\$ 130,625.00	\$ 131,444.75

Fuente: Fundación S.A.

#### Anexo 4

*Cálculo de los sobrecostos generados por los productos defectuosos de la empresa.*

Cliente	Código nuevo	Orden	Descripción	Metal	Peso pieza (kg)	Pedido	Reposición	Motivo	Día de atraso	Costo por mano de obra no aprovechada (\$)	Costo de reposición (\$)
Spcc	100400701	113822	Impulsor	Am-3	587	1	1	Rechupe por tratamiento térmico	19	292.22	2500
Spcc	100400701	116017	Impulsor	Am-3	587	1	1	Inclusión de escoria durante el vaciado	23	353.74	2500
Metso columbia	114801001	114471	Impulsor	Am-3	646	3	3	Estrangulamiento de colada por manguito	12	184.56	7500
Metso columbia	114801001	116337	Impulsor	Am-3	646	1	1	Fuera de dimensión	14	215.32	2500
Mineros aluvial	107300601	113560	Impulsor	Am3	1027	2	1	Fuera de dimensión	22	338.36	2500
Mineros aluvial	107300601	115625	Impulsor	Am3	1027	5	1	Rechupe por tratamiento térmico	16	246.08	2500
Spcc	100400901	113766	Impulsor	Am3	1866	18	1	Desbalanceo en los alabes	8	123.04	2500
Spcc	100405401	115108	Impulsor	Am3	2286	1	1	Desbalanceo en los alabes	6	92.28	2500
Spcc	100405401	114597	Impulsor	Am3	2286	1	1	Desbalanceo en los alabes	13	199.94	2500
										\$ 2045.54	\$ 27500

Cliente	Código nuevo	Orden	Descripción	Metal	Peso pieza (kg)	Ped.	Reposición	Motivo	Día de atraso	Costo por mano de obra no aprovechada (\$)	Costo de reposición (\$)
Metso - Suecia	129400101	114177	Caja de bomba	Am-3e	10306	1	1	Inclusión de escoria durante el vaciado	19	292.22	4000
Metso - Suecia	129400101	114177	Caja de bomba	Am-3e	10306	1	1	Rechupe por tratamiento térmico	6	92.28	4000
Metso - Suecia	129400101	114177	Caja de bomba	Am-3e	10306	1	1	Metalización	1	15.38	4000
Metso - Suecia	129400101	114177	Caja de bomba	Am-3e	10306	1	1	Inclusión de escoria durante el vaciado	3	46.14	4000
Metso - Suecia	129400101	114177	Caja de bomba	Am-3e	10306	1	1	Metalización	15	230.7	4000
Metso - Suecia	129400101	114177	Caja de bomba	Am-3e	10306	1	1	Fisura en el canal de entrada	8	123.04	4000
Spcc	100410101	116334	Caja de bomba	Am-3	2705	5	1	Fisura en la brida	15	230.7	4000
Metso columbia	114808401	116380	Caja de bomba	Am-3	2477	2	1	Exceso de porosidad	20	307.6	4000
Metso columbia	114808401	114632	Caja de bomba	Am-3	2477	7	1	Exceso de porosidad	5	76.9	4000
Oldcastle	111601901	113506	Codo de alimentación	Am3	604	1	1	Inclusión de escoria durante el vaciado	19	292.22	1500
Oldcastle	111601901	113506	Codo de alimentación	Am3	604	1	1	Rechupe por tratamiento térmico	12	184.56	1500
Metso columbia	114812201	114635	Codo de alimentación	Am3	615	1	1	Exceso de porosidad	18	276.84	1500
Metso columbia	114803601	114911	Codo de alimentación	Am3	537	3	1	Inclusión de escoria durante el vaciado	15	230.7	1500
Metso columbia	114803601	115434	Codo de alimentación	Am3	537	1	1	Metalización	10	153.8	1500
Metso columbia	114801301	114110	Codo de alimentación	Am3	319	4	1	Rechupe por tratamiento térmico	2	30.76	1500
										\$ 2583.84	\$ 45000

Cliente	Código nuevo	Orden	Descripción	Metal	Peso pieza (kg)	Pedido	Reposición	Motivo	Día de atraso	Costo por mano de obra no aprovechada (\$)	Costo de reposición (\$)
Metso columbia	114812401	114309	Plato de succión	Am3	325	14	2	Rechupe por tratamiento térmico	7	107.66	3000
Metso columbia	114812401	114309	Plato de succión	Am3	325	13	2	Metalización de agujeros	20	307.6	3000
Spcc	100418901	114427	Plato de succión	Am3	11	36	3	Inclusión de escoria durante el vaciado	14	215.32	4500
Spcc	100418901	115798	Plato de succión	Am3	11	20	2	Inclusión de escoria durante el vaciado	24	369.12	3000
Spcc	100400801	116134	Plato de succión	Am3	2495	14	3	Inclusión de escoria durante el vaciado	7	107.66	4500
Gold Fields	107203001	114025	Plato de succión	Am3	200	22	2	Metalización de agujeros	17	261.46	3000
Metso columbia	114812401	114309	Plato de succión	Am3	3325	27	4	Exceso de porosidad	20	307.6	6000
										\$ 6,305.80	\$ 99,500.00



