

**Desarrollar para la planta de joyería industrias Inca – Duprée una propuesta  
basada en lean manufacturing que permite incrementar la productividad  
manteniendo los estándares de calidad**

Adriana Cifuentes Benítez  
César Andrés Laguna Cañaveral

Universidad Agustiniana  
Facultad de Ingenierías  
Programa Ingeniería Industrial  
Bogotá, D.C.

2019

**Desarrollar para la planta de joyería industrias Inca – Duprée una propuesta basada en lean manufacturing que permita incrementar la productividad manteniendo los estándares de calidad.**

Adriana Cifuentes Benítez  
Cesar Andrés Laguna Cañaverál

Director  
John Jairo González Bulla.

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial

Universidad Agustiniana  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Industrial  
Bogotá, D.C.

2019

## **Resumen**

“Industrias Inca- Duprée” es una de las industrias encargada en la venta directa en cual gran parte de su mercado está dedicado a la producción de bisutería distribuyéndose en los países Perú, Ecuador, Bolivia, Colombia y Guatemala.

Su modelo productivo está basado “bajo pedido”, en cual no se tuvo en cuenta que al aumentar la demanda se generaron inconvenientes de entrega y sobrecostos operacionales.

La filosofía de Lean Manufacturing contiene un conjunto de técnicas que mejora el sistema productivo convirtiéndolo en un modelo de alta flexibilidad de cumplimiento de la demanda, bajar costos y mejorar la calidad.

*Palabras clave:* Industria, demanda, flexibilidad, mejorar.

## **Abstract**

“Industrias Inca-Duprée” is one of the industries responsible for direct sales in which a large part of its market is dedicated to the production of jewelry distributed in the countries Peru, Ecuador, Bolivia, Colombia and Guatemala.

Its production model is based "on demand", which did not take into account that increasing demand generated delivery problems and operational cost overruns.

The philosophy of Lean Manufacturing contains a set of techniques that improve the production system making it a model of high flexibility of demand compliance, lower costs and improve quality.

*Key words:* Industry, demand, flexibility, improve.

## Tabla de contenidos

Introducción	14
1 Generalidades	15
1.1 Descripción de la empresa	15
1.2 Participación de la demanda joyería	15
1.3 Unidad estratégica de negocio	16
1.4 Medición de productividad en la planta	19
2 Problema de investigación	21
2.1 Antecedentes del problema	21
2.1.1 Incumplimiento de pedidos internacionales.	21
2.1.2 Pérdida de participación en mercado internacional.	24
2.1.3 Productividad planta de joyería 2018-2019.	26
2.1.4 Costos de transformación 2018-2019.	27
2.2 Descripción de problema	28
2.3 Formulación del problema	28
2.4 Sistematización del problema	29
3 Justificación	30
4 Objetivos del proyecto	31
4.1 Objetivo general	31
4.2 Objetivos específicos	31
5 Marco referencial	32
5.1 Antecedentes de investigación	32
5.2 Marco teórico	33
5.2.1 Sistema de producción Toyota (TPS).	33
5.2.2 5'S.	34
5.2.3 Justo a tiempo - Just in Time (JIT).	34
5.3 Marco conceptual	35
6 Marco metodológico	38
6.1 Tipo de investigación	38
6.2 Método para recolección de datos	38
6.3 Proceso metodológico	38

6.4	Tamaño poblacional	40
7	Diagnóstico	41
7.1	Diagnóstico Lean	41
7.2	VSM (Value Stream mapping)	43
7.3	Factores que afectan la productividad	44
7.3.1	Exceso de recorridos del operario.	44
7.3.2	Conteo excesivo de piezas.	47
7.3.3	Exceso de procesamiento en estación de fundición (cavidades tapadas).	48
7.3.4	Reproceso en estaciones de fundición y borrado.	56
7.3.5	Deficiencia en llenado de moldes.	62
7.4	Total desperdicios	71
7.5	Falta de 5's	72
8	Diagrama causa – efecto (Ishikawa)	77
9	Propuesta	78
9.1	Indicador madurez lean	78
9.2	Propuesta exceso de recorrido, SMED	78
9.3	Propuesta conteo excesivo de piezas	84
9.4	Propuesta exceso de procesamiento estación de fundición (estandarización de proceso y planificación de producción)	86
9.5	Propuesta reproceso estación de fundición y borrado	92
9.6	Propuesta deficiencia de llenado de moldes	101
9.7	Propuesta implementación 5'S	108
9.8	VSM propuesto	112
10	Costo - beneficio de la propuesta	113
	Conclusiones	115
	Recomendaciones	117
	Referencias	118

## Lista de figuras

Figura 1. Porcentaje de participación de cada unidad de negocio. ....	15
Figura 2. Unidades solicitadas por país.....	16
Figura 3. TASCOI - Delimitación sistémica.....	17
Figura 4. Proceso productivo joyería .....	18
Figura 5. Dinámica de la compañía.....	19
Figura 6. Factores de producción utilizados según periodo.....	19
Figura 7. Unidades solicitadas VS unidades entregadas Bolivia. ....	22
Figura 8. Unidades solicitadas VS unidades entregadas Perú.....	22
Figura 9. Unidades solicitadas VS unidades entregadas Ecuador.....	23
Figura 10. Unidades solicitadas VS unidades entregadas Guatemala.....	23
Figura 11. Unidades solicitadas VS unidades entregadas. ....	24
Figura 12. Asignación de producción planta Colombia vs plantas países.. ....	25
Figura 13. Productividad planta año 2018. ....	26
Figura 14. Productividad planta año 2019. ....	26
Figura 15. Costo de transformación planta año 2018.....	27
Figura 16. Costo de transformación planta año 2019.....	27
Figura 17. Generalidades del problema - .....	28
Figura 18. Árbol de problema .....	28
Figura 19. Estructura del Sistema de Producción Toyota. ....	34
Figura 20. Puntuación herramientas evaluados.....	42
Figura 21. Puntuación corregida de las herramientas evaluadas.....	43
Figura 22. VSM actual. ....	44
Figura 23. Diagrama Spaghetti proceso de pegado y pintura. ....	45
Figura 24. Proceso de talqueo. ....	49
Figura 25. Proceso de fundición.....	49
Figura 26. modelo de molde.....	49
Figura 27. Proceso de despencar. ....	50
Figura 28. Diagrama procesos operativos (fundición, borrador y vibrado).....	57
Figura 29. Piezas aceptas vs piezas rechazadas en fundición. ....	58
Figura 30. Piezas aceptas vs piezas rechazadas en Borrado. ....	58

Figura 31. Piezas revisadas de los lotes devueltos vs piezas rechazadas.....	59
Figura 32. Piezas rechazadas según defecto.....	61
Figura 33. Pareto defectos.....	62
Figura 34. vaciado de material fundido para llenado de moldes.....	63
Figura 35. Molde con cavidades llenas dando forma la pieza..	63
Figura 36. Molde sin cavidades llenas completamente.....	63
Figura 37. Falta 5s en proceso ensamble.....	72
Figura 38. Falta 5s en proceso empaque. ....	73
Figura 39. Falta 5s en proceso vibrado. ....	73
Figura 40. Falta 5s en proceso Soldadura..	74
Figura 41. Falta 5s en proceso Soldadura (herramientas). ....	74
Figura 42. Falta 5s en modelos y moldes.....	75
Figura 43. Falta 5s en modelos y moldes.....	75
Figura 44. Falta 5s en proceso ensamble en crudo.....	75
Figura 45. Falta 5s en proceso de fundición.....	76
Figura 46. Diagrama Ishikawa..	77
Figura 47. indicador Madurez Lean. ....	78
Figura 48. Diagrama spaghetti propuesto. ....	82
Figura 49. Tarjeta seguimiento lote de producción.....	84
Figura 50. Formato actual programación moldes.....	86
Figura 51. Formato actual programación producción. ....	87
Figura 52. propuesta formato formulado programación moldes.....	87
Figura 53. propuesta formato formulado seguimiento de programación moldes. ....	88
Figura 54. Tabla dinámica seguimiento capacidad moldes y referencias asignadas. ....	88
Figura 55. propuesta formato formulado programación de producción.....	89
Figura 56. Gráfica automática cumplimiento día a día planeación de producción. ....	89
Figura 57. Diagrama de flujo del proceso. ....	91
Figura 58. JES proceso de fundición (1 de 3). ....	93
Figura 59. JES proceso de fundición (2 de 3)..	94
Figura 60. JES proceso de fundición (3 de 3)..	95
Figura 61. formato toma de tiempos estándar (1 de 2).....	96

Figura 62. formato toma de tiempos estándar (2 de 2).....	96
Figura 63. Piezas aceptas vs piezas rechazadas en fundición. ....	97
Figura 64. Piezas aceptas vs piezas rechazadas en Borrado. ....	97
Figura 65. Piezas revisadas de los lotes devueltos vs piezas rechazadas.....	98
Figura 66. Piezas rechazadas según defecto.....	100
Figura 67. Pareto defectos.....	100
Figura 68. Sección inicial y clasificar. ....	109
Figura 69. Sección Ordena. ....	110
Figura 70. Sección Limpieza.....	110
Figura 71. sección estandarización.....	111
Figura 72. sección Disciplina. ....	111
Figura 73. Resultados de auditoría.....	112
Figura 74. VSM propuesto.....	112

## Lista de tablas

Tabla 1. Antecedentes de investigación lean manufacturing 1-2.....	32
Tabla 2. Antecedentes de investigación lean manufacturing 2-2.....	32
Tabla 3. Conceptualización Lean Manufacturing. ....	35
Tabla 4. Proceso metodológico 1 de 2. ....	39
Tabla 5. Proceso metodológico 2 de 2. ....	40
Tabla 6. Puntuación según corresponda para cada ítem a evaluar. ....	41
Tabla 7. Puntuación corregida.....	42
Tabla 8. Tiempo por metro recorrido y costo compañía minuto operario. ....	45
Tabla 9. Total desplazamientos en distancia, tiempo y costos por operario. ....	46
Tabla 10. Dimensionamiento en el tiempo de los recursos por recorridos. ....	46
Tabla 11. Tiempos de conteo por pieza en cada proceso. ....	47
Tabla 12. Tiempo y costo por pieza. ....	47
Tabla 13. Cálculos por observación. ....	47
Tabla 14. Dimensionamiento en el tiempo de los recursos por conteo.....	48
Tabla 15. Etapas del proceso.....	48
Tabla 16. Observación de moldes #1. ....	50
Tabla 17. Observación de moldes #2. ....	50
Tabla 18. Observación de moldes #3. ....	51
Tabla 19. Observación de moldes # 4. ....	51
Tabla 20. Tiempos talqueo y fundición.....	52
Tabla 21. Dimensionamiento observación de moldes #1.....	52
Tabla 22. Dimensionamiento observación de moldes #2.....	53
Tabla 23. Dimensionamiento observación de moldes #3.....	53
Tabla 24. Dimensionamiento observación de moldes #4.....	54
Tabla 25. Total y promedio de las observaciones. ....	55
Tabla 26. Dimensionamiento en el tiempo.....	55
Tabla 27. Lotes revisados vs lotes devueltos. ....	59
Tabla 28. Defectos encontrados en las piezas rechazadas en fundición. ....	60
Tabla 29. Defectos encontrados en las piezas rechazadas en borrado. ....	60
Tabla 30. Defectos encontrados en revisión de lotes devueltos en vibrado. ....	60

Tabla 31. Tiempos y costos promedio de los desperdicios.....	62
Tabla 32. Dimensionamiento tiempo y costo defectos. ....	62
Tabla 33. Observación de moldes #1. ....	64
Tabla 34. Observación de moldes #2. ....	65
Tabla 35. Observación de moldes #3. ....	65
Tabla 36. Observación de moldes #4. ....	66
Tabla 37. Observación de moldes #5. ....	67
Tabla 38. Observación de moldes #6. ....	67
Tabla 39. Dimensionamiento observación de moldes #1.....	68
Tabla 40. Dimensionamiento observación de moldes #2.....	68
Tabla 41. Dimensionamiento observación de moldes #3.....	68
Tabla 42. Dimensionamiento observación de moldes #4.....	69
Tabla 43. Dimensionamiento observación de moldes #5.....	69
Tabla 44. Dimensionamiento observación de moldes #6.....	70
Tabla 45. Total y promedio de las observaciones. ....	71
Tabla 46. Dimensionamiento en el tiempo.....	71
Tabla 47. Total tiempo y costos por improductivos.....	72
Tabla 48. Tiempos estación de pegado. ....	79
Tabla 49. Tiempos estación de pintura.....	79
Tabla 50. Dimensionamiento de actividades pegado en tiempo y costo.....	80
Tabla 51. Dimensionamiento de actividades pintura en tiempo y costo.....	80
Tabla 52. Total tiempo y costos proceso pegado. ....	80
Tabla 53. Total tiempo y costos proceso pintura. ....	80
Tabla 54. Dimensionamiento total tiempo y costos pegado y pintura. ....	81
Tabla 55. costos totales recorridos turno.....	82
Tabla 56. Dimensionamiento tiempo y costos recorridos.....	82
Tabla 57. Costos actividades externas área de pegado con propuesta. ....	83
Tabla 58. Costos actividades externas área de pintura con propuesta. ....	83
Tabla 59. Suma total actividades externas y recorridos en pegado según propuesta.....	83
Tabla 60. Suma total actividades externas y recorridos en pintura según propuesta. ....	83
Tabla 61. Dimensionamiento de tiempos y costos totales. ....	84

Tabla 62. Puntos de control.....	85
Tabla 63. Tiempos y costos por pieza.....	85
Tabla 64. Tiempos y costos con método propuesto.....	85
Tabla 65. Dimensionamiento de costos y tiempos del método propuesto.....	85
Tabla 66. Prueba piloto propuesta.....	90
Tabla 67. Tiempo y costos pruebas adicionales.....	90
Tabla 68. Lotes revisados vs lotes devueltos.....	98
Tabla 69. Defectos encontrados en las piezas rechazadas en fundición.....	99
Tabla 70. Defectos encontrados en las piezas rechazadas en borrado.....	99
Tabla 71. Defectos encontrados en revisión de lotes devueltos en vibrado.....	99
Tabla 72. Tiempos y costos promedio de los desperdicios.....	101
Tabla 73. Dimensionamiento tiempo y costos.....	101
Tabla 74. Observación de moldes #1.....	101
Tabla 75. Observación de moldes #2.....	102
Tabla 76. Observación de moldes #3.....	102
Tabla 77. Observación de moldes #4.....	103
Tabla 78. Observación de moldes #5.....	103
Tabla 79. Observación de moldes #6.....	104
Tabla 80. Dimensionamiento observación de moldes #1.....	104
Tabla 81. Dimensionamiento observación de moldes #2.....	104
Tabla 82. Dimensionamiento observación de moldes #3.....	105
Tabla 83. Dimensionamiento observación de moldes #4.....	106
Tabla 84. Dimensionamiento observación de moldes #5.....	106
Tabla 85. Dimensionamiento observación de moldes #6.....	107
Tabla 86. Total, y promedio de las observaciones.....	107
Tabla 87. Dimensionamiento en el tiempo.....	107
Tabla 88. Situación actual vs propuesta, muda exceso de recorridos del operario + SMED. .....	113
Tabla 89. Situación actual vs propuesta, muda conteo excesivo de piezas.....	113
Tabla 90. Situación actual vs propuesta, exceso de procesamiento en estación de fundición (Cavidades tapadas).....	113

Tabla 91. Situación actual vs propuesta, reproceso en estaciones de Fundición y borrado.  
..... 113

Tabla 92. Situación actual vs propuesta, deficiencia en llenado de moldes..... 113

Tabla 93. Suma total de las mudas vs suma total de propuestas..... 114

## **Introducción**

Industrias Inca SAS- Duprée, es una empresa dedicada a la venta directa a través de un catálogo que ofrece productos en las líneas de hogar, fragancias, joyería, ropa y cuidado personal; en el año se manejan 19 campañas por país (Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia). En la actualidad se enfrenta como organización a un nuevo reto y es el de convertirse en una empresa productiva que anualmente en el ejercicio financiero produzca excedentes que le permitan obtener estabilidad económica.