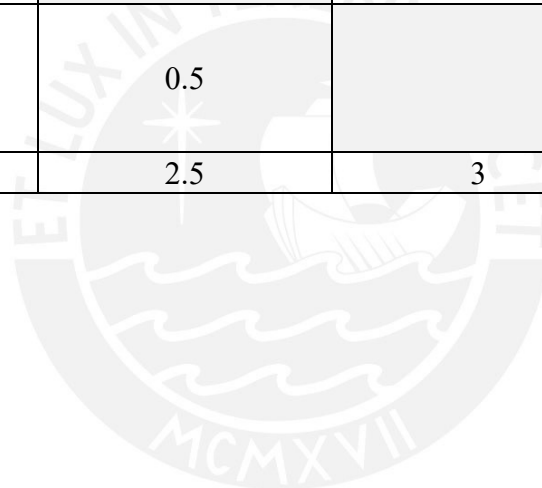
### Anexo 5

Elaboración de la matriz de priorización para los problemas identificados en la empresa.

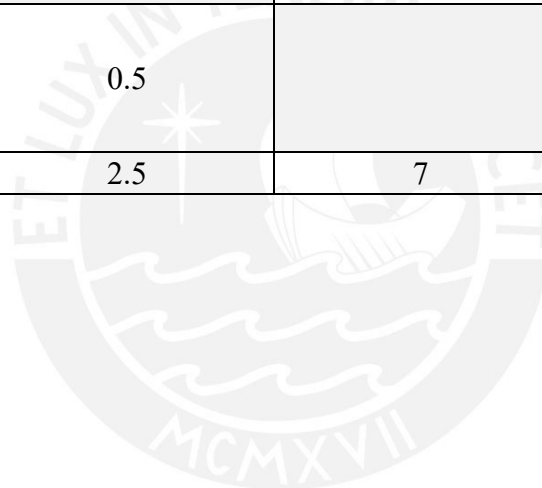
	Disminuir los sobrecostos relacionados con el incumplimiento de entrega.	Mayor impacto en la fidelidad de los clientes.	Facilidad de implementación.	Mayor calidad en el producto terminado.	Total fila	Ponderación del criterio
Disminuir los sobrecostos relacionados con el incumplimiento de entrega.		5	1	1	7	0.36
Mayor impacto en la fidelidad de los clientes.	0.2		0.5	0.5	1.2	0.06
Facilidad de implementación.	1	2		0.2	3.2	0.16
Mayor calidad en el producto terminado.	1	2	5		8	0.41
<b>Total columna</b>	2.2	9	6.5	1.7	19.4	

Disminuir los sobrecostos relacionados con el incumplimiento de entrega.	Aumentar el indicador OTIF de la empresa.	Aumentar el indicador de productividad.	Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	<b>Total fila</b>	<b>Ponderación del criterio</b>
Aumentar el indicador OTIF de la empresa.		5	2	7	0.72
Aumentar el indicador de productividad.	0.2		1	1.2	0.12
Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	0.5	1		1.5	0.15
<b>Total columna</b>	0.7	6	3	9.7	

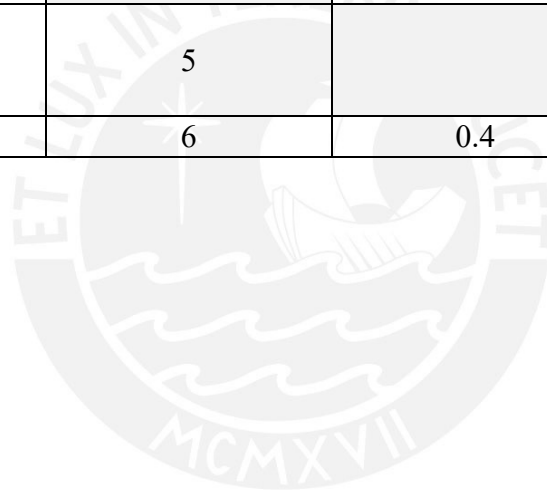
Mayor impacto en la fidelidad de los clientes.	Aumentar el indicador OTIF de la empresa.	Aumentar el indicador de productividad.	Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	<b>Total fila</b>	<b>Ponderación del criterio</b>
Aumentar el indicador OTIF de la empresa.		2	2	4	0.57
Aumentar el indicador de productividad.	0.5		1	1.5	0.21
Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	1	0.5		1.5	0.21
<b>Total columna</b>	1.5	2.5	3	7	



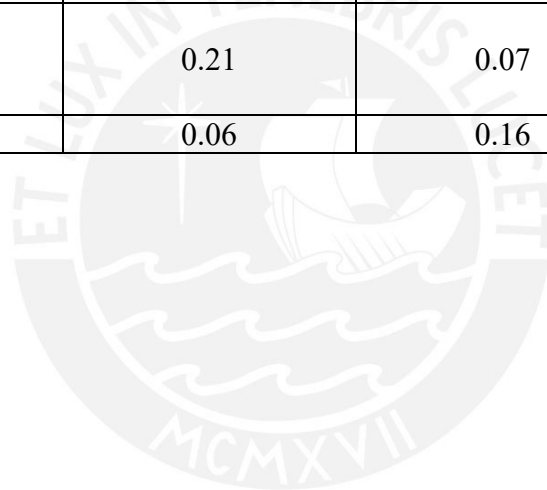
Facilidad de implementación.	Aumentar el indicador OTIF de la empresa.	Aumentar el indicador de productividad.	Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	<b>Total fila</b>	<b>Ponderación del criterio</b>
Aumentar el indicador OTIF de la empresa.		2	5	7	0.69
Aumentar el indicador de productividad.	0.5		2	2.5	0.25
Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	0.2	0.5		0.7	0.07
<b>Total columna</b>	0.7	2.5	7	10.2	



Mayor calidad en el producto terminado.	Aumentar el indicador OTIF de la empresa.	Aumentar el indicador de productividad.	Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	<b>Total fila</b>	<b>Ponderación del criterio</b>
Aumentar el indicador OTIF de la empresa.		1	0.2	1.2	0.10
Aumentar el indicador de productividad.	1		0.2	1.2	0.10
Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	5	5		10	0.81
<b>Total columna</b>	6	6	0.4	12.4	



<b>Opciones / Criterios</b>	Disminuir los sobrecostos relacionados con el incumplimiento de entrega.	Mayor impacto en la fidelidad de los clientes.	Facilidad de implementación.	Mayor calidad en el producto terminado.	<b>Total fila</b>
Aumentar el indicador OTIF de la empresa.	0.72	0.57	0.69	0.10	0.45
Aumentar el indicador de productividad.	0.12	0.21	0.25	0.10	0.14
Disminuir la cantidad de productos defectuosos.	0.15	0.21	0.07	0.81	0.41
<b>Total columna</b>	0.36	0.06	0.16	0.41	1



## Anexo 6

Matriz de los 5 porqués del bajo indicador OTIF de la empresa.

Tipo de Causa	Causa Inmediata	1 ¿Por qué?	2 ¿Por qué?	3 ¿Por qué?	4 ¿Por qué?	5 ¿Por qué?	Causa Raíz
<b>Mano de obra</b>	Bajo nivel de precisión en los pronósticos	Constantes cambios en las órdenes de fabricación	Baja precisión en la elaboración de pronósticos				Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Necesidad de horas extras	Incumplimiento de los programas de producción	Falta de personal	Falta de precisión en el Plan Agregado			Falta de precisión en el Plan Agregado
	Información incompleta para el inicio de producción	Falta de comunicación entre las áreas involucradas con la producción	Objetivos de la empresa no alineados con el personal	Mala gestión empresarial			Mala gestión empresarial
	Errores en el moldeo de las piezas	Falta de cumplimiento del tiempo de fraguado	Tiempos de jornada muy cortos a comparación de los tiempos de cada actividad	Falta de personal para realizar las tareas con tiempo	Falta de precisión en el Plan Agregado		Falta de precisión en el Plan Agregado

Tipo de Causa	Causa Inmediata	1 ¿Por qué?	2 ¿Por qué?	3 ¿Por qué?	4 ¿Por qué?	5 ¿Por qué?	Causa Raíz
<b>Materiales</b>	Atraso en el programa de producción diario	Stock limitado de cajas para moldeo de la familia de bombas	Exceso de órdenes que utilizan la misma caja	Baja precisión en la elaboración de pronósticos			Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Falta de insumos para iniciar producción	Retraso en la llegada de manguitos y cerámicos	Proveedores con lead time extensos	No se tomar en cuenta esta restricción	Falta de precisión en la elaboración del MRP		Falta de precisión en la elaboración del MRP
	Insumos en mal estado	Desconocimiento de los productos vencidos en almacén	Desorden en el almacén de insumos y materia prima	Sobre stock de materiales	Falta de precisión en la elaboración del MRP		Falta de precisión en la elaboración del MRP
<b>Maquinaria</b>	Atraso en la elaboración del MPS	Computadoras deficientes	Falta de inversión en equipos tecnológicos	Priorización de otros gastos	Falta de comunicación de los altos cargos		Falta de comunicación de los altos cargos
	Alta utilización de la maquinaria	Sobrecarga de los hornos de fundición	Falla de los hornos de fundición	Acumulación de escoria	Limpieza inapropiada de los hornos luego de fundir	Falta de estandarización de procesos	Falta de estandarización de procesos
		Sobrecarga de la TOM 1800	Parada de la TOM 1800	Falta de cumplimiento en las fechas de mantenimiento preventivo	Sobrecarga de órdenes	Baja precisión en la elaboración de pronósticos	Baja precisión en la elaboración de pronósticos
		Retraso en las operaciones por uso elevado de grúas puente	Falta de suficiente grúas puente	Desbalance de línea			Desbalance de línea