La (UEN) unidad estratégica de negocio de joyería, evidenció un incremento en la demanda, causando como tal un alto impacto en los tiempos de operación de todos sus procesos y actividades.

El proyecto de investigación comienza con la recepción de insatisfacciones de los clientes por los productos obtenidos, se hace un análisis y se encuentran algunas fallas en los tiempos de entrega de los pedidos y sobrecostos en sus envíos.

El diseño de la propuesta Lean Manufacturing para Industrias Inca – Duprée, permite incrementar la productividad, el cumplimiento de la demanda y reducir los costos en la planta de producción de joyería manteniendo la calidad.

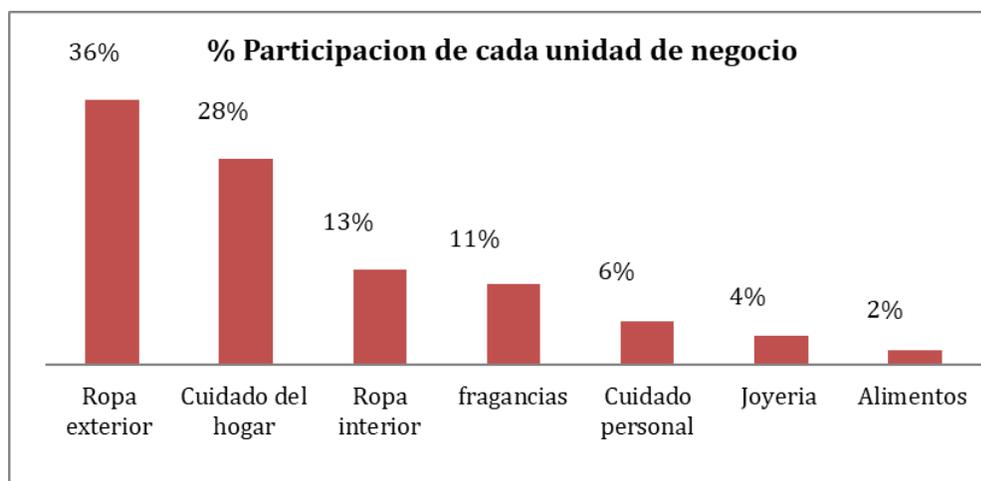
## 1 Generalidades

### 1.1 Descripción de la empresa

Industrias Inca - Duprée nació en 1956 como, una compañía dedicada a la fabricación de joyería, comercializando nacional e internacionalmente. La empresa produce para Perú, Ecuador, Bolivia y Guatemala hace 10, 6, 4 y 2 años respectivamente. Su último logro fue abrir mercado en Guatemala en el año 2018.

Inca - Duprée, abarca las líneas de ropa (exterior e interior), hogar, fragancias, joyería y alimentos.

En la siguiente figura se puede evidenciar el porcentaje de participación de cada una de sus unidades de negocio.



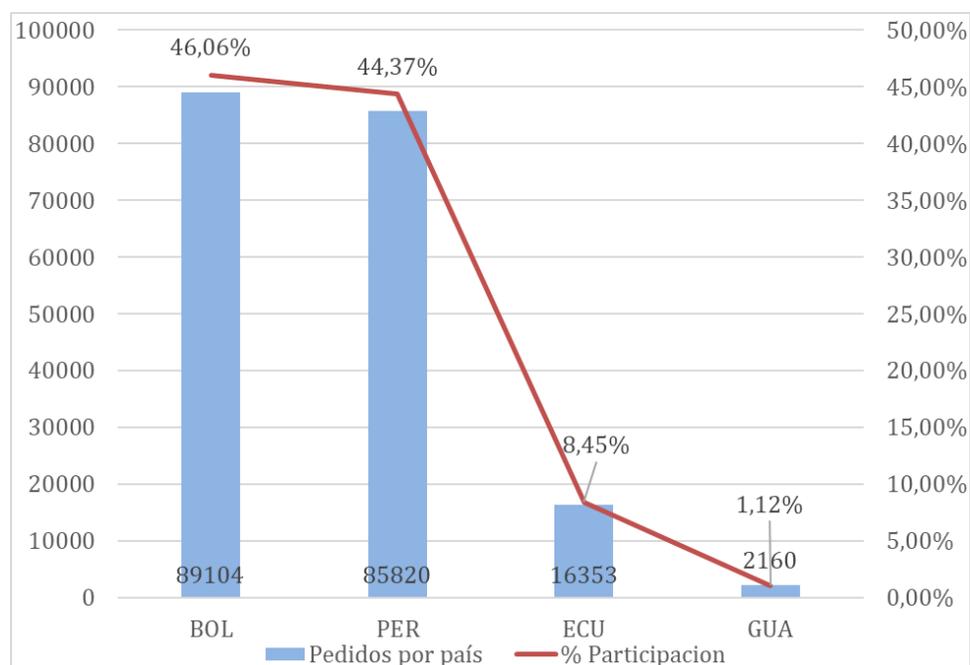
**Figura 1.** Porcentaje de participación de cada unidad de negocio. Autores mediante análisis de información UEN.

Industrias Inca – Duprée ha alcanzado un crecimiento de 8 veces en 10 años; su inmersión en países vecinos latinoamericanos fue la clave de este éxito, primero Perú en el año 2009, donde actualmente ya cuenta con aproximadamente entre 30 mil y 40 mil asesoras, segundo Ecuador en el año 2013, Bolivia en el año 2015 y por último Guatemala 2018; de esta manera se evidencia el crecimiento de la empresa, ya que actualmente sigue buscando nuevos mercados y se aproxima a alcanzar un nuevo país, Costa Rica.

### 1.2 Participación de la demanda joyería

El área a estudiar corresponde a la planta de producción de Joyería, se realizan observaciones a las bases de datos tomando desde el mes de septiembre de 2018 hasta el mes

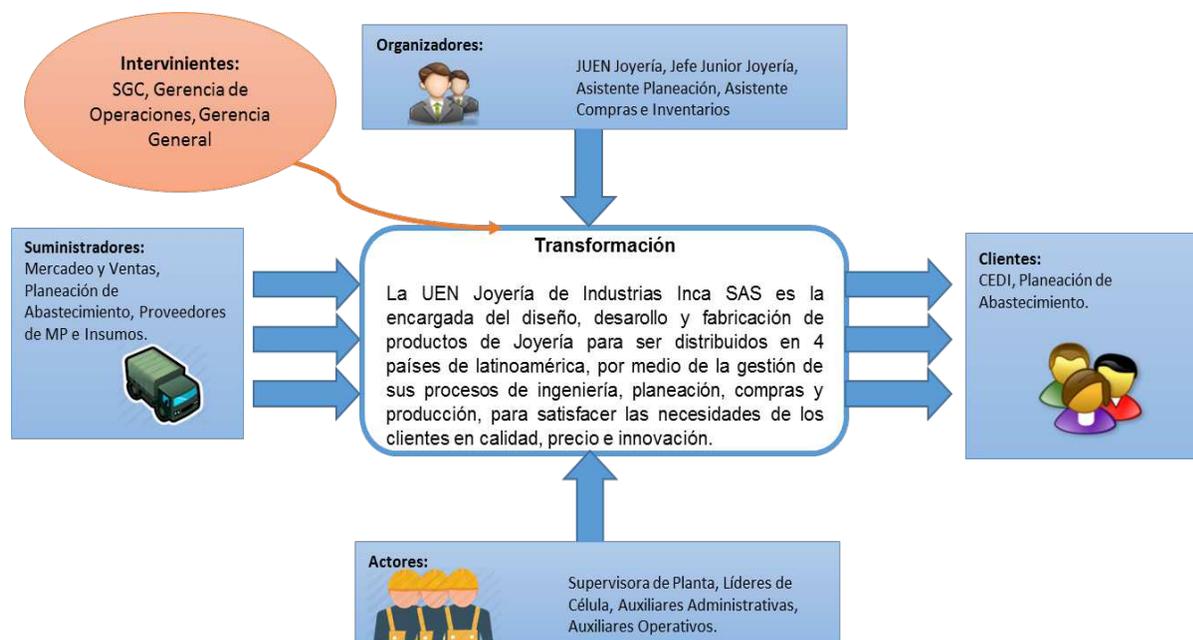
de marzo de 2019, durante este periodo se solicitaron un total de 193.437 unidades, la distribución de las unidades por país se observa en la figura 2.



**Figura 2.** Unidades solicitadas por país. Autores mediante análisis de información UEN.

### 1.3 Unidad estratégica de negocio

Con el fin de entender la Unidad Estratégica de Negocio de Joyería, se realizará la delimitación sistémica a través de un TASCOI (Figura 3), donde podremos identificar el propósito de la UEN (Unidad Estratégica de Negocio) y las personas que se involucran para cumplir los propósitos.



**Figura 3.** TASCOI - Delimitación sistémica. Autores mediante análisis de información UEN.

La Unidad estratégica de negocio de Joyería, comienza su labor en el área de Diseño y Desarrollo; como su nombre lo indica, diseña y desarrolla diferentes tipos de joya teniendo en cuenta las últimas tendencias de la moda, las diferentes épocas del año y el concepto que se vaya a manejar en cada catálogo o campaña.

En el año se manejan 19 campañas por país (Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia y Guatemala); en cada una se estiman aproximadamente entre 45 y 55 referencias, estas referencias pueden estar compuestas de la siguiente manera:

- 1, 2 o 3 Anillos
- 1, 2 o 3 Pulseras
- 1 o 2 Collares
- 1, 2, 3, 5 o 7 Pares de Aretes
- 1 Anillo y 1 Par de Aretes
- 1 Pulsera y 1 Par de Aretes
- 1 Collar y 1 o 2 Pares de Aretes

De esta forma y dependiendo el diseño de cada referencia, en la planta se presencia una alta variabilidad de procesos ya que todas las referencias no necesariamente tienen que llevar el mismo recorrido y/o pasar por los mismos procesos; los principales procesos de la planta de joyería son:



**Figura 4.** Proceso productivo joyería. Autores mediante análisis de información UEN.

- Fundición
- Taller
- Revisión y/o Borrador
- Vibrado
- Ensamble Crud
- Amarre
- Laboratorio
- Corte
- Pintura y/o Pegado y/o Cerufa
- Ensamble Bañado
- Empaque

La planta cuenta con 80 auxiliares operativas, las cuales en su mayoría reciben una preparación diversa, es decir, están en la capacidad de ejecutar diferentes procesos, por lo

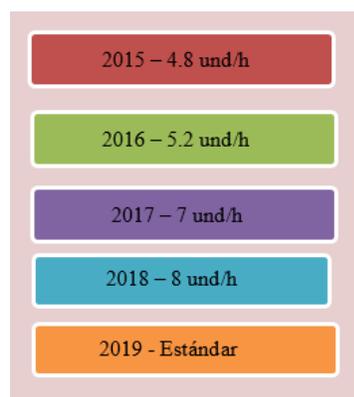
cual se encuentran distribuidas en la planta en 8 módulos que agrupan varios de los procesos principales anteriormente mencionados; el 80% de los procesos son de naturaleza manual.



**Figura 5.** Dinámica de la compañía. Autores mediante análisis de información UEN.

#### 1.4 Medición de productividad en la planta

Desde hace 6 años aproximadamente se venía trabajando un indicador basado en unidades con un factor meta de 4.8 und/hora hombre (% cumplimiento=número unidades entregadas/unidades meta), en el año 2017 y teniendo en cuenta que la meta se está cumpliendo, la jefatura decidió incrementar este factor en varias ocasiones, a 5.2 y 7 und/hora hombre.



**Figura 6.** Factores de producción utilizados según periodo. Autores mediante análisis de información UEN.

La metodología y los factores de producción que se estaban utilizando para calcular la eficiencia de la planta de producción mediante este indicador eran inadecuados, pues no contaban con suficientes fundamentos teóricos o matemáticos y esto imposibilitaba la confiabilidad, aparte de los cambios que con el tiempo se han generado en el diseño y desarrollo de los productos para encontrar el factor de producción óptimo que le dé confianza al indicador.

Actualmente se está realizando el cálculo de un indicador de cumplimiento y productividad manejando una serie de factores de producción por persona, teniendo en cuenta las diferentes novedades que presenta el personal a diario (como son: vacaciones, incapacidades, licencias y retiros); de esta manera se calcula una capacidad instalada día en minutos y se compara con los minutos justificados de acuerdo a las unidades entregadas en el día (Productividad = minutos producidos / minutos instalados).

## 2 Problema de investigación

### 2.1 Antecedentes del problema

Industrias Inca-Duprée inició su expansión en el mercado desde el año 2009, incursionando primero en Perú, luego en Bolivia y por último en Ecuador; de esta manera a partir del año 2010 para la (UEN) Unidad Estratégica de Negocio de Joyería, así como para sus demás Unidades de Negocio se evidenció un incremento en la demanda, causando un alto impacto en los tiempos de operación de todos sus procesos y actividades.

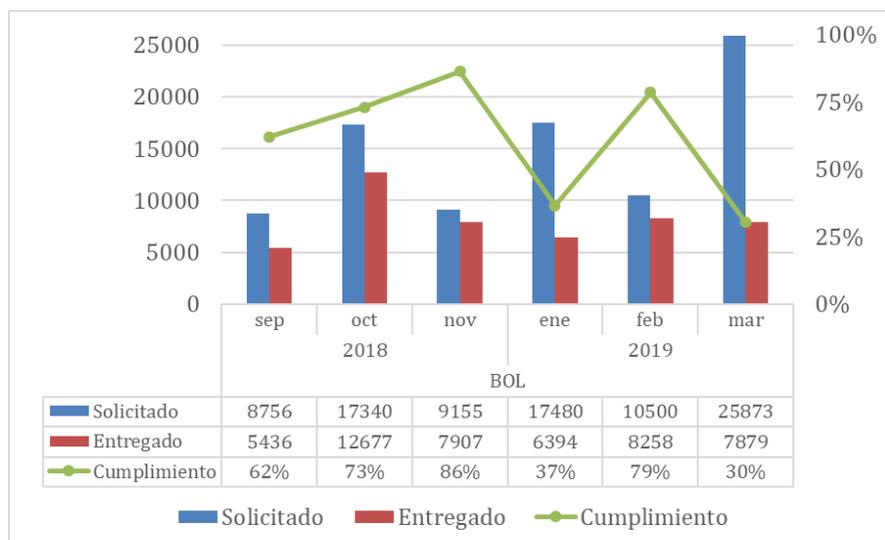
En la UEN Joyería, el mayor impacto se evidenció en la pérdida de participación en la producción de los productos de Joyería distribuidos por la empresa, debido a que la planta no se fue ajustando a los nuevos requerimientos del mercado. Las principales razones por las cuales dicha participación se fue perdiendo fueron:

- Incumplimiento de pedidos
- Incumplimiento en cantidades de entrega
- Sobrecosto en tarifas de envío a raíz de incumplimiento de entregas en las fechas pactadas.
- Sobrecosto por incremento en el pago de horas extras y festivas.

Debido a estos factores, la producción de los productos principalmente destinados para cubrir estimados de Perú, Bolivia, Ecuador y Guatemala se están maquilando en plantas de proveedores externos que se encuentran en Perú.

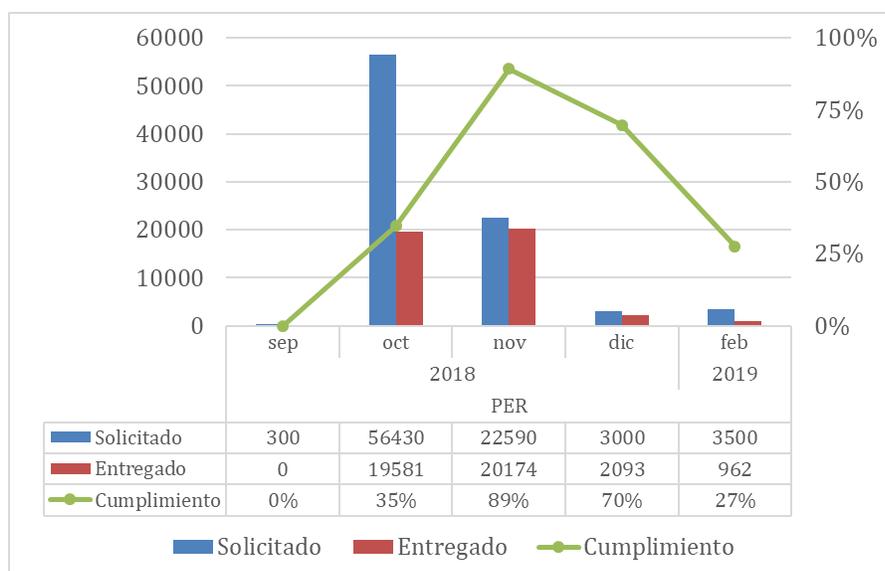
#### 2.1.1 Incumplimiento de pedidos internacionales.