Tipo de Causa	Causa Inmediata	1 ¿Por qué?	2 ¿Por qué?	3 ¿Por qué?	4 ¿Por qué?	5 ¿Por qué?	Causa Raíz
<b>Medio Ambiente</b>	Capacidad limitada en el área de moldeo	Espacio reducido dentro de la planta para el área de moldeo	Mala distribución del área de moldeo				Mala distribución del área de moldeo
	Clima laboral inestable	Falta de liderazgo por parte de los supervisores	Falta de capacitación				Falta de capacitación
	Clima laboral inestable	Sobrecarga laboral	Lead times de entrega muy cortos	Baja precisión en la elaboración de pronósticos			Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Atraso en la fundición de metales altamente contaminantes	Auditorías aleatorias por parte del Estado	Proceso de fundición altamente contaminante	Procesos no actualizados			Procesos no actualizados



Tipo de Causa	Causa Inmediata	1 ¿Por qué?	2 ¿Por qué?	3 ¿Por qué?	4 ¿Por qué?	5 ¿Por qué?	Causa Raíz
<b>Método de trabajo</b>	Retraso en la entrega de los modelos de madera	Falta de seguimiento de la entrega de los proveedores	Las fechas de entrega suelen variar por los cambios generados en los programas de producción.	Baja precisión en la elaboración de pronósticos			Baja precisión en la elaboración de pronósticos
	Falta de programación en las área de TT y Acabado final	Falta de personal asignado para esta función	Falta de precisión en el Plan Agregado				Falta de precisión en el Plan Agregado
		Resistencia al cambio	Los operarios son antiguos y se oponen a los cambios	Falta de liderazgo por parte de los supervisores			Falta de liderazgo por parte de los supervisores
	Exceso de inventarios en el almacén de materia prima	Sobre stock de manguitos y cerámicos como stock de seguridad	Mal cálculo del stock de seguridad	Falta de precisión en la elaboración del MRP			Falta de precisión en la elaboración del MRP
	Exceso de inventarios en el almacén de PT	Cambio de la cantidad de piezas para las órdenes	Falta de precisión en la elaboración del MRP				Falta de precisión en la elaboración del MRP
	Alto índice de desperdicios	No se tiene un procedimiento estandarizado para la inspección de las piezas	Falta de conocimiento de los requerimientos del cliente				Falta de conocimiento de los requerimientos del cliente
	Alto índice de desperdicios	Devolución de las piezas por no cumplir con las especificaciones técnicas	Falta de conocimiento de los requerimientos del cliente				Falta de conocimiento de los requerimientos del cliente

Fuente: Fundición S.A.

## Anexo 7

*Cálculo del error de los pronósticos realizados por el jefe de Planeamiento para la familia de bombas en el 2020.*

- Escenario normal
- Caja de bomba:

	<b>Demanda Real</b>	<b>Pronóstico</b>				
<b>Mes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Error</b>	<b>Cuadrado del error</b>	<b>Error Absoluto</b>	<b>Error porcentual medio absoluto</b>
<b>1</b>	4	3	1	1	1	25.00%
<b>2</b>	6	10	-4	16	4	66.67%
<b>3</b>	3	10	-7	49	7	233.33%
<b>4</b>	7	13	-6	36	6	85.71%
<b>5</b>	8	8	0	0	0	0.00%
<b>6</b>	10	14	-4	16	4	40.00%
<b>7</b>	6	7	-1	1	1	16.67%
<b>8</b>	7	8	-1	1	1	14.29%
<b>9</b>	8	10	-2	4	2	25.00%
<b>10</b>	10	7	3	9	3	30.00%
<b>11</b>	5	4	1	1	1	20.00%
<b>12</b>	8	8	0	0	0	0.00%
		<b>TOTAL</b>	-20	134	30	5.57
			CFE	-20	MSE	11.17
			MAD	2.50	MAPE	46.39%

*Fuente: Fundación S.A.*

- Plato de succión:

	<b>Demanda Real</b>	<b>Pronóstico</b>				
<b>Mes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Error</b>	<b>Cuadrado del error</b>	<b>Error absoluto</b>	<b>Error porcentual medio absoluto</b>
<b>1</b>	20	32	-12	144	12	60.00%
<b>2</b>	22	35	-13	169	13	59.09%
<b>3</b>	28	11	17	289	17	60.71%
<b>4</b>	20	22	-2	4	2	10.00%
<b>5</b>	14	11	3	9	3	21.43%
<b>6</b>	10	6	4	16	4	40.00%
<b>7</b>	19	8	11	121	11	57.89%
<b>8</b>	3	8	-5	25	5	166.67%
<b>9</b>	20	20	0	0	0	0.00%
<b>10</b>	12	38	-26	676	26	216.67%
<b>11</b>	14	7	7	49	7	50.00%
<b>12</b>	15	20	-5	25	5	33.33%
		<b>TOTAL</b>	-21	1527	105	7.76
			CFE	-21	MSE	127.25
			MAD	8.75	MAPE	64.65%

Fuente: Fundición S.A.

- Codo de alimentación:

	<b>Demanda Real</b>	<b>Pronóstico</b>				
<b>Mes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Error</b>	<b>Cuadrado del error</b>	<b>Error absoluto</b>	<b>Error porcentual medio absoluto</b>
<b>1</b>	2	3	-1	1	1	50.00%
<b>2</b>	1	6	-5	25	5	500.00%
<b>3</b>	3	4	-1	1	1	33.33%
<b>4</b>	1	1	0	0	0	0.00%
<b>5</b>	1	1	0	0	0	0.00%
<b>6</b>	2	4	-2	4	2	100.00%
<b>7</b>	3	6	-3	9	3	100.00%
<b>8</b>	4	1	3	9	3	75.00%
<b>9</b>	1	6	-5	25	5	500.00%
<b>10</b>	2	1	1	1	1	50.00%
<b>11</b>	2	4	-2	4	2	100.00%
<b>12</b>	3	3	0	0	0	0.00%
		<b>TOTAL</b>	-15	79	23	15.08
			CFE	-15	MSE	6.58
			MAD	1.92	MAPE	125.69%

Fuente: Fundición S.A.

- Impulsores:

	<b>Demanda Real</b>	<b>Pronóstico</b>				
<b>Mes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Error</b>	<b>Cuadrado del error</b>	<b>Error absoluto</b>	<b>Error porcentual medio absoluto</b>
<b>1</b>	10	24	-14	196	14	140.00%
<b>2</b>	14	15	-1	1	1	7.14%
<b>3</b>	13	27	-14	196	14	107.69%
<b>4</b>	22	14	8	64	8	36.36%
<b>5</b>	16	28	-12	144	12	75.00%
<b>6</b>	4	20	-16	256	16	400.00%
<b>7</b>	11	10	1	1	1	9.09%
<b>8</b>	7	10	-3	9	3	42.86%
<b>9</b>	15	10	5	25	5	33.33%
<b>10</b>	16	28	-12	144	12	75.00%
<b>11</b>	12	27	-15	225	15	125.00%
<b>12</b>	5	17	-12	144	12	240.00%
		<b>TOTAL</b>	-85	1405	113	12.91
			CFE	-85	MSE	117.08
			MAD	9.42	MAPE	107.62%

Fuente: Fundición S.A.

- Caja de bomba:
- Método Estacional Multiplicativo

Trimestre	Año 2018	Año 2019	Pron. 2020	Año 2020	Pron. 2021	Error	IETI/DT
<b>1</b>	15	15	17	13	17	-4.00	31%
<b>2</b>	21	20	23	25	26	2.00	8%
<b>3</b>	15	17	18	21	21	3.00	14%
<b>4</b>	20	23	24	23	26	-1.00	4%
<b>Total</b>	71	75	79	82	88		
				CFE	0.00		
				MAD	2.5		
				MSE	7.5		
				MAPE	14%		

Fuente: Fundición S.A.

## Anexo 8

*Cálculos de pronósticos de la familia de bombas aplicando 2 métodos.*

- Método Suavización Exponencial

Mes	AÑO 2020	FT ALFA=0.1	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.2	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.3	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.4	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.5	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.6	ERROR	IETI/DT
1	4	4	0	0%	4	0	0%	4	0	0%	4	0	0%	4	0	0%	4	0	0%
2	6	4	2	33%	4	2	33%	4	2	33%	4	2	33%	4	2	33%	4	2	33%
3	3	4	-1	40%	4	-1	47%	5	-2	53%	5	-2	60%	5	-2	67%	5	-2	73%
4	7	4	3	42%	4	3	41%	4	3	41%	4	3	42%	4	3	43%	4	3	45%
5	8	4	4	45%	5	3	41%	5	3	38%	5	3	34%	6	3	31%	6	2	28%
6	10	5	5	53%	5	5	46%	6	4	41%	6	4	37%	7	3	33%	7	3	29%
7	6	5	1	12%	6	0	5%	7	-1	19%	8	-2	30%	8	-2	40%	9	-3	47%
8	7	5	2	24%	6	1	11%	7	0	3%	7	0	1%	7	0	3%	7	0	2%
9	8	6	2	31%	6	2	20%	7	1	14%	7	1	12%	7	1	11%	7	1	12%
10	10	6	4	42%	7	3	33%	7	3	28%	7	3	26%	8	2	25%	8	2	24%
11	5	6	-1	24%	7	-2	47%	8	-3	61%	8	-3	69%	9	-4	75%	9	-4	81%
12	8	6	2	24%	7	1	14%	7	1	11%	7	1	12%	7	1	14%	7	1	17%
CFE			23			16			11			9			7			6	
MAD			2.3			2.0			1.9			1.9			2.0			2.0	
MSE			7.3			5.6			5.1			5.0			5.2			5.4	
MAPE			31%			28%			29%			30%			31%			33%	