Bolivia es el país que más ha solicitado unidades con un total de 89.104 productos, los análisis de la información revelan que de las unidades demandadas sólo se entregaron 48.551 lo cual corresponde a un desempeño del 54%, en la figura 7 se puede observar la distribución de las solicitudes y su respectivo cumplimiento.



**Figura 7.** Unidades solicitadas VS unidades entregadas Bolivia. Autores mediante análisis de información UEN.

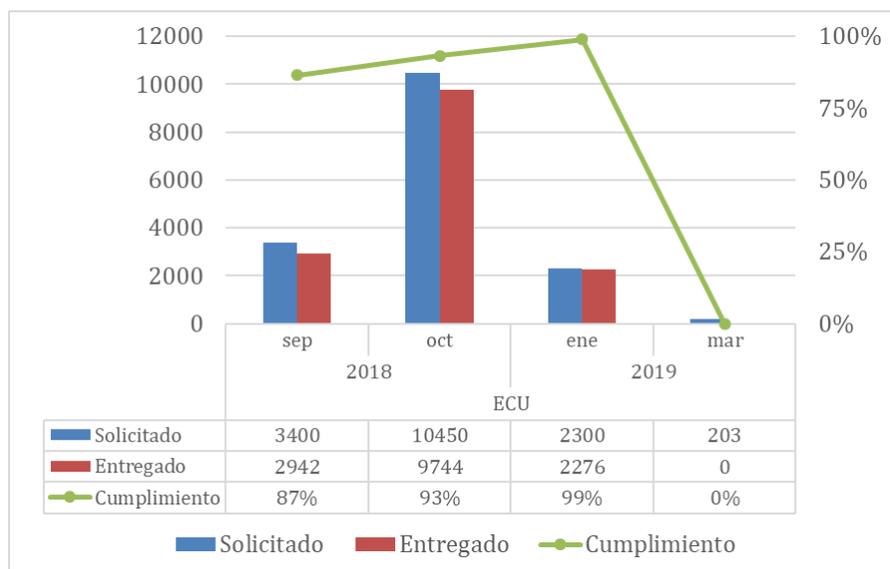
Perú ocupa el segundo puesto en solicitudes con un total de 85.820 unidades, los análisis de la información revelan que de las unidades demandadas solo se entregaron 42.810 lo cual corresponde a un cumplimiento del 50%, en la figura 8 se puede observar la distribución de las solicitudes y su respectivo cumplimiento.



**Figura 8.** Unidades solicitadas VS unidades entregadas Perú. Autores mediante análisis de información UEN.

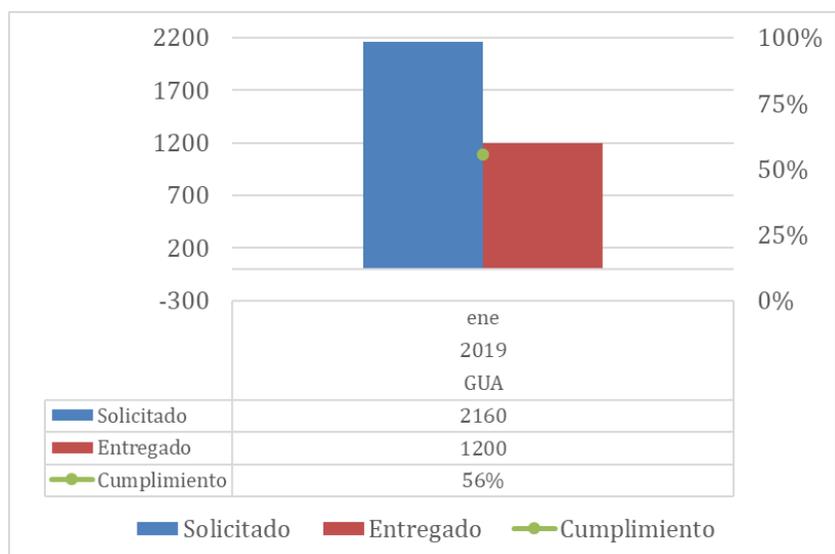
Ecuador ha solicitado 16.353 unidades, los análisis de la información revelan que de las unidades demandadas se entregaron 14.962 lo cual corresponde a un cumplimiento del 91%,

en la figura 9 se puede observar la distribución de las solicitudes y su respectivo cumplimiento.



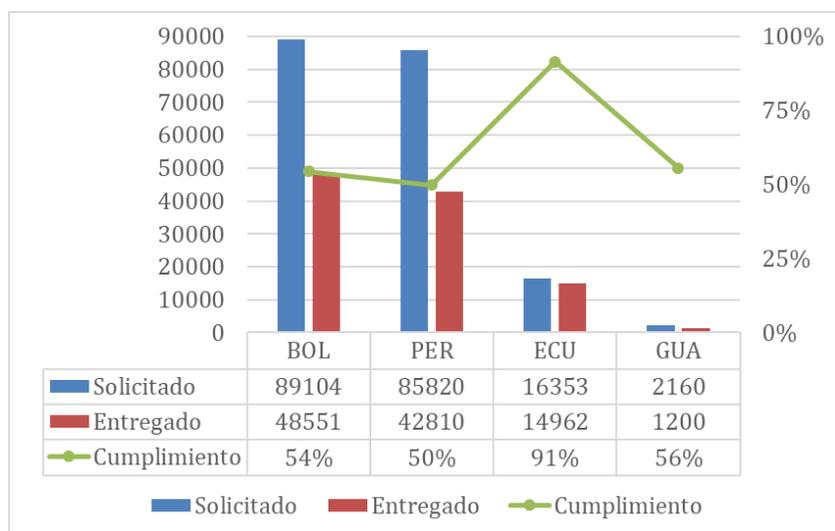
**Figura 9.** Unidades solicitadas VS unidades entregadas Ecuador. Autores mediante análisis de información UEN.

Guatemala ha solicitado 2.160 unidades, los análisis de la información revelan que de las unidades demandadas se entregaron 1.200 lo cual corresponde a un cumplimiento del 56%, en la figura 10 se puede observar la distribución de las solicitudes y su respectivo cumplimiento.



**Figura 10.** Unidades solicitadas VS unidades entregadas Guatemala. Autores mediante análisis de información UEN.

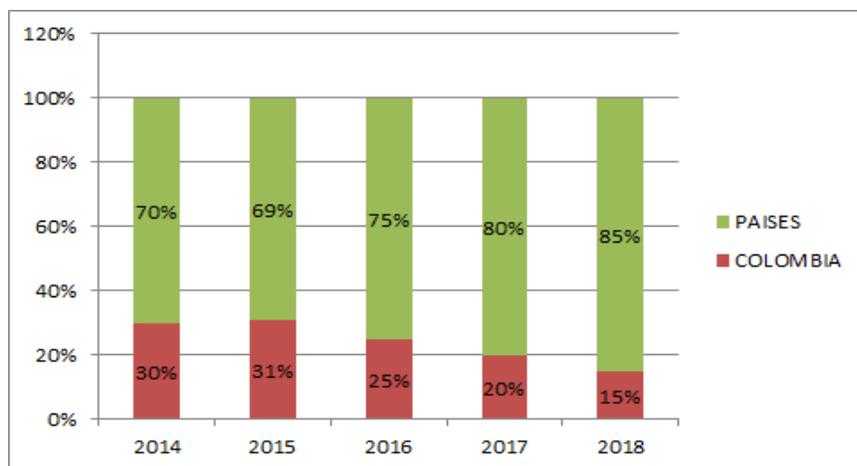
Al analizar los datos de forma consolidada es evidente que al único país que se le ha cumplido con un porcentaje del 91% ha sido a Ecuador, los demás países no logran superar el 60% de cumplimiento, al calcular el cumplimiento general se hace evidente la carencia de estrategias para garantizar el cumplimiento ya que de 193.437 unidades solicitadas sólo se cumplió con la entrega de 107.523 para un porcentaje de cumplimiento del 56%, en la figura 11 se detalla lo descrito.



**Figura 11.** Unidades solicitadas VS unidades entregadas. Autores mediante análisis de información UEN.

### 2.1.2 Pérdida de participación en mercado internacional.

Debido al incumplimiento de los pedidos se refleja una pérdida de participación en el mercado, principalmente en los destinados para cubrir Perú, Bolivia y Ecuador. Los clientes internacionales han optado cada vez más a asignar su producción a otras plantas ubicadas en Perú. En la figura 12 evidenciamos cómo se ha comportado la asignación de la producción por campaña y por plantas (Colombia y países) en los años 2014, 2015, 2016, 2017,2018; de esta manera se evidencia la pérdida de participación porcentual año a año.



**Figura 12.** Asignación de producción planta Colombia vs plantas países. Autores mediante análisis de información UEN.

Para el caso de la participación en la producción de los productos correspondientes a Perú, la compañía al incursionar en este país en el año 2010, empezó fabricando el 100% de los productos, pero con el tiempo las plantas de producción de joyería peruana empezaron a ofrecer mejores precios, quitándole así la participación a la planta de producción, la cual actualmente se encuentra únicamente participando en un 12%.

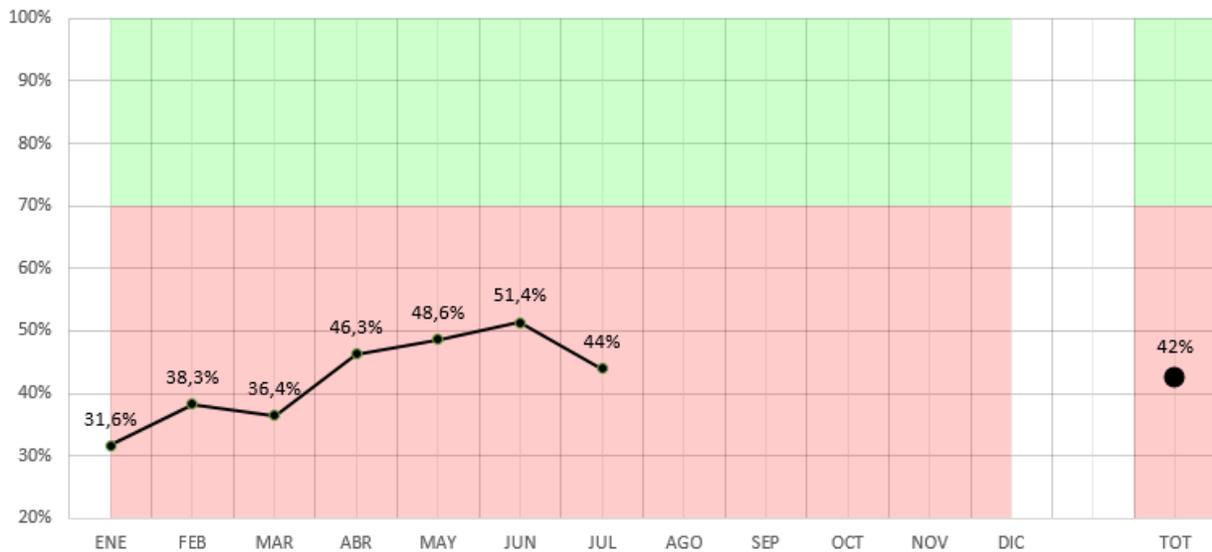
Es notable ver el comportamiento de la asignación de producción de los estimados de Bolivia, ya que es un país donde la empresa empezó a incursionar a finales del 2014 y se inició con una asignación de producción a favor para la planta de producción de Industrias Inca – Duprée del 76%, y un año después, se perdió participación pasando a un 59%; este mismo comportamiento se logró evidenciar en años pasados cuando se incursionó en Perú, para el caso de Bolivia, la toma de decisiones fue más rápida al notar que la planta de producción de joyería colombiana no cumplía con los requerimientos, decidieron dar una mayor participación de la producción a plantas peruanas.

### 2.1.3 Productividad planta de joyería 2018-2019.

En las siguientes figuras podemos observar la productividad del año 2018 vs. Año 2019 y evidenciamos que no se está cumpliendo la meta en ninguno de los dos años.



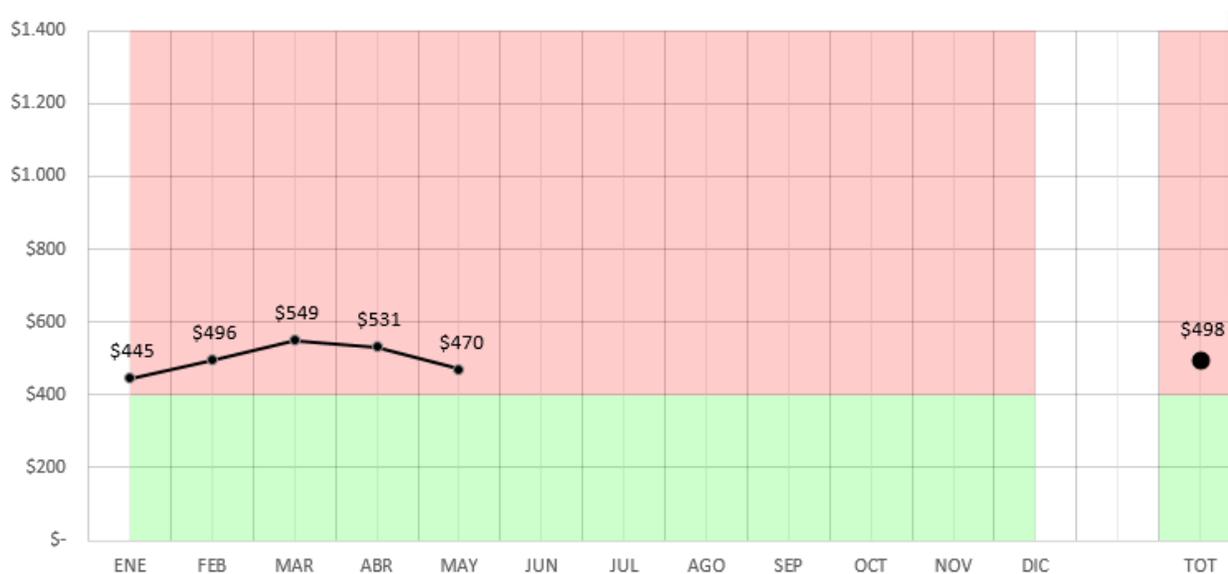
**Figura 13.** Productividad planta año 2018. Autores mediante análisis de información UEN.



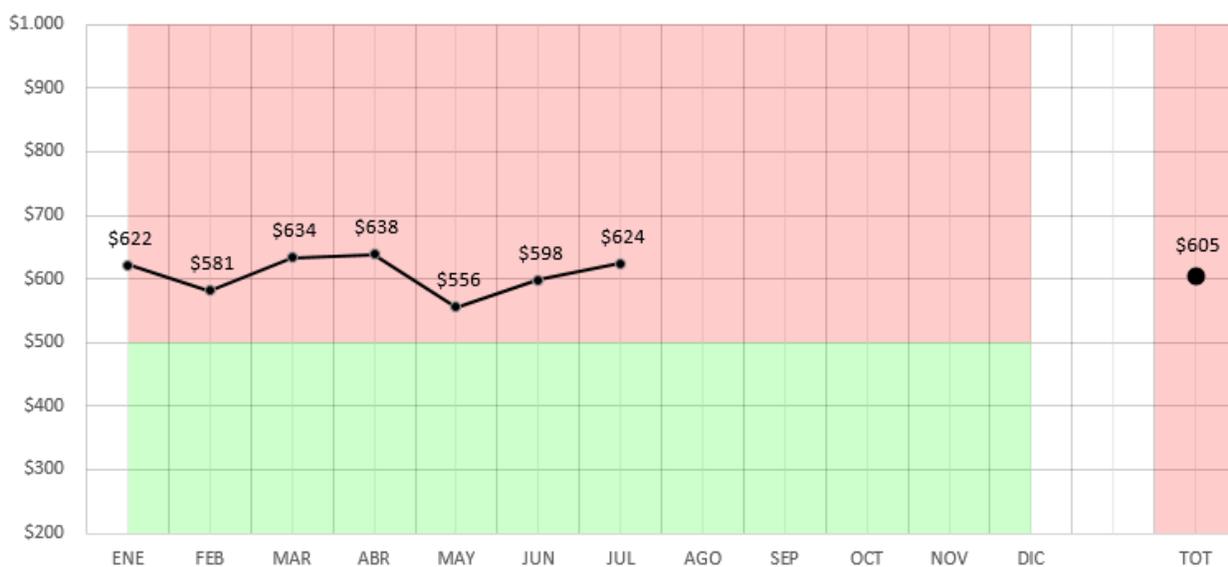
**Figura 14.** Productividad planta año 2019. Autores mediante análisis de información UEN.