*Fuente: Fundación S.A.*



- Plato de succión:
- Método Estacional Multiplicativo mensual

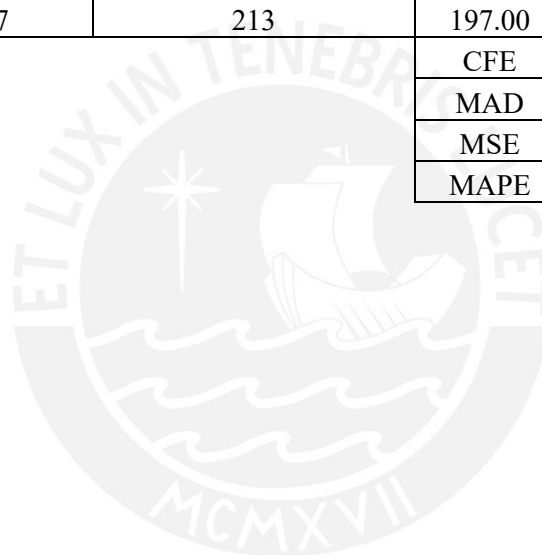
Mes	Año 2018	Año 2019	Pron. 2020	Año 2020	Pron. 2021	Error	Ieti/dt
Ene	11	14	25	20	29	-5.00	25%
Feb	14	6	23	22	28	-1.00	5%
Mar	10	22	30	28	36	-2.00	7%
Abr	13	5	21	20	26	-1.00	5%
May	6	15	17	14	22	-3.00	21%
Jun	2	7	8	10	11	2.00	20%
Jul	6	11	16	19	21	3.00	16%
Ago	2	2	5	3	5	-2.00	67%
Sep	8	15	22	20	26	-2.00	10%
Oct	4	7	11	12	14	1.00	8%
Nov	4	16	17	14	20	-3.00	21%
Dic	1	27	21	15	24	-6.00	40%
TOTAL	81	147	213	197	255		
				CFE	-19.00		
				MAD	2.6		
				MSE	8.9		
				MAPE	20%		

Fuente: Fundación S.A.

- Método Estacional Multiplicativo trimestral

Trimestre	Año 2018	Año 2019	Pron. 2020	Año 2020	Pron. 2021	Error	IETI/DT
<b>1</b>	35	42	39.00	70	46.00	31.00	44%
<b>2</b>	21	27	62.00	44	74.00	-18.00	41%
<b>3</b>	16	28	69.00	42	80.00	-27.00	64%
<b>4</b>	9	50	80.00	41	89.00	-39.00	95%
<b>Total</b>	81	147	213	197.00	255		
				CFE	-53.00		
				MAD	28.8		
				MSE	883.8		
				MAPE	61%		

Fuente: Fundación S.A.



- Método Suavización Exponencial

Mes	AÑO 2020	FT ALFA=0.1	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.2	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.3	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.4	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.5	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.6	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=1	ERROR	IETI/DT
1	20	20	0	0%	20	0	0%	20	0	0%	20	0	0%	20	0	0%	20	0	0%	20	0	0%
2	22	20	2	9%	20	2	9%	20	2	9%	20	2	9%	20	2	9%	20	2	9%	20	2	9%
3	28	20	8	28%	20	8	27%	21	7	26%	21	7	26%	21	7	25%	21	7	24%	22	6	21%
4	20	21	-1	5%	22	-2	10%	23	-3	14%	24	-4	18%	25	-5	23%	25	-5	26%	28	-8	40%
5	14	21	-7	49%	22	-8	54%	22	-8	57%	22	-8	59%	22	-8	59%	22	-8	58%	20	-6	43%
6	10	20	-10	102%	20	-10	100%	20	-10	96%	19	-9	89%	18	-8	81%	17	-7	72%	14	-4	40%
7	19	19	0	1%	18	1	5%	17	2	12%	15	4	19%	14	5	26%	13	6	32%	10	9	47%
8	3	19	-16	539%	18	-15	507%	17	-14	480%	17	-14	460%	17	-14	451%	17	-14	452%	19	-16	533%
9	20	18	2	12%	15	5	24%	13	7	35%	11	9	44%	10	10	51%	8	12	58%	3	17	85%
10	12	18	-6	48%	16	-4	34%	15	-3	26%	15	-3	23%	15	-3	24%	15	-3	28%	20	-8	67%
11	14	17	-3	23%	15	-1	9%	14	0	1%	14	0	2%	13	1	4%	13	1	5%	12	2	14%
12	15	17	-2	13%	15	0	0%	14	1	6%	14	1	8%	14	1	9%	14	1	8%	14	1	7%
CFE				-33			-25			-19			-14			-11			-9			-5
MAD				4.8			4.6			4.8			5.0			5.3			5.5			6.6
MSE				44.3			41.5			41.1			42.1			44.2			47.1			70.9
MAPE				69%			65%			64%			63%			63%			64%			76%

Fuente: Fundación S.A.

- Codo de alimentación:

- Método Estacional Multiplicativo Trimestral

Trimestre	Año 2018	Año 2019	Pron. 2020	Año 2020	Pronóstico 2021	Error	IETI/DT
<b>1</b>	7	7	7	6	6	-1.00	17%
<b>2</b>	5	6	5	4	5	-1.00	25%
<b>3</b>	12	8	9	8	8	-1.00	13%
<b>4</b>	5	6	5	7	6	2.00	29%
<b>Total</b>	29	27	25	25	23		
				CFE	-1.00		
				MAD	1.3		
				MSE	1.8		
				MAPE	21%		

Fuente: Fundición S.A.

- Método Suavización Exponencial

Mes	AÑO 2020	FT ALFA=0.1	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.2	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.3	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.4	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.5	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.6	ERROR	IETI/DT
1	2	2	0	0%	2	0	0%	2	0	0%	2	0	0%	2	0	0%	2	0	0%
2	1	2	-1	100%	2	-1	100%	2	-1	100%	2	-1	100%	2	-1	100%	2	-1	100%
3	3	2	1	37%	2	1	40%	2	1	43%	2	1	47%	2	2	50%	1	2	53%
4	1	2	-1	101%	2	-1	104%	2	-1	109%	2	-1	116%	2	-1	125%	2	-1	136%
5	1	2	-1	91%	2	-1	83%	2	-1	76%	2	-1	70%	2	-1	63%	2	-1	54%
6	2	2	0	9%	2	0	17%	2	0	23%	1	1	29%	1	1	34%	1	1	39%
7	3	2	1	39%	2	1	42%	2	1	44%	2	1	45%	2	1	45%	2	1	44%
8	4	2	2	51%	2	2	50%	2	2	48%	2	2	45%	2	2	42%	2	2	38%
9	1	2	-1	116%	2	-1	139%	3	-2	165%	3	-2	191%	3	-2	216%	3	-2	239%
10	2	2	0	2%	2	0	6%	2	0	8%	2	0	7%	2	0	4%	2	0	2%
11	2	2	0	2%	2	0	4%	2	0	5%	2	0	4%	2	0	2%	2	0	1%
12	3	2	1	32%	2	1	31%	2	1	31%	2	1	32%	2	1	33%	2	1	34%
CFE			1			1			1			1			1			1	
MAD			0.8			0.9			0.9			0.9			0.9			1.0	
MSE			1.0			1.1			1.1			1.2			1.3			1.4	
MAPE			48%			51%			54%			57%			59%			62%	

Fuente: Fundición S.A.

- Impulsor

- Método Estacional Multiplicativo Mensual

Mes	Año 2018	Año 2019	Pron. 2020	Año 2020	Pron. 2021	Error	IETI/DT
Ene	3	6	7	10	9.0	3.00	30%
Feb	10	13	16	14	19.0	-2.00	14%
Mar	9	18	19	13	20.0	-6.00	46%
Abr	8	13	15	22	21.0	7.00	32%
May	6	23	19	16	22.0	-3.00	19%
Jun	3	3	5	4	5.0	-1.00	25%
Jul	9	10	14	11	16.0	-3.00	27%
Ago	5	5	8	7	9.0	-1.00	14%
Sep	10	1	9	15	13.0	6.00	40%
Oct	15	7	17	16	20.0	-1.00	6%
Nov	7	16	16	12	18.0	-4.00	33%
Dic	5	1	5	5	6.0	0.00	0%
TOTAL	90	116	142	145	172.5		
				CFE	-5.00		
				MAD	3.1		
				MSE	14.3		
				MAPE	24%		

Fuente: Fundición S.A.

- Método Suavización Exponencial

Mes	AÑO 2020	FT ALFA=0.1	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.2	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.3	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.4	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.5	ERROR	IETI/DT	FT ALFA=0.6	ERROR	IETI/DT
1	10	10	0	0%	10	0	0%	10	0	0%	10	0	0%	10	0	0%	10	0	0%
2	14	10	4	29%	10	4	29%	10	4	29%	10	4	29%	10	4	29%	10	4	29%
3	13	10	3	20%	11	2	17%	11	2	14%	12	1	11%	12	1	8%	12	1	5%
4	22	11	11	52%	11	11	49%	12	10	47%	12	10	45%	13	10	43%	13	9	42%
5	16	12	4	26%	13	3	16%	15	1	7%	16	0	1%	17	-1	8%	18	-2	14%
6	4	12	-8	205%	14	-10	248%	15	-11	279%	16	-12	301%	17	-13	316%	17	-13	323%
7	11	11	0	4%	12	-1	8%	12	-1	7%	11	0	2%	10	1	6%	9	2	17%
8	7	11	-4	62%	12	-5	68%	12	-5	65%	11	-4	59%	11	-4	52%	10	-3	47%
9	15	11	4	27%	11	4	28%	10	5	32%	9	6	37%	9	6	41%	8	7	45%
10	16	11	5	29%	12	4	27%	12	4	27%	12	4	27%	12	4	26%	12	4	23%
11	12	12	0	2%	13	-1	4%	13	-1	8%	13	-1	12%	14	-2	16%	15	-3	21%
12	5	12	-7	136%	12	-7	148%	13	-8	153%	13	-8	157%	13	-8	160%	13	-8	160%
CFE			11			5			1			-1			-2			-3	
MAD			4.2			4.3			4.3			4.2			4.4			4.6	
MSE			28.4			29.7			31.2			32.5			33.7			34.7	
MAPE			49%			54%			56%			57%			59%			60%	

Fuente: Fundición S.A.