### 2.1.4 Costos de transformación 2018-2019.

En las siguientes figuras podemos observar un indicador del costo de transformación de producto (pesos por minuto) en determinados periodos del año 2018 y 2019, los datos demuestran que el indicador no se ha logrado cumplir en ninguno de los meses observados.

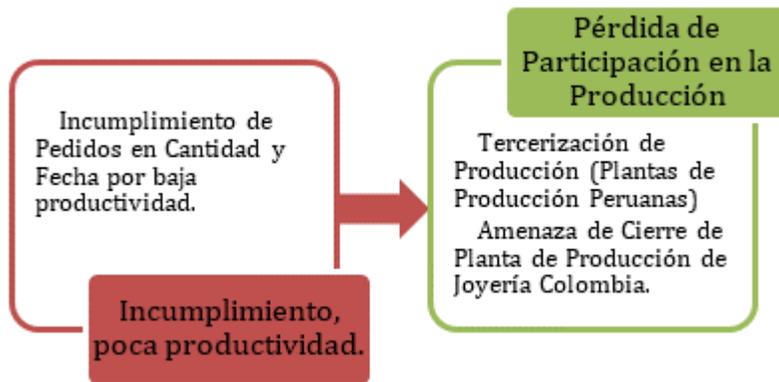


**Figura 15.** Costo de transformación planta año 2018. Autoría propia, mediante análisis de información UEN.



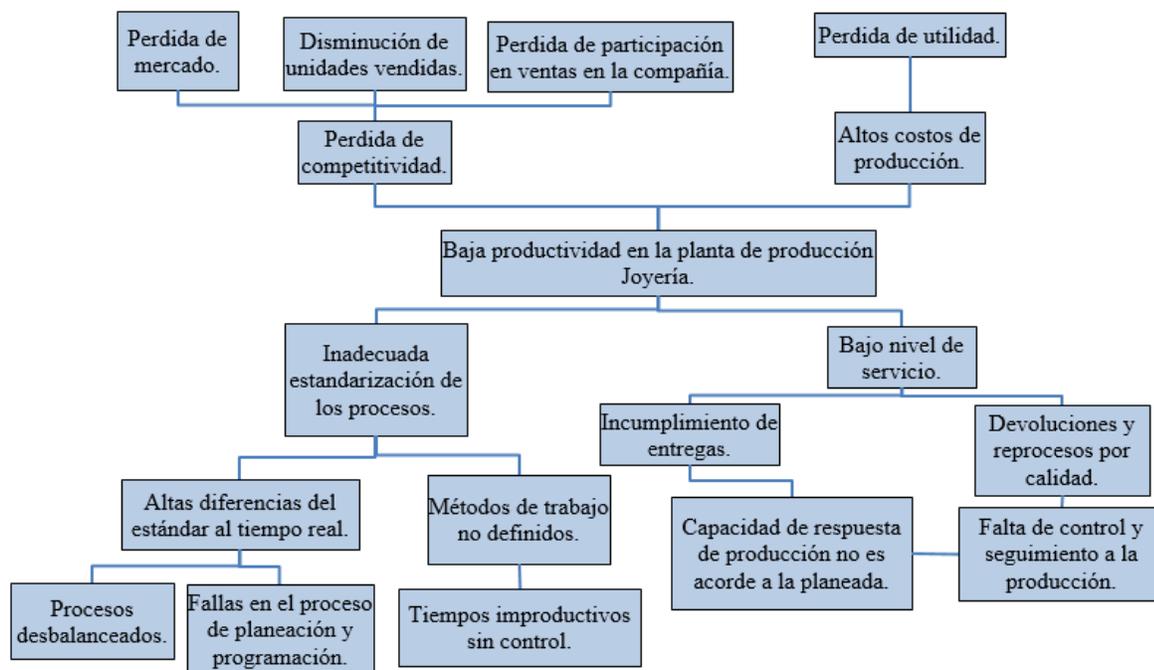
**Figura 16.** Costo de transformación planta año 2019. Autoría propia, mediante análisis de información UEN.

## 2.2 Descripción de problema



**Figura 17.** Generalidades del problema. Autoría propia, mediante análisis de información UEN

De acuerdo a los hallazgos observados es de vital importancia identificar los factores que afectan de forma negativa la operación, en la figura 18 se puede identificar el árbol del problema.



**Figura 18.** Árbol de problema. Autoría propia.

## 2.3 Formulación del problema

¿Cómo se podría Desarrollar una propuesta basada en Lean Manufacturing que permita incrementar las unidades producidas de la planta de producción de joyería de Industrias Inca - Duprée?

## 2.4 Sistematización del problema

- ¿Qué debilidades se pueden identificar actualmente en Industrias Inca - Duprée en el área de producción de joyería?
- ¿Existe alguna metodología que incremente la organización y aprovechamiento de los recursos actuales?
- ¿Mediante la estandarización de procesos se obtendrán mejores resultados en la producción?
- ¿Al crear mecanismos de control y seguimiento de la producción se obtendrá un mayor beneficio?
- ¿Qué herramientas aportarán al crecimiento de la productividad?

### **3 Justificación**

Este proyecto pretende realizar una propuesta de mejoramiento para el área de producción de Joyería de Industrias Inca - Duprée, ya que en las observaciones iniciales se aprecia que la empresa actualmente no opera con las estrategias productivas adecuadas, lo cual ha ocasionado un gran impacto en la compañía como lo es la pérdida de participación en la producción internacional y baja productividad, como se observa en el numeral de la descripción del problema, la productividad para el mes de marzo de acuerdo a las métricas actuales está en 45%, el cumplimiento de los pedidos internacionales alcanza únicamente el 56% y la participación de las órdenes de producción internacionales ha ido decreciendo alcanzando en el 2018 un 15%. La propuesta a desarrollar se basa en la implementación de herramientas “Lean Manufacturing” se inicia con un diagnóstico inicial, posterior el desarrollo de estrategias para incrementar la productividad y mejorar la eficiencia del proceso con el fin de ser más competitivos y mejorar el cumplimiento de la demanda, con esto se logra ampliar la participación y obtener beneficios para la compañía.

## 4 Objetivos del proyecto

### 4.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta basada en Lean Manufacturing que permita incrementar la productividad, el cumplimiento y reducir los costos en la planta de producción de joyería de Industrias Inca – Duprée manteniendo la calidad.

### 4.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico Lean y determinar qué herramientas se deben implementar con el fin de mejorar el cumplimiento de la demanda, la calidad y los costos del producto.
- Identificar los procesos críticos de la planta de producción de Joyería con la estructuración de un mapa de valor VSM.
- Aplicar la herramienta de estandarización en los puestos de trabajo donde se llevan a cabo procesos críticos de la planta de producción de joyería.
- Proponer un programa 5s con el fin de contribuir al mejoramiento de la productividad.
- Realizar análisis costo - beneficio de las propuestas realizadas.

## 5 Marco referencial

### 5.1 Antecedentes de investigación

Tabla 1.

*Antecedentes de investigación lean manufacturing 1-2.*

Trabajo	Tipo de trabajo	Herramientas utilizadas
Ramírez y Martínez (2019), “Propuesta para la mejora del Proceso de producción en la empresa JPLAST S.A.S mediante la filosofía Lean Manufacturing”.	Tesis	5's, OEE, Andon, Kanban
Escalante y Valencia (2019), “Propuesta de Mejora de Procesos utilizando herramientas de Lean Manufacturing en la confección de Calentadores de Brazo para elevar la productividad en una Pyme textil en Arequipa”.	tesis	5's, Kaizen, Poka yoke, Kanban, VSM, JIT, estandarizacion.

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 2.

*Antecedentes de investigación lean manufacturing 2-2.*

Trabajo	Tipo de trabajo	Herramientas utilizadas
Arieta, Botero, y Romano (2010), “Benchmarking sobre Manufactura esbelta ha (lean Manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia”.	Artículo científico	5's, Kaizen, Kanban, Poka yoke, SMED y Six Sigma.
Umba y Duarte (2017), “Propuesta para implementar herramientas lean manufacturing para la reducción del tiempo de ciclo en la fábrica de almójabanas el Goloso”.	Tesis	VSM, SMED, 5's, OEE y celulas de trabajo
Cardona (2013), “Modelo para la implementación de técnicas lean manufacturing en empresas editoriales”.	Tesis	TPM, 5s, VSM, Takt time, Heiunka.

Vásquez y Castañeda (2015), “Aplicación de herramientas de lean manufacturing para obtener la capacidad de la producción establecida en la empresa P&D andina de alimentos s.a”.	Tesis producción.	JIT, Kanban, estandarización.
Carvallo (2014), “Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa. de confecciones de tejido de punto para exportación”.	Artículo científico	VSM, sistema PULL

*Nota:* Autoría propia.

## 5.2 Marco teórico

Manufactura esbelta o “Lean Manufacturing”, dice Socconini (2019):

“Es un sistema de trabajo colaborativo en el que la cadena de valor entrega productos de alta calidad dentro de un costo objetivo y en el que las operaciones de manufactura se llevan a cabo administrando correctamente las restricciones del sistema, evaluando los resultados de manera constante y tomando decisiones para mejorar, corregir y controlar el proceso”. (p. 224).

La metodología “Lean” dio su origen gracias a distintos estudios y fuentes, lo cual sirvió para consolidar y desarrollar el modelo y llegar a ser una filosofía; el autor de un trabajo de master en España, dice Cobos (2016):

“Las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford, estableciendo las bases de la organización en procesos. En definitiva, se trataba de buscar nuevas técnicas y acciones para una mejora en la producción en masa de grandes cantidades de producto mediante el empleo, originariamente, de máquinas para tareas elementales, simplificación de secuencia de tareas y recorridos y sincronización entre procesos entre otras. Estas técnicas evolucionan de manera considerada en Japón debido a la necesidad de reconstruir una industria destruida tras la segunda guerra mundial. Nacen así los primeros brotes de pensamiento Lean. Este reto suponía alcanzar beneficios de productividad sin recurrir a economías de escala. Sistema De Producción Toyota (TPS)”. (p. 24).

### 5.2.1 Sistema de producción Toyota (TPS).

Para entender el sistema de producción Toyota se cuenta con un esquema el cual facilita comprender la dinámica de la estrategia ya que es representado por un “casa” donde claramente se pueden identificar los cimientos, dice Hernandez & Vizán (2013):

“De forma tradicional se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su

aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema”. (p. 17).



**Figura 19.** Estructura del Sistema de Producción Toyota. "The Toyota - Jeffrey Liker".

### 5.2.2 5'S.

Son una estrategia que al implementar de la forma adecuada trae beneficios altamente positivos para las compañías incrementando en cierta medida la eficiencia de los procesos, dice Hernandez & Vizan (2013):

“Los principios 5S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparente simplicidad, se esconde una herramienta potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible”. (p. 36).

### 5.2.3 Justo a tiempo - Just in Time (JIT).

Justo a tiempo cambio de manera radical la forma de producción de las empresas, para entender los alcances y surgimiento, Hay (2003) indica que el “JIT” inicio después de la segunda guerra mundial, en el año 1976 se fue expandiendo a distintos sectores industriales en Japón y deja de ser exclusivo de Toyota, en el año 1980 personas en Estados unidos comienzan a interrogarse sobre el éxito de las empresas japonesas e inician una investigación en la cual se identifican distintos factores los cuales se separaron en dos grupos y se denominaron “Respeto por la gente” y “eliminación de desperdicios”, Estados unidos

comienza a implementar la filosofía inicialmente en la industria automotriz. Entre los años 1982 y 1983 el “JIT” comienza a conocerse y expandirse en Canadá y Europa, en 1958 llega a centro y Suramérica (pp. 2-4).

Definir el significado de justo a tiempo es de gran importancia para entender de forma general la naturaleza de la filosofía, dice Hay (2003):

“La filosofía JAT reduce o elimina buena parte de los desperdicios en las actividades de compras, fabricación, distribución y apoyo a la fabricación (actividades de oficina) en un negocio de manufactura. Esto se logra utilizando tres componentes básicos: flujo, calidad e intervención de los empleados”. (pp. 8-9).

La definición de desperdicio nos da una idea de cómo se considera en la industria para entender, dice Socconini (2019):

“Para entender lo que es un desperdicio, es conveniente explicar primero qué son las actividades que agregan valor (VA por sus siglas en inglés). Las VA son aquellas que producen directamente un cambio que el cliente desea, al grado que esté dispuesto a pagar por ese esfuerzo. Desperdicio o exceso será cualquier otro esfuerzo realizado en la empresa que no sea absolutamente esencial para agregar valor al producto o servicio tal como lo requiere el cliente. Estos esfuerzos aumentan los costos y disminuyen el nivel de servicio, con lo cual afectan los resultados obtenidos en el negocio”. (p. 29).

### 5.3 Marco conceptual

Tabla 3.

*Conceptualización Lean Manufacturing.*

LEAN MANUFACTURING		
<b>Concepto</b>	Filosofía con un conjunto de técnicas y herramientas que buscan identificar factores que no aportan valor al cliente (desperdicios) con el fin de eliminar o disminuir dicho factor.	
	El éxito de la filosofía depende de las personas ya que se requiere un cambio cultural y de la forma de pensar, teniendo como principales aliados el trabajo en equipo y una correcta comunicación.	
<b>Orígenes</b>	Siglo XX	Surgen técnicas de producción gracias a trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford.
	1902	

		Sakichi Toyoda realiza el desarrollo de un dispositivo que informa visualmente cuando el telar necesita asistencia por ruptura de hilo, esto permitió que un operador se encargara de varias máquinas.	
	1929	Toyoda vende las patentes del telar e invierte en la industria automotriz naciendo TOYOTA.	
	1949	Taiicho Ohno (Ingeniero de Toyota) inicia el concepto JIT (Just in time) & TPS (Toyota Manufacturing System) el cual se basa en "“producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita", posterior a ello comienzan a aparecer conceptos como SMED, Kanban, Jidoka, Poka–Joke.	
<b>Pilares</b>	JIT (Justo a Tiempo)	Producción en la cantidad y tiempo en el que se necesita.	
	Estandarización	Procesos controlados y equilibrados mediante documentación.	
	Kaizen( Mejora continua)	Busca la excelencia mediante la implementación de mejores prácticas.	
	Factor humano	Liderazgo, compromiso y comunicación adecuada.	
<b>Herramientas</b>	De diagnostico	VSM	Facilita el análisis de los procesos teniendo en cuenta el flujo de material e información con el fin de detectar críticos en el sistema.
	Operativas	5s	Estrategia que mejora las condiciones de los procesos mediante:
			Seiketsu: Estandarizar
			Seiri: Selección
			Seiso: Limpiar
			Seiton: Ordenar
			Shitsuke: Disciplina
	SMED	Reducción de tiempos de preparación.	

		TPM	Eliminación de desperdicios por paradas de maquina
		KANBAN	Control y planificación mediante tarjetas.
	De seguimiento	Gestión visual	Presentar los resultados de forma amigable para cualquier individuo de la organización
		KPI's	Medición para evaluar comportamientos y resultados.

*Nota:* Autoría propia, mediante consulta de información. (Hernandez & Vizan, 2013)

## **6 Marco metodológico**

### **6.1 Tipo de investigación**

El desarrollo del proyecto se base en dos tipos de investigación, el primer tipo es la investigación de campo ya que se debe interactuar y analizar las operaciones que se ejecutan en el área de producción. El segundo tipo es la investigación descriptiva ya que se deben medir variables claves para el diagnóstico y propuesta de mejora.

### **6.2 Método para recolección de datos**

La información para el desarrollo del proyecto debe ser recolectada a partir de dos fuentes: Fuentes primarias, las cuales corresponden a las personas que están directamente relacionadas a la investigación y que son un punto clave para el levantamiento de información y se verán involucradas en todas las etapas del proyecto. Las fuentes secundarias, corresponden a información que apoyará y brindará información para realizar la propuesta como por ejemplo tesis, libros entre otros.

Las técnicas para la recolección de información serán las caminatas Gemba y análisis de factores cuantitativos y cualitativos que estén inmersos en el área de producción, esto con el fin de contribuir al diagnóstico y propuesta de mejoramiento a través de los análisis de la información.

### **6.3 Proceso metodológico**

Tabla 4.

*Proceso metodológico 1 de 2.*

Variables	Sistematización	Objetivos específicos	Proceso metodológico	Instrumentos para recolección de
Área de producción	¿Que debilidades se pueden identificar actualmente en industrias Inca en el área de producción de joyería?	Realizar diagnostico	Realizar caminatas Gemba, para identificar falencias que se presenten actualmente en la operación.	Realizar diagnostico mediante formato Lean, Árbol de problema.
Recursos	¿Existe alguna metodología que incremente la organización y aprovechamiento de los recursos ¿Mediante la estandarización de procesos se obtendrán mejores resultados en la producción?	Proponer metodología 5's  Proponer hoja de trabajo con operaciones estandarizadas.	Proponer metodología 5's de acuerdo observaciones y análisis.  observar las estaciones de producción y documentar de forma estandarizada los procedimientos con la implementación de mejoras.	Formato auditoria 5's  Formato operaciones estandarizadas.
Operación	¿creando mecanismos de control y seguimiento de la producción se obtendrá un mayor beneficio?	Proponer mecanismo de control para y seguimiento de la producción.	Con la información analizada crear mecanismo de control y seguimiento de la producción.	Documento de control y seguimiento de la producción

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 5.

*Proceso metodológico 2 de 2.*

Variables	Sistematización	Objetivos específicos	Proceso metodológico	Instrumentos para recolección de información
	¿Qué herramientas aportaran a el crecimiento de la productividad?	Identificar y proponer herramientas Lean Manufacturing que aumenten los beneficios para la compañía de acuerdo a las operaciones productivas, ejemplo: kamban, poka yoke, Kaizen entre otros.	Tomar evidencia de la situación actual de los procesos que entrarían en la propuesta de aplicación de herramientas Lean Manufacturing, posteriormente documentar propuesta.	formato de diagnostico Lean Manufacturing mas evidencias de situación actual

*Nota:* Autoría propia.

#### **6.4 Tamaño poblacional**

Industrias Inca - Duprée cuenta aproximadamente con 350 empleados operativos y 600 administrativos, que en su mayoría están representados por el gran staff de ventas con el que cuenta la compañía; su labor principal es brindar todo el apoyo que requieren más de 100.000 asesoras de venta. Para este estudio se enfocó en el proceso productivo de joyería puesto que es el principal referente de productividad y cumplimiento de la compañía.

## 7 Diagnóstico

### 7.1 Diagnóstico Lean

Para determinar la situación actual de la compañía se realiza un diagnóstico que evalúa herramientas claves de la metodología Lean las cuales promueven buenas prácticas en los procesos, estas herramientas generan múltiples beneficios tales como incremento en la productividad y aumento en la eficiencia de los procesos, estos beneficios son puntos fundamentales para proponer Industrias Inca- Duprée ya que los antecedentes demuestran que actualmente la compañía presenta dificultades en el cumplimiento con el cliente, el test que se aplicará es basado en información suministrada por el grupo ODE, Organización y desarrollo empresarial, a continuación se describe el método para puntuar las distintos ítem a evaluar:

Tabla 6.

*Puntuación según corresponda para cada ítem a evaluar.*

Criterio	Puntuacion
0	No es una práctica de la empresa
1	Es una práctica, únicamente, arraigada en algunas áreas + -25%
2	Es una práctica habitual en la mayoría de los casos + -50%
3	Es una práctica, casi generalizada + -75%
4	Es una práctica habitual, sin excepciones

*Nota:* desarrollada en base a Grupo ODE, Organización y desarrollo empresarial SA (2005).

De acuerdo a lo anterior se toma cada herramienta y se realiza la evaluación la cual se puede evidenciar en el anexo, los resultados generales se observan a continuación:

Tabla 7.

*Puntuación corregida.*

#	Puntuaciones por Categoría	Abv.	Puntuación	X10	Puntuación corregida
1	COMUNICACIÓN & CULTURA	C&C	25%	10	3
2	CRM	CRM	96%	10	10
3	5S & ORG PTO	5S's	25%	10	3
4	ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO	STD	11%	10	1
5	MEJORA CONTINUA	MC	32%	10	3
6	FLEXIBILIDAD	FLEX	39%	10	4
7	POKA YOKE	PY	0%	10	0
8	SMED	SM	16%	10	2
9	TPM	TPM	50%	10	5
10	PULL SYSTEM	PS	25%	10	3
11	BALANCEADO	BAL	50%	10	5
	<b>Puntuación total</b>				<b>37</b>

**Calcule su puntuación final y ratio de madurez de acuerdo con los parámetros siguientes:**

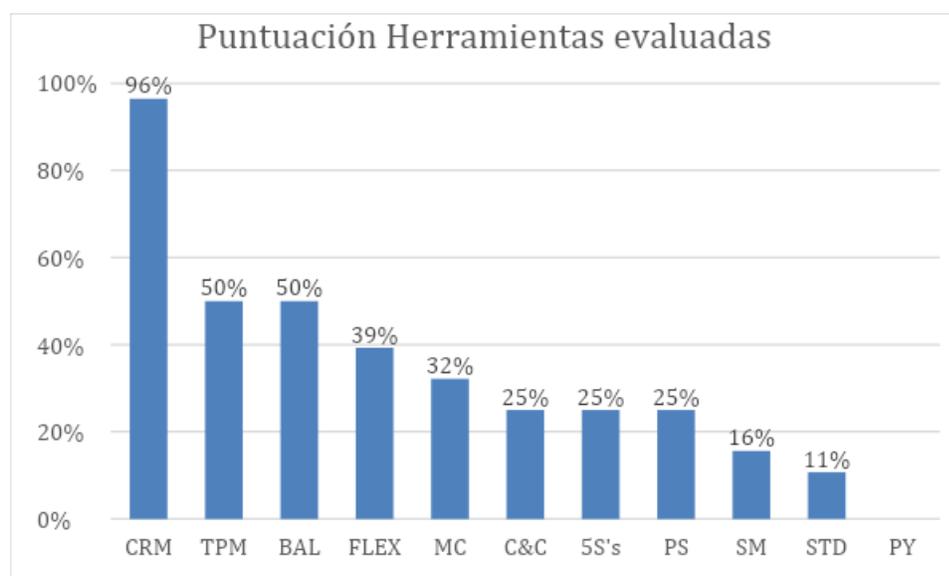
**Lean a nivel básico = 1 a 33**

**Lean en proceso de transición hacia la madurez = 34 a 75**

**Lean maduro = 76 a 110**

*Nota:* desarrollada en base a Grupo ODE, Organización y desarrollo empresarial SA (2005).

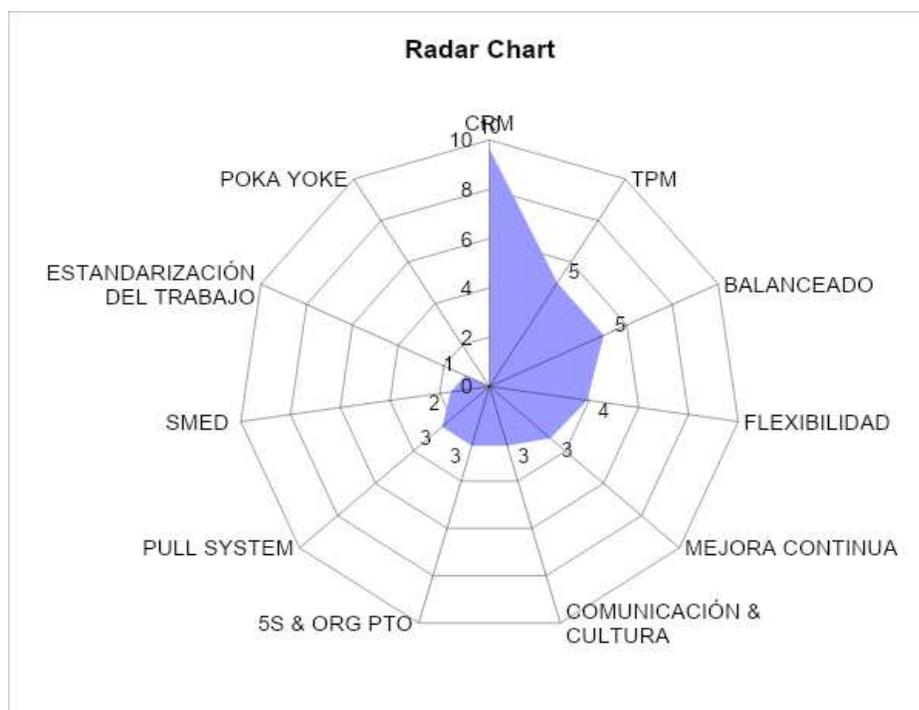
Como se puede observar la puntuación arroja un total de 37 lo cual indica que la compañía cuenta con un nivel bajo de transición hacia la madurez Lean en la siguiente gráfica se ordenan las herramientas según su nivel más alto de puntuación.



**Figura 20.** Puntuación herramientas evaluados. Autoría propia.

La anterior figura nos muestra que la herramienta que se aplica en la empresa es CRM la cual presenta una puntuación de 96%, las demás herramientas no alcanzan a superar el 50% siendo preocupante la herramienta Poka Yoke la cual no tiene ningún nivel de aplicación, adicional a esto la herramienta 5's cuenta con una puntuación del 25%, esta última herramienta es una de las más sencillas en operación, pero difícil en filosofía, al aplicarla correctamente se obtendrán múltiples beneficios.

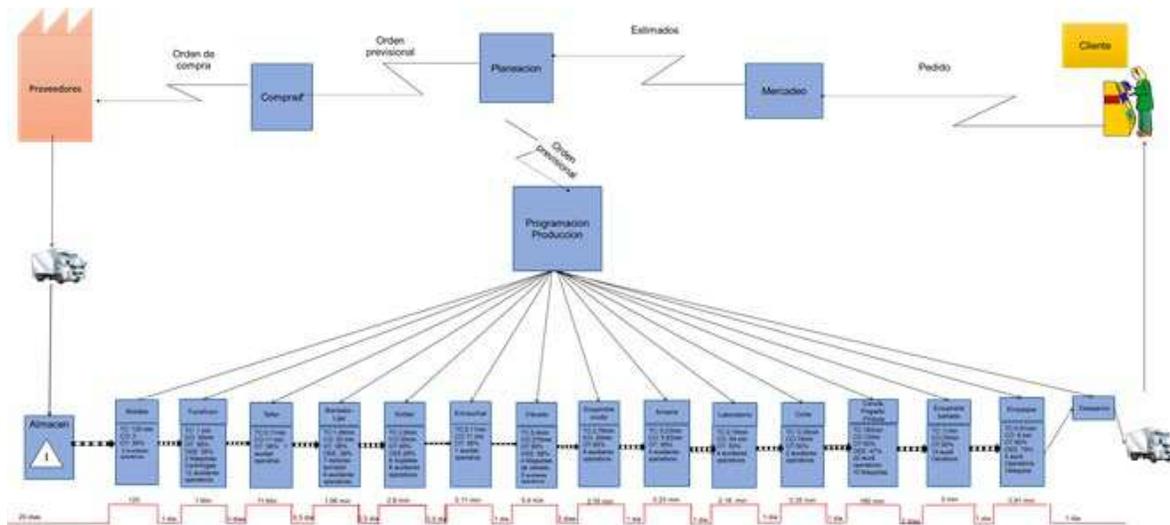
La siguiente figura representa la puntuación corregida lo cual quiere decir que se asigna un número entero de acuerdo al porcentaje y una base 10 ejemplo: la herramienta mejora continua cuenta con una puntuación de 32% para obtener el entero multiplicamos ese porcentaje por 10, aproximando se tiene como puntuación corregida 3. En el capítulo de "Propuesta" se tomará este gráfico y se propondrá la mejora de esta puntuación junto a las estrategias para lograrlo.



**Figura 21.** Puntuación corregida de las herramientas evaluadas. Autoría propia.

## 7.2 VSM (Value Stream mapping)

Para lograr alcanzar el objetivo del proyecto, se busca encontrar los procesos que generan mayor afectación en la productividad de planta para de esta forma optimizarlos y mejorar la productividad; es por ello que a través del VSM, se realizará la identificación de los principales procesos que requieren asistencia prioridad para definir acciones de mejora.



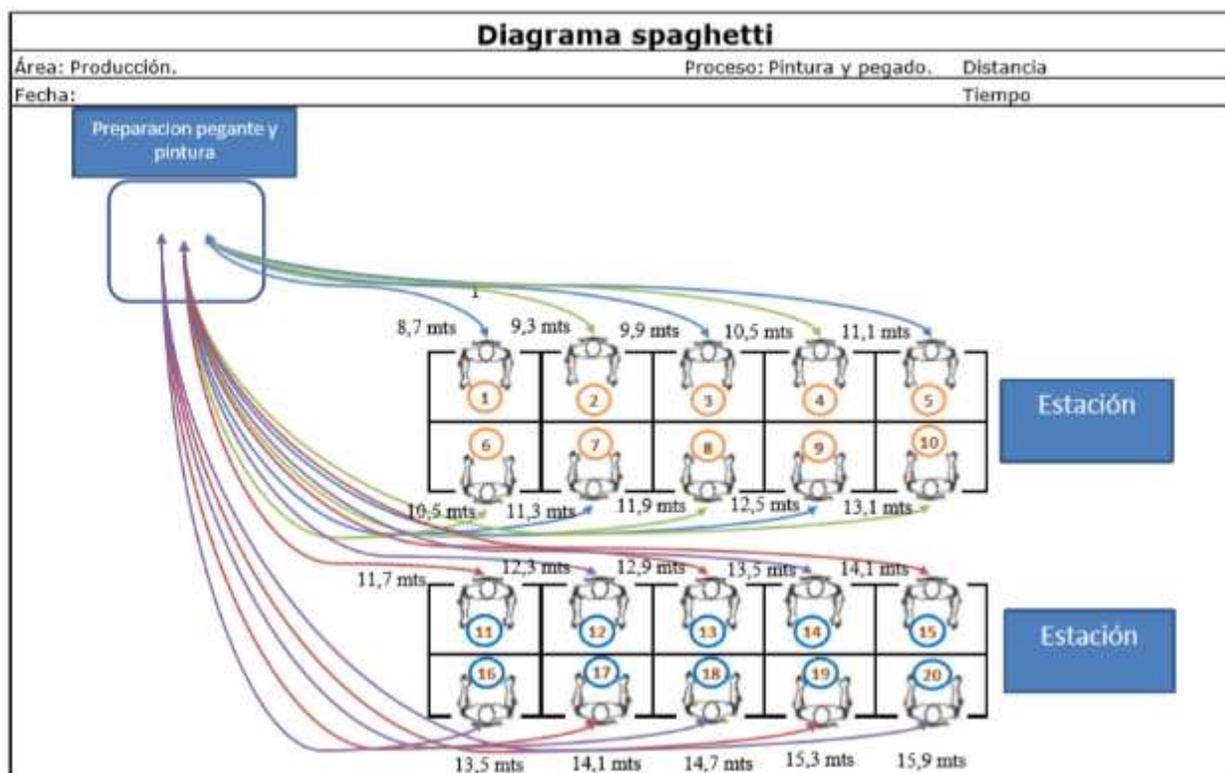
**Figura 22.** VSM actual. Autoría propia.