## Anexo 9

*Elaboración del MRP propuesto para las piezas seleccionadas.*

*Elaboración del MRP propuesto para los codos de alimentación.*

<b>Codo de alimentación</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Requerimientos netos</b>	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
<b>Almas</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	30	0	0	30	30	0	30	30	30	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Requerimientos netos</b>	30	0	0	30	30	0	30	30	30	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	30	0	0	30	30	0	30	30	30	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	30	0	0	30	30	0	30	30	30	0	0	0



<b>Arena</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	6.9	0	0	6.9	6.9	0	6.9	6.9	6.9	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	143.1	143.1	143.1	136.2	129.3	129.3	122.4	115.5	108.6	108.6	108.6	108.6
<b>Requerimientos netos</b>	6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Catalizador</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	205.95	0	0	205.95	205.95	0	205.95	205.95	205.95	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	794.05	794.05	794.05	588.1	632.15	632.15	676.2	720.25	514.3	514.3	514.3	514.3
<b>Requerimientos netos</b>	0	0	0	0	117.85	0	73.8	29.75	0	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	0	250	0	250	250	0	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	250	0	250	250	0	0	0	0	0	0	0

<b>Resina</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	68.64	0	0	68.64	68.64	0	68.64	68.64	68.64	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	431.36	431.36	431.36	362.72	294.08	294.08	225.44	256.8	288.16	288.16	288.16	288.16
<b>Requerimientos netos</b>	0	0	0	0	0	0	0	43.2	11.84	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0
<b>Insertos</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	10	0	0	10	10	0	10	10	10	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Requerimientos netos</b>	10	0	0	10	10	0	10	10	10	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	10	10	0	10	10	10	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	10	10	0	10	10	10	0	0	0	0	0

<b>Manguitos</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	8	0	0	8	8	0	8	8	8	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	12	12	12	4	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Requerimientos netos</b>	0	0	0	0	7	0	8	8	8	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	0	7	0	8	8	8	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	0	7	0	8	8	8	0	0	0	0	0
<b>Cerámicos</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	30	0	0	30	30	0	30	30	30	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	70	70	70	40	110	110	80	50	20	0	0	0
<b>Requerimientos netos</b>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>Chatarra</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	3.5	0	0	3.5	3.5	0	3.5	3.5	3.5	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	46.5	46.5	46.5	43	39.5	39.5	36	32.5	29	29	29	29
<b>Requerimientos netos</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Elaboración del MRP propuesto para los impulsores.

<b>Impulsores</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Recepciones programadas</b>	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Requerimientos netos</b>	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
<b>Almas</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	90	90	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Requerimientos netos</b>	90	90	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	90	90	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	90	90	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0

<b>Arena</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	129.3	108.6	137.9	117.2	146.5	125.8	105.1	134.4	113.7	113.7	113.7	113.7
<b>Requerimientos netos</b>	20.7	0	12.1	0	3.5	0	0	15.6	0	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	50	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
<b>Catalizador</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	617.85	617.85	617.85	617.85	617.85	617.85	617.85	617.85	617.85	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	250	500	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	632.15	514.3	646.45	528.6	410.75	542.9	675.05	557.2	689.35	689.35	689.35	689.35
<b>Requerimientos netos</b>	117.85	485.7	603.55	471.4	589.25	707.1	574.95	442.8	560.65	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	500	500	750	750	500	750	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	500	500	750	750	500	750	0	0	0	0	0	0

<b>Resina</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	205.92	205.92	205.92	205.92	205.92	205.92	205.92	205.92	205.92	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	200	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	294.08	288.16	282.24	276.32	270.4	264.48	258.56	252.64	246.72	246.72	246.72	246.72
<b>Requerimientos netos</b>	0	111.84	117.76	123.68	129.6	135.52	141.44	147.36	153.28	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	200	200	200	200	200	200	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	0	0
<b>Insertos</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Requerimientos netos</b>	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0	0	0

<b>Manguitos</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	7	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Requerimientos netos</b>	7	24	24	24	24	24	24	24	24	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	24	24	24	24	24	24	24	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	24	24	24	24	24	24	24					
<b>Cerámicos</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	90	90	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	110	20	30	40	50	60	70	80	90	90	90	90
<b>Requerimientos netos</b>	10	0	90	80	70	60	50	40	30	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	100	100	100	100	100	100	100			0	0	0



<b>Chatarra</b>	<b>Sem 41</b>	<b>Sem 42</b>	<b>Sem 43</b>	<b>Sem 44</b>	<b>Sem 45</b>	<b>Sem 46</b>	<b>Sem 47</b>	<b>Sem 48</b>	<b>Sem 49</b>	<b>Sem 50</b>	<b>Sem 51</b>	<b>Sem 52</b>
<b>Requerimientos brutos</b>	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	0	0	0
<b>Recepciones programadas</b>	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Inventario final proyectado</b>	39.5	29	68.5	58	47.5	37	26.5	66	55.5	55.5	55.5	55.5
<b>Requerimientos netos</b>	0	0	1.5	0	0	0	0	4	0	0	0	0
<b>Recepciones de orden planeada</b>	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0
<b>Liberación de órdenes planeadas</b>	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0