### 7.3 Factores que afectan la productividad

De acuerdo a las observaciones realizadas en el diagnóstico se identificaron mudas que afectan la productividad, por lo tanto, es importante analizar los procesos y dimensionar los desperdicios en costo y tiempo, para estos cálculos se tomará el costo para la compañía del minuto de un auxiliar el cual corresponde a \$113 COP, por lo tanto, el segundo tiene un costo de \$1.9 COP. En los siguientes numerales se describen las mudas que afectan la productividad de la compañía.

#### 7.3.1 Exceso de recorridos del operario.

Se identificaron procesos que requieren asistencia prioritaria en cuanto a análisis de desplazamientos, para observar la situación actual se realizó el levantamiento de un diagrama de spaghetti ya que las estaciones de pegado y pintura presentan oportunidades de mejora, en la actualidad se están generando una serie de desperdicios que afectan la productividad de las estaciones, mediante la observación se logró identificar que los auxiliares deben realizar desplazamientos desde su puesto de trabajo hasta el módulo de alistamiento de pintura y pegante, En la figura 23 se puede evidenciar dichos desplazamientos, Cabe resaltar que la distancia que se observa en el diagrama hace referencia a un solo desplazamiento, es decir no es la distancia total ida y vuelta si no tan solo se contempla una de ellas.



**Figura 23.** Diagrama Spaghetti proceso de pegado y pintura. Autoría propia.

Para dimensionar las distancias recorridas el tiempo y costos que conllevan estos recorridos se realizó una toma de tiempos para los desplazamientos y se tomó el costo compañía de un operario por segundo, los resultados se pueden observar en las siguientes figuras.

Tabla 8.

*Tiempo por metro recorrido y costo compañía minuto operario.*

Distancia (mts)	Tiempo (seg)	Costo (COP) por metro recorrido
1	1,4	\$ 2,6

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 9.

*Total desplazamientos en distancia, tiempo y costos por operario.*

Operario	Distancia por desplazamiento (mts)	Distancia total recorrido (mts)	Tiempo por desplazamiento (seg)	Tiempo total recorrido (seg)	Costo por desplazamiento (COP)	Costo total recorrido (COP)
1	8,7	17,4	12,18	24,36	\$ 23	\$ 46
2	9,3	18,6	13,02	26,04	\$ 25	\$ 49
3	9,9	19,8	13,86	27,72	\$ 26	\$ 52
4	10,5	21	14,7	29,4	\$ 28	\$ 55
5	11,1	22,2	15,54	31,08	\$ 29	\$ 59
6	10,5	21	14,7	29,4	\$ 28	\$ 55
7	11,3	22,6	15,82	31,64	\$ 30	\$ 60
8	11,9	23,8	16,66	33,32	\$ 31	\$ 63
9	12,5	25	17,5	35	\$ 33	\$ 66
10	13,1	26,2	18,34	36,68	\$ 35	\$ 69
11	11,7	23,4	16,38	32,76	\$ 31	\$ 62
12	12,3	24,6	17,22	34,44	\$ 32	\$ 65
13	12,9	25,8	18,06	36,12	\$ 34	\$ 68
14	13,5	27	18,9	37,8	\$ 36	\$ 71
15	14,1	28,2	19,74	39,48	\$ 37	\$ 74
16	13,5	27	18,9	37,8	\$ 36	\$ 71
17	14,1	28,2	19,74	39,48	\$ 37	\$ 74
18	14,7	29,4	20,58	41,16	\$ 39	\$ 78
19	15,3	30,6	21,42	42,84	\$ 40	\$ 81
20	15,9	31,8	22,26	44,52	\$ 42	\$ 84
<b>Total</b>	246,8	493,6	345,52	691,04	\$ 651	\$ 1.301

*Nota:* Autoría propia.

Los cálculos realizados muestran que los 20 auxiliares gastan en el recorrido al módulo de preparación de pintura (ida y vuelta) un total de 691.04 Segundos, 493.6 mts y el costo es de \$1.301 pesos, adicional se obtiene que en promedio cada operador se desplaza al módulo de preparación de pintura 5 veces por turno, con los anteriores datos podemos dimensionar en el tiempo los recursos que gastan estos desplazamientos.

Tabla 10.

*Dimensionamiento en el tiempo de los recursos por recorridos.*

Datos	Total de un recorrido de los 20 operarios	Total turno	Total mes	Total año
Distancia (mts)	493,6 mts	2.468,0 mts	54.296,0 mts	651.552,0 mts
Tiempo (seg)	691,0 seg	3.455,2 seg	76.014,4 seg	912.172,8 seg
Tiempo (min)	11,5 min	57,6 min	1.266,9 min	15.202,9 min
Costo seg Mano de obra (COP)	\$ 1.301 COP	\$ 6.507 COP	\$ 143.160 COP	\$ 1.717.925 COP

*Nota:* Autoría propia.

### 7.3.2 Conteo excesivo de piezas.

Este desperdicio corresponde al conteo de las piezas el cual se realizan en 10 procesos distintos, para conocer la situación actual se hace un cuadro resumen donde se muestra el tiempo que demanda el conteo de una pieza en cada proceso, adicional se especifica si el conteo es manual o con báscula, cabe resaltar que si el conteo es por este último medio no solo se cuenta una unidad si no un número determinado teniendo en cuenta el peso (para los cálculos no se tiene en cuenta la báscula).

Tabla 11.

*Tiempos de conteo por pieza en cada proceso.*

Proceso	Tiempo conteo	Sistema conteo
Fundición	0,2 seg	Bascula
Borrador	0,5 seg	Manual
Soldadura	0,5 seg	Manual
Vibrado	0,2 seg	Bascula
Ensamble en crudo	0,5 seg	Manual
Amarre	0,5 seg	Manual
Corte	0,5 seg	Manual
Pegado - Pintura	0,5 seg	Manual
Ensamble bañado	0,5 seg	Manual
Empaque	0,5 seg	Manual
<b>Total</b>	<b>4,0 seg</b>	<b>N/A</b>

*Nota:* Autoría propia.

Para cuantificar en tiempo y costos (segundo mano de obra \$1.9 COP, tabla 12) se realizan cálculos basados en las unidades solicitadas en cada observación (tabla 13), posteriormente se dimensiona en un turno, mes y año (tabla 14).

Tabla 12.

*Tiempo y costo por pieza.*

Piezas	Tiempo total de conteo	Costo conteo
1	4,0 seg	\$ 7,5 COP

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 13.

*Cálculos por observación.*

Observación	Unidades solicitadas	Tiempo total de conteo	Costo conteo
1	10.103	40.412,0 seg	\$ 76.109,3
2	17.340	69.360,0 seg	\$ 130.628,0
3	12.567	50.268,0 seg	\$ 94.671,4
4	14.014	56.056,0 seg	\$ 105.572,1
5	16.940	67.760,0 seg	\$ 127.614,7
6	16.745	66.980,0 seg	\$ 126.145,7
<b>Promedio</b>	<b>12.530</b>	<b>50.119,4 seg</b>	<b>\$ 94.391,6</b>

Nota: Autoría propia.

Tabla 14.

*Dimensionamiento en el tiempo de los recursos por conteo.*

Datos	Total turno	Total mes	Total año
<b>Tiempo (seg)</b>	50.119 seg	1.102.627 seg	13.231.529,1 seg
<b>Tiempo (min)</b>	835,3 min	18.377,1 min	220.525,5 min
<b>Costos</b>	\$ 94.392 COP	\$ 2.076.615 COP	\$ 24.919.380 COP

Nota: Autoría propia.

### 7.3.3 Exceso de procesamiento en estación de fundición (cavidades tapadas).

En el proceso de fundición es donde se transforman las aleaciones de metales en piezas, para ello se utilizan moldes de caucho donde se vierte el metal y da forma a la futura joya, en la figura 24 se puede observar un modelo de los moldes utilizados y en la tabla 15 las etapas del proceso.

Tabla 15.

*Etapas del proceso.*

Nombre	Descripción	Tiempo
Talqueo	Se toma el molde y se sacude para retirar exceso, esta operación se realiza con el fin de adecuar el molde para que las piezas no salgan deformes luego de aplicar el metal fundido.	31 seg
Fundición	Posterior al talqueo se toma el molde y se coloca en la máquina de fundición, luego el operario con ayuda de un crisol toma el metal y lo incorpora en la máquina para posteriormente se vertido en el molde, luego el molde pasa a un ventilador para que baje su temperatura.	60 seg
Despencar	El operario de fundición entrega a un operario adicional el molde con el material fundido para que este se encargue de retirar las piezas del molde.	180 seg

Nota: Autoría propia.



**Figura 24.** Proceso de talqueo. Autoría propia.



**Figura 25.** Proceso de fundición. Autoría propia.



**Figura 26.** modelo de molde. Autoría propia.



**Figura 27.** Proceso de despencar. Autoría propia.

En las observaciones (cada “observación de moldes” corresponde a la observación de un turno) se identificó que los moldes no están siendo utilizados con su capacidad total, es decir el molde tiene determinado número de cavidades (futuras Piezas) y un número importante de ellas están tapadas o en desuso, en las siguientes tablas se puede evidenciar la situación descrita (color rojo moldes sin utilizar su capacidad máxima, color verde capacidad máxima utilizada).

Tabla 16.

*Observación de moldes #1.*

Observación de moldes #1								
Molde	Total de cavidades en el molde	Cavidades sin tapar	Cavidades tapadas	Capacidad utilizada del molde	Piezas realizadas en el turno	Veces que se utilizo el molde en el turno	Veces que se utilizaría el molde si se usaran todas las cavidades	Utilizaciones adicionales del molde
1	23	7	16	30,43%	532	76	23	53
2	7	3	4	42,86%	240	80	34	46
3	16	9	7	56,25%	666	74	42	32
4	19	11	8	57,89%	847	77	45	32
5	14	10	4	71,43%	750	75	54	21
6	23	11	12	47,83%	748	68	33	35
7	26	10	16	38,46%	780	78	30	46
8	29	16	13	55,17%	1216	76	42	34
9	8	8	0	100,00%	600	75	75	0
10	17	11	6	64,71%	847	77	50	27
11	18	14	4	77,78%	1064	76	59	17
12	31	11	20	35,48%	869	79	28	51
13	13	7	6	53,85%	518	74	40	34
14	24	12	12	50,00%	936	78	39	39
<b>Promedios</b>	<b>19,1</b>	<b>10,0</b>	<b>9,1</b>	<b>55,87%</b>	<b>758,1</b>	<b>75,9</b>	<b>42,3</b>	<b>33,6</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 17.

*Observación de moldes #2.*

Observación de moldes #2								
Molde	Total de cavidades en el molde	Cavidades sin tapar	Cavidades tapadas	Capacidad utilizada del molde	Piezas realizadas en el turno	Veces que se utilizo el molde en el turno	Veces que se utilizaría el molde si se usaran todas las cavidades	Utilizaciones adicionales del molde
1	11	8	3	72,73%	608	76	55	21
2	24	9	15	37,50%	612	68	26	43
3	25	14	11	56,00%	910	65	36	29
4	16	3	13	18,75%	237	79	15	64
5	14	9	5	64,29%	675	75	48	27
6	23	9	14	39,13%	684	76	30	46
7	26	26	0	100,00%	2080	80	80	0
8	29	29	0	100,00%	2146	74	74	0
9	8	8	0	100,00%	608	76	76	0
10	17	17	0	100,00%	1156	68	68	0
11	18	18	0	100,00%	1350	75	75	0
12	31	31	0	100,00%	2232	72	72	0
13	13	13	0	100,00%	1001	77	77	0
14	24	12	12	50,00%	912	76	38	38
Promedios	19,9	14,7	5,2	74,17%	1086,5	74,1	55,0	19,1

Nota: Autoría propia.

Tabla 18.

*Observación de moldes #3.*

Observación de moldes #3								
Molde	Total de cavidades en el molde	Cavidades sin tapar	Cavidades tapadas	Capacidad utilizada del molde	Piezas realizadas en el turno	Veces que se utilizo el molde en el turno	Veces que se utilizaría el molde si se usaran todas las cavidades	Utilizaciones adicionales del molde
1	17	11	6	64,71%	704	64	41	23
2	22	6	16	27,27%	474	79	22	57
3	13	5	8	38,46%	330	66	25	41
4	25	2	23	8,00%	168	84	7	77
5	21	5	16	23,81%	405	81	19	62
6	5	2	3	40,00%	148	74	30	44
7	23	23	0	100,00%	1748	76	76	0
8	24	24	0	100,00%	1800	75	75	0
9	21	21	0	100,00%	1659	79	79	0
10	17	17	0	100,00%	1360	80	80	0
11	17	17	0	100,00%	1292	76	76	0
12	8	8	0	100,00%	640	80	80	0
13	24	24	0	100,00%	1800	75	75	0
14	11	11	0	100,00%	814	74	74	0
Promedios	17,7	12,6	5,1	71,59%	953,0	75,9	54,2	21,7

Nota: Autoría propia.

Tabla 19.

*Observación de moldes # 4.*

Observación de moldes #4								
Molde	Total de cavidades en el molde	Cavidades sin tapar	Cavidades tapadas	Capacidad utilizada del molde	Piezas realizadas en el turno	Veces que se utilizo el molde en el turno	Veces que se utilizaría el molde si se usaran todas las cavidades	Utilizaciones adicionales del molde
1	21	10	11	47,62%	760	76	36	40
2	24	13	11	54,17%	1014	78	42	36
3	15	4	11	26,67%	336	84	22	62
4	11	8	3	72,73%	576	72	52	20
5	24	12	12	50,00%	948	79	40	40
6	26	26	0	100,00%	1976	76	76	0
7	23	10	13	43,48%	720	72	31	41
8	24	14	10	58,33%	1092	78	46	33
9	21	17	4	80,95%	1360	80	65	15
10	17	17	0	100,00%	1292	76	76	0
11	17	17	0	100,00%	1258	74	74	0
12	8	8	0	100,00%	560	70	70	0
13	24	24	0	100,00%	1824	76	76	0
14	21	9	12	42,86%	711	79	34	45
<b>Promedios</b>	19,7	13,5	6,2	69,77%	1080,5	76,4	52,9	23,6

*Nota:* Autoría propia.

Con el fin de analizar los costos y tiempos que se incurren en la situación actual se realiza el dimensionamiento de los recursos de cada observación, para el costo se toma únicamente el tiempo de talqueo y fundición ya que despensar no incurre directamente en los tiempos de procesamiento de los moldes.

Tabla 20.

*Tiempos talqueo y fundición.*

Actividad	Tiempo (seg)
Talqueado	31 seg
Fundición	60 seg

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 21.

*Dimensionamiento observación de moldes #1.*

Observación de moldes #1			
Molde	Utilizaciones adicionales del molde	Tiempo por utilizaciones adicionales del molde	Costo por utilizaciones adicionales del molde
1	53	4.811 seg	\$ 9.061 COP
2	46	4.160 seg	\$ 7.835 COP
3	32	2.946 seg	\$ 5.549 COP
4	32	2.950 seg	\$ 5.556 COP
5	21	1.950 seg	\$ 3.673 COP
6	35	3.229 seg	\$ 6.080 COP
7	48	4.368 seg	\$ 8.226 COP
8	34	3.100 seg	\$ 5.839 COP
9	0	0 seg	\$ 0 COP
10	27	2.473 seg	\$ 4.658 COP
11	17	1.537 seg	\$ 2.894 COP
12	51	4.638 seg	\$ 8.735 COP
13	34	3.108 seg	\$ 5.853 COP
14	39	3.549 seg	\$ 6.684 COP
<b>Total</b>	<b>470,5426489</b>	<b>42.819 seg</b>	<b>\$ 80.643 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 22.

*Dimensionamiento observación de moldes #2.*

Observación de moldes #2			
Molde	Utilizaciones adicionales del molde	Tiempo por utilizaciones adicionales del molde	Costo por utilizaciones adicionales del molde
1	21	1.886 seg	\$ 3.552 COP
2	43	3.868 seg	\$ 7.284 COP
3	29	2.603 seg	\$ 4.902 COP
4	64	5.841 seg	\$ 11.001 COP
5	27	2.438 seg	\$ 4.591 COP
6	46	4.210 seg	\$ 7.928 COP
7	0	0 seg	\$ 0 COP
8	0	0 seg	\$ 0 COP
9	0	0 seg	\$ 0 COP
10	0	0 seg	\$ 0 COP
11	0	0 seg	\$ 0 COP
12	0	0 seg	\$ 0 COP
13	0	0 seg	\$ 0 COP
14	38	3.458 seg	\$ 6.513 COP
<b>Total</b>	<b>267,0613566</b>	<b>24.303 seg</b>	<b>\$ 45.770 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 23.

*Dimensionamiento observación de moldes #3.*

<b>Observación de moldes #3</b>			
<b>Molde</b>	<b>Utilizaciones adicionales del molde</b>	<b>Tiempo por utilizaciones adicionales del molde</b>	<b>Costo por utilizaciones adicionales del molde</b>
1	23	2.056 seg	\$ 3.871 COP
2	57	5.228 seg	\$ 9.847 COP
3	41	3.696 seg	\$ 6.961 COP
4	77	7.032 seg	\$ 13.245 COP
5	62	5.616 seg	\$ 10.577 COP
6	44	4.040 seg	\$ 7.609 COP
7	0	0 seg	\$ 0 COP
8	0	0 seg	\$ 0 COP
9	0	0 seg	\$ 0 COP
10	0	0 seg	\$ 0 COP
11	0	0 seg	\$ 0 COP
12	0	0 seg	\$ 0 COP
13	0	0 seg	\$ 0 COP
14	0	0 seg	\$ 0 COP
<b>Total</b>	<b>304,0524511</b>	<b>27.669 seg</b>	<b>\$ 52.110 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 24.

*Dimensionamiento observación de moldes #4.*

<b>Observación de moldes #4</b>			
<b>Molde</b>	<b>Utilizaciones adicionales del molde</b>	<b>Tiempo por utilizaciones adicionales del molde</b>	<b>Costo por utilizaciones adicionales del molde</b>
1	40	3.623 seg	\$ 6.823 COP
2	36	3.253 seg	\$ 6.127 COP
3	62	5.606 seg	\$ 10.557 COP
4	20	1.787 seg	\$ 3.365 COP
5	40	3.595 seg	\$ 6.770 COP
6	0	0 seg	\$ 0 COP
7	41	3.703 seg	\$ 6.975 COP
8	33	2.958 seg	\$ 5.570 COP
9	15	1.387 seg	\$ 2.612 COP
10	0	0 seg	\$ 0 COP
11	0	0 seg	\$ 0 COP
12	0	0 seg	\$ 0 COP
13	0	0 seg	\$ 0 COP
14	45	4.108 seg	\$ 7.737 COP
<b>Total</b>	<b>329,9</b>	<b>30.018 seg</b>	<b>\$ 56.535 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

En la siguiente imagen se totalizan los costos y tiempos de las observaciones y se promedian las cantidades para posteriormente dimensionar en el tiempo (tabla26).

Tabla 25.

*Total y promedio de las observaciones.*

<b>Molde</b>	<b>Utilizaciones adicionales de los moldes en un turno</b>	<b>Tiempo por utilizaciones adicionales del molde en un turno</b>	<b>Costo por utilizaciones adicionales del molde en un turno</b>
1	471	42.819 seg	\$ 80.643 COP
2	267	24.303 seg	\$ 45.770 COP
3	304	27.669 seg	\$ 52.110 COP
4	330	30.018 seg	\$ 56.535 COP
<b>Suma Total</b>	<b>1372</b>	<b>124.809 seg</b>	<b>\$ 235.057 COP</b>
<b>Promedio</b>	<b>343</b>	<b>31.202 seg</b>	<b>\$ 58.764 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 26.

Dimensionamiento en el tiempo.

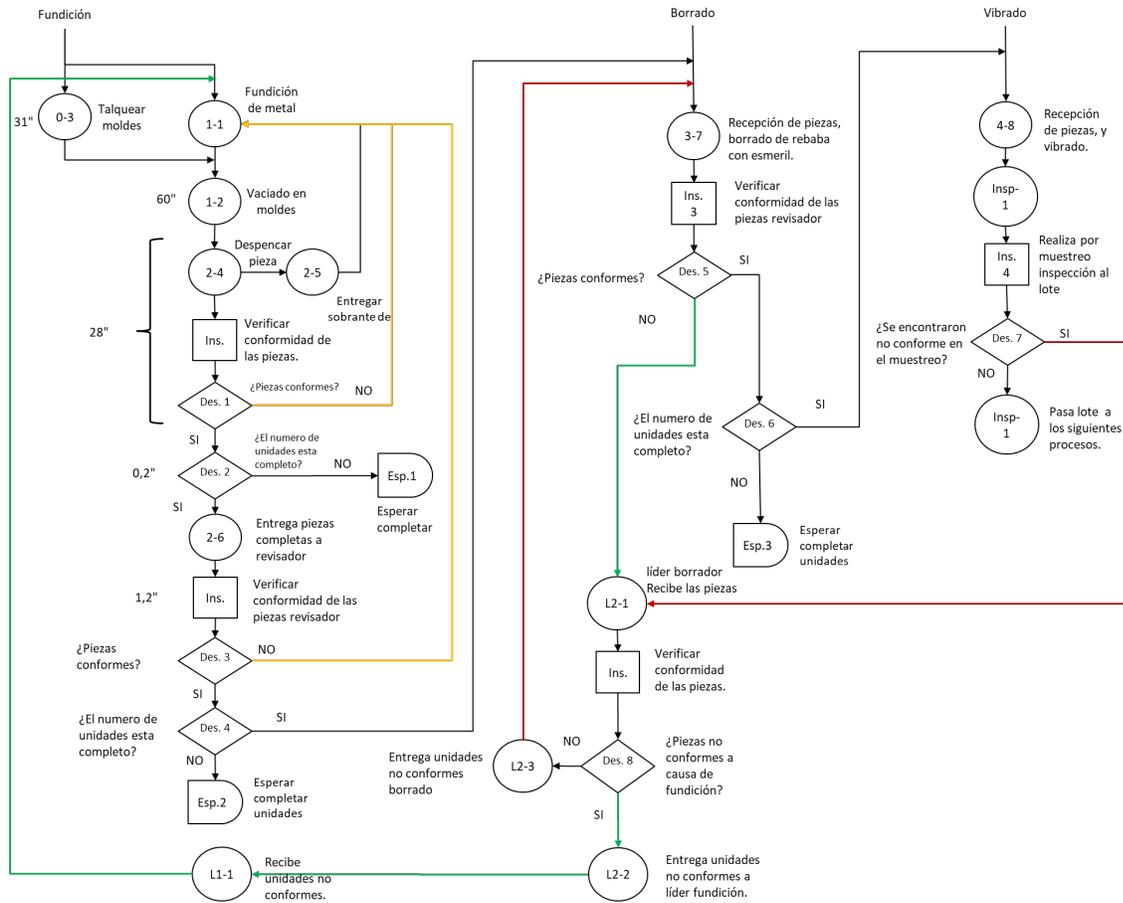
Datos	Total turno	Total mes	Total año
Tiempo (seg)	31.202 seg	686.450 seg	8.237.402,9 seg
Tiempo (min)	520,0 min	11.440,8 min	137.290,0 min
Costos	\$ 58.764 COP	\$ 1.292.815 COP	\$ 15.513.775 COP

*Nota:* Autoría propia.

### 7.3.4 Reproceso en estaciones de fundición y borrado.

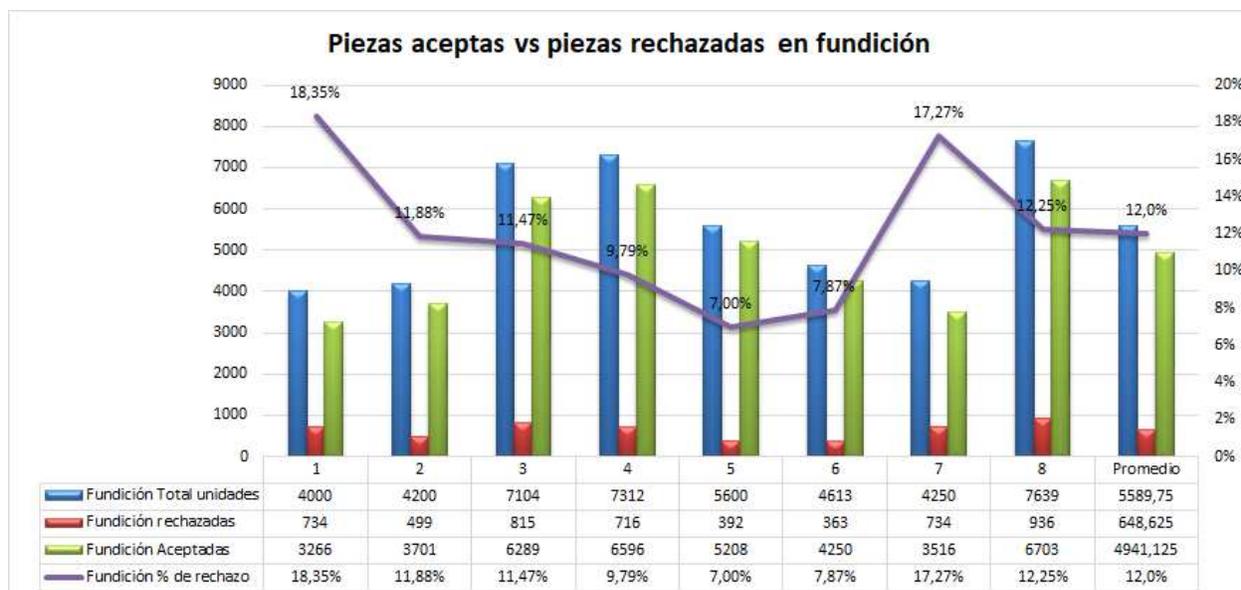
El reproceso es un factor que afecta la productividad de la planta, los procesos implicados en la observación del presente numeral corresponden a fundición, borrado y vibrado. Para explicar la situación se realiza un diagrama de procesos operativos (figura 28) en el cual se puede evidenciar que existen etapas de inspección en los tres procesos, en fundición se tienen las inspecciones denominadas “Ins. 1” e “Ins. 2”, si se encuentran piezas no conformes se retornan a la actividad de fundición de metal. En Borrado se cuenta con “Ins. 3” donde el líder del proceso determina si el rechazo es a causa del mismo proceso o si las piezas deben ser devueltas al líder de fundición. En vibrado se tiene “Ins. 4” donde un inspector de calidad realiza una revisión por muestreo de los lotes procesados en la estación de vibrado (en promedio llegan lotes por 100 unidades), si llega a encontrarse alguna irregularidad en el muestreo se devuelve el lote al líder de borrado el cual revisa el lote completo y determinar qué piezas fueron rechazadas a causa de borrado o fundición.

En la siguiente figura se evidencian los procesos descritos donde las líneas de color amarillo, rojo y verde determinan la devolución de material para ser reprocesado.

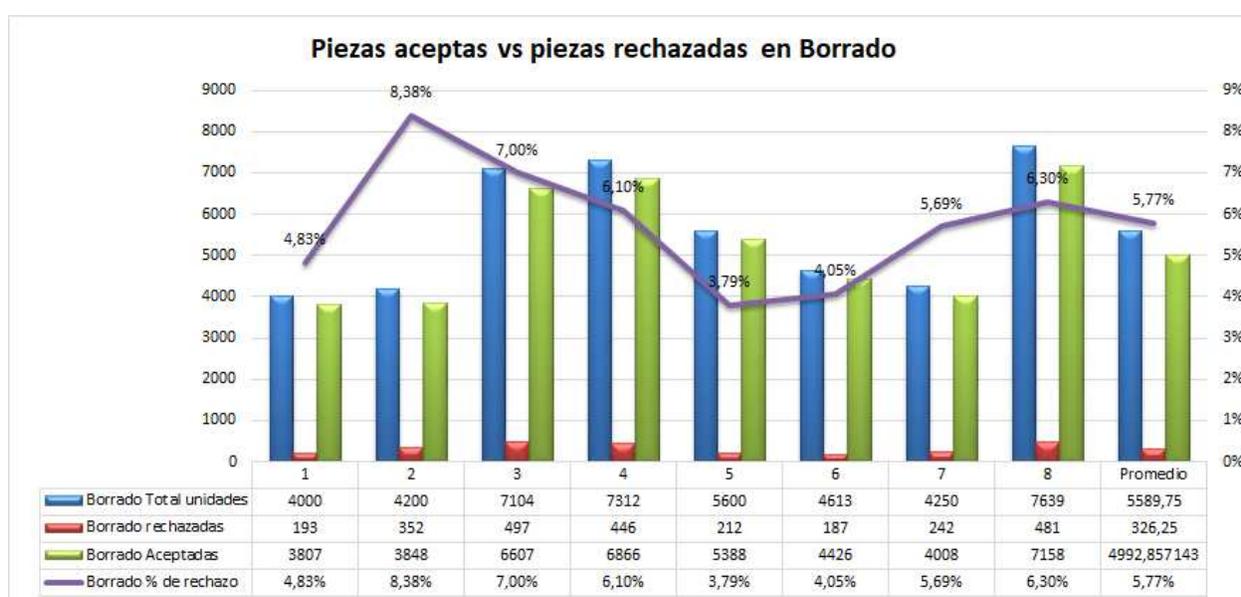


**Figura 28.** Diagrama procesos operativos (fundición, borrado y vibrado). Autoría propia.

las observaciones realizadas (8 turnos) ponen en evidencia las unidades rechazadas, en las siguientes figuras se aprecia lo descrito anteriormente.



**Figura 29.** Piezas aceptas vs piezas rechazadas en fundición. Autoría propia.



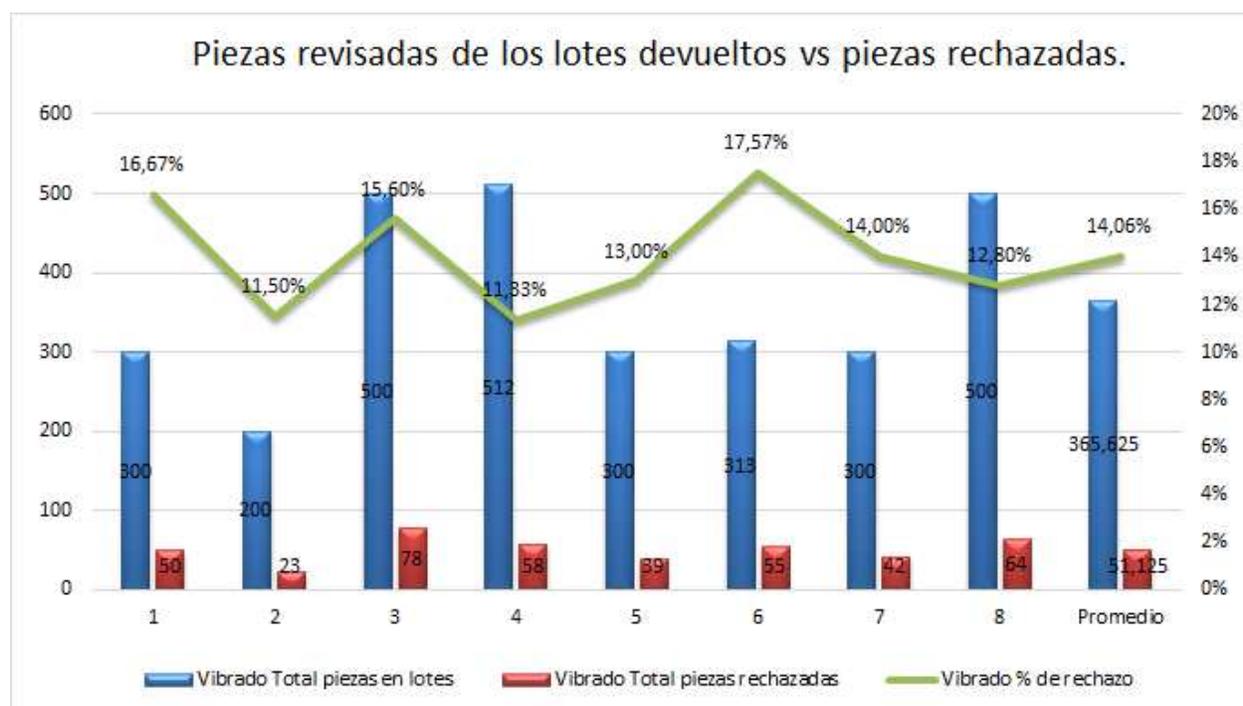
**Figura 30.** Piezas aceptas vs piezas rechazadas en Borrado. Autoría propia.

Tabla 27.

*Lotes revisados vs lotes devueltos.*

Vibrado				
Observación	Cantidad de lotes	lotes devueltos	% lotes rechazados	Observación
1	40	3	7,5%	Lotes por 100 unidades
2	42	2	4,8%	Lotes por 100 unidades
3	71	5	7,0%	Lotes por 100 unidades
4	73	5	6,8%	Lotes por 100 unidades, excepto un lote por 112
5	56	3	5,4%	Lotes por 100 unidades
6	46	3	6,5%	Lotes por 100 unidades, excepto un lote por 113
7	43	3	7,0%	Lotes por 100 unidades, excepto un lote por 150
8	76	5	6,6%	Lotes por 100 unidades, excepto un lote por 139
Promedio	55,875	3,625	6,4%	N/A

Nota: Autoría propia.



**Figura 31.** Piezas revisadas de los lotes devueltos vs piezas rechazadas. Autoría propia.

Ya con el número de unidades rechazadas en cada proceso se continúa con determinar los defectos encontrados en las piezas, la información se aprecia en las siguientes figuras:

Tabla 28.

*Defectos encontrados en las piezas rechazadas en fundición.*

Defectos encontrados en las piezas rechazadas en fundición.									
Observación	Total piezas rechazadas	Poro		Rebaba gruesa		Incompleta		Rechupe	
		Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje
1	734	426	58,04%	132	17,98%	139	18,94%	37	5,04%
2	499	259	51,90%	150	30,06%	75	15,03%	15	3,01%
3	815	522	64,05%	204	25,03%	65	7,98%	24	2,94%
4	716	444	62,01%	115	16,06%	118	16,48%	39	5,45%
5	392	220	56,12%	78	19,90%	72	18,37%	22	5,61%
6	363	196	53,99%	83	22,87%	69	19,01%	15	4,13%
7	734	433	58,99%	176	23,98%	110	14,99%	15	2,04%
8	936	608	64,96%	197	21,05%	103	11,00%	28	2,99%
<b>Promedio</b>	<b>649</b>	<b>389</b>	<b>58,8%</b>	<b>141,875</b>	<b>22,1%</b>	<b>93,875</b>	<b>15,2%</b>	<b>24</b>	<b>3,9%</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 29.

*Defectos encontrados en las piezas rechazadas en borrado.*

Defectos encontrados en las piezas rechazadas en borrado.									
Observación	Total piezas rechazadas	Poro		Rebaba gruesa		Incompleta		Rechupe	
		Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje
1	193	125	64,77%	46	23,83%	21	10,88%	1	0,52%
2	352	246	69,89%	67	19,03%	32	9,09%	7	1,99%
3	497	263	52,92%	134	26,96%	90	18,11%	10	2,01%
4	446	321	71,97%	85	19,06%	36	8,07%	4	0,90%
5	212	117	55,19%	51	24,06%	39	18,40%	5	2,36%
6	187	90	48,13%	65	34,76%	23	12,30%	9	4,81%
7	242	131	54,13%	46	19,01%	58	23,97%	7	2,89%
8	481	327	67,98%	101	21,00%	43	8,94%	10	2,08%
<b>Promedio</b>	<b>326</b>	<b>203</b>	<b>60,6%</b>	<b>74,375</b>	<b>23,5%</b>	<b>42,75</b>	<b>13,7%</b>	<b>7</b>	<b>2,2%</b>

*Nota:* Autoría propia.

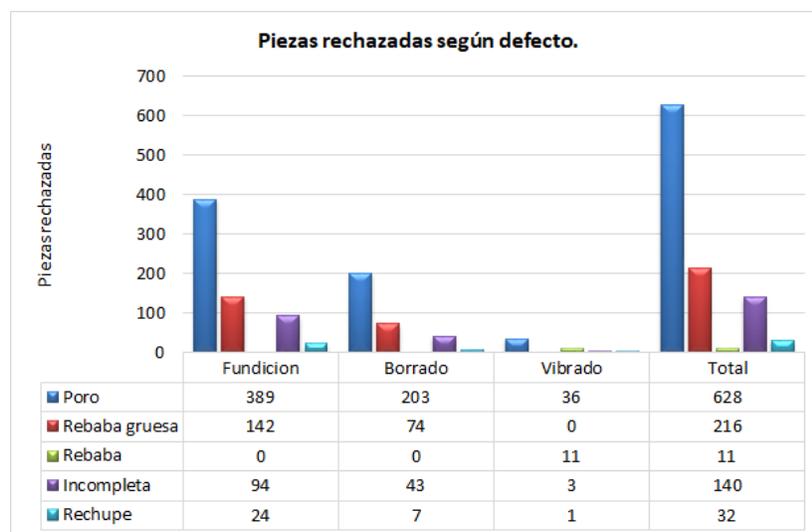
Tabla 30.

*Defectos encontrados en revisión de lotes devueltos en vibrado.*

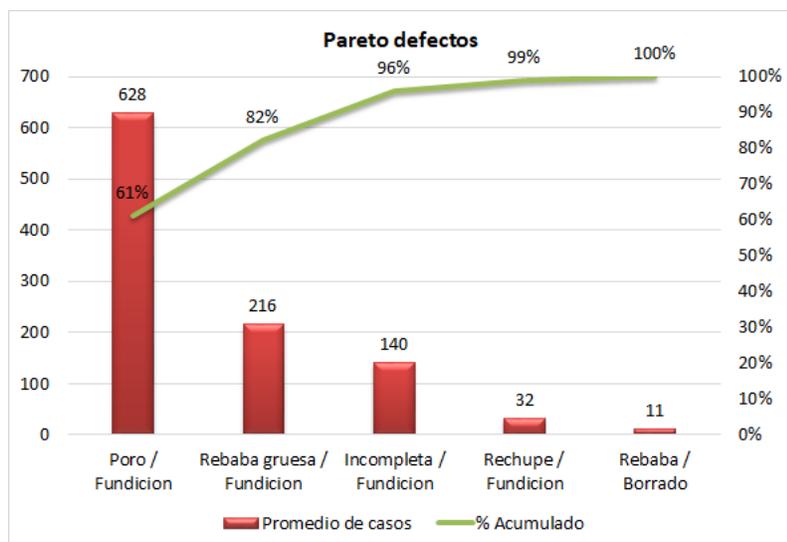
Defectos encontrados en revisión de lotes devueltos en vibrado.									
Observación	Total piezas rechazadas	Poro		Rebaba gruesa		Incompleta		Rechupe	
		Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje	Piezas	Porcentaje
1	50	35	70,00%	13	26,00%	1	2,00%	1	2,00%
2	23	15	65,22%	6	26,09%	1	4,35%	1	4,35%
3	78	62	79,49%	12	15,38%	4	5,13%	0	0,00%
4	58	36	62,07%	16	27,59%	5	8,62%	1	1,72%
5	39	29	74,36%	8	20,51%	1	2,56%	1	2,56%
6	55	37	67,27%	15	27,27%	2	3,64%	1	1,82%
7	42	33	78,57%	7	16,67%	2	4,76%	0	0,00%
8	64	44	68,75%	13	20,31%	6	9,38%	1	1,56%
<b>Promedio</b>	<b>51,125</b>	<b>36</b>	<b>70,72%</b>	<b>11</b>	<b>22,48%</b>	<b>3</b>	<b>5,05%</b>	<b>1</b>	<b>1,75%</b>

*Nota:* Autoría propia.

Para analizar los datos se procede a consolidar los rechazos de los 3 procesos teniendo en cuenta el promedio (Figura 32), posteriormente se realiza un diagrama de pareto con el fin de identificar qué defectos son los que más afectan la operación dando como resultado piezas con poro con un 61% y rebaba gruesa con un 21% para un porcentaje acumulado de 82% (figura 33).



**Figura 32.** Piezas rechazadas según defecto. Autoría propia.



**Figura 33.** Pareto defectos. Autoría propia.

Ya teniendo como principales causas el poro y rebaba gruesa se procede a cuantificar el tiempo y costos que conllevan estos defectos (tabla 31 y tabla 32).

Tabla 31.

*Tiempos y costos promedio de los desperdicios.*

Defecto/Proceso responsable	Promedio de casos	Tiempo promedio desperdicio	Costo promedio desperdicio	Tiempo adicional por desperdicio	Costo adicional por desperdicio	Tiempo adicional inspección	Costo adicional inspección	Total tiempo desperdicio	Total costo desperdicio
Poros / Fundicion	628	4.082 seg	\$ 7.088 COP	54 seg	\$ 101 COP	753,6	\$ 1.419,3	4.889 seg	\$ 9.208 COP
Rebaba gruesa / Fundicion	216	1.404 seg	\$ 2.644 COP	19 seg	\$ 35 COP	299,2	\$ 488,2	1.423 seg	\$ 3.167 COP
<b>TOTAL</b>	<b>844</b>	<b>5.486 seg</b>	<b>\$ 10.332 COP</b>	<b>72 seg</b>	<b>\$ 136 COP</b>	<b>1012,8</b>	<b>\$ 1.907,4</b>	<b>6.312 seg</b>	<b>\$ 12.376 COP</b>

Nota: Autoría propia.

Tabla 32.

*Dimensionamiento tiempo y costo defectos.*

Datos	Total turno	Total mes	Total año
<b>Tiempo (seg)</b>	6.312 seg	138.863 seg	1.666.352,9 seg
<b>Tiempo (min)</b>	105,2 min	2.314,4 min	27.772,5 min
<b>Costos</b>	\$ 12.376 COP	\$ 272.264 COP	\$ 3.267.172 COP

Nota: Autoría propia.

### 7.3.5 Deficiencia en llenado de moldes.

En la siguiente observación se evidencia una muda de tipo exceso de procesamiento en la estación de fundición, en dicha estación tenemos el proceso de vaciado de moldes ya mencionado en las anteriores observaciones, este proceso trata de que se lleva el material fundido al embudo luego de que el material es vaciado de manera líquida como lo muestra la

figura 34, se generan las piezas fundidas conformes, transformando MP a través del centrifugado para luego llenar las cavidades del molde y dar forma a la futura joya.



**Figura 34.** vaciado de material fundido para llenado de moldes. Autoría propia.



**Figura 35.** Molde con cavidades llenas dando forma la pieza. Autoría propia.

Es esta estación observamos que no todas las cavidades quedan llenas en su totalidad ocasionando un desperdicio en el proceso ya que el molde que no se llena en su totalidad debe ser pasado más veces, para así obtener las piezas programadas.



**Figura 36.** Molde sin cavidades llenas completamente. Autoría propia.

En las observaciones (cada “observación de moldes” corresponde a la observación de un turno) se identifica que las cavidades sin tapar (cavidades tapadas muda anterior). No están llenando en su totalidad, En las siguientes tablas observan los moldes utilizados en el turno, las cavidades sin tapar, Las veces que se utilizó el molde en el turno, piezas reales de cada molde en el turno, piezas teóricas según capacidad del molde, cavidades que no llenaron y la eficiencia de los moldes llenos en el turno.

Tabla 33.

*Observación de moldes #1.*

OBSERVACIÓN #1 LLENADO DE MOLDES						
Molde	Cavidades sin tapar	Utilizacion del molde en turno	Piezas completas reales turno	Piezas completas teóricas (según capacidad molde) turno	Cavidades sin llenar turno	Eficiencia de llenado moldes turno
1	7	72	180	504	324	35, 7%
2	3	63	54	189	135	28, 6%
3	9	68	214	612	398	35, 0%
4	11	77	286	847	561	33, 8%
5	10	63	230	630	400	36, 5%
6	11	63	252	693	441	36, 4%
7	10	77	277	770	493	36, 0%
8	16	72	401	1152	751	34, 8%
9	8	77	231	616	385	37, 5%
10	11	72	293	792	499	37, 0%
11	14	77	385	1078	693	35, 7%
12	11	72	266	792	526	33, 6%
13	7	72	185	504	319	36, 7%
14	12	77	331	924	593	35, 8%
Suma	140	1002	3585	10103	6518	N/A
Promedios	10,0	71,6	56,6	721,6	465,6	35,2%

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 34.

*Observación de moldes #2.*

OBSERVACIÓN #2 LLENADO DE MOLDES						
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	Piezas completas reales turno	Piezas completas teóricas (según capacidad molde)	Cavidades sin llenar turno	Eficiencia de llenado moldes turno
1	8	70	310	560	250	55,4%
2	9	75	370	675	305	54,8%
3	14	85	690	1190	500	58,0%
4	3	75	120	225	105	53,3%
5	9	90	460	810	350	56,8%
6	9	75	370	675	305	54,8%
7	26	85	1280	2210	930	57,9%
8	29	80	1275	2320	1045	55,0%
9	8	70	315	560	245	56,3%
10	17	85	820	1445	625	56,7%
11	18	80	790	1440	650	54,9%
12	31	75	1345	2325	980	57,8%
13	13	85	605	1105	500	54,8%
14	24	75	1005	1800	795	55,8%
Suma	218	1105	1951	17340	7585	N/A
Promedios	15,6	78,9	139,4	1238,6	541,8	55,9%

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 35.

*Observación de moldes #3.*

OBSERVACIÓN #3 LLENADO DE MOLDES						
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	Piezas completas reales turno	Piezas completas teóricas (según capacidad molde)	Cavidades sin llenar turno	Eficiencia de llenado moldes turno
1	11	77	549	847	298	64,8%
2	6	72	288	432	144	66,7%
3	5	63	198	315	117	62,9%
4	2	77	100	154	54	64,9%
5	5	72	230	360	130	63,9%
6	2	77	96	154	58	62,3%
7	23	72	1089	1656	567	65,8%
8	24	68	1025	1632	607	62,8%
9	21	77	1051	1617	566	65,0%
10	17	68	748	1156	408	64,7%
11	17	77	875	1309	434	66,8%
12	8	72	392	576	184	68,1%
13	24	63	995	1512	517	65,8%
14	11	77	539	847	308	63,6%
Suma	176	1012	1808	12567	4392	N/A
Promedios	12,6	72,3	129,1	897,6	313,7	64,9%

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 36.

*Observación de moldes #4.*

OBSERVACIÓN # 4 LLENADO DE MOLDES						
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	Piezas completas reales turno	Piezas completas teóricas (según capacidad molde)	Cavidades sin llenar turno	Eficiencia de llenado moldes turno
1	10	79	498	790	292	63, 0%
2	13	74	625	962	337	65, 0%
3	4	65	158	260	102	60, 8%
4	8	79	405	632	227	64, 1%
5	12	74	551	888	337	62, 0%
6	26	79	1274	2054	780	62, 0%
7	10	74	472	740	268	63, 8%
8	14	69	626	966	340	64, 8%
9	17	79	846	1343	497	63, 0%
10	17	69	750	1173	423	63, 9%
11	17	79	883	1343	460	65, 7%
12	8	74	384	592	208	64, 9%
13	24	65	1027	1560	533	65, 8%
14	9	79	447	711	264	62, 9%
Suma	189	1038	1929	14014	5068	N/A
Promedios	13,5	74,1	137,8	1001,0	362,0	63,7%

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 37.

*Observación de moldes #5.*

OBSERVACIÓN # 5 LLENADO DE MOLDES						
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	Piezas completas reales turno	Piezas completas teóricas (según capacidad molde)	Cavidades sin llenar turno	Eficiencia de llenado moldes turno
1	8	79	581	632	51	91, 9%
2	6	74	417	444	27	93, 9%
3	23	65	1342	1495	153	89, 8%
4	14	79	1027	1106	79	92, 9%
5	14	74	939	1036	97	90, 6%
6	17	79	1218	1343	125	90, 7%
7	20	74	1374	1480	106	92, 8%
8	18	69	1155	1242	87	93, 0%
9	28	79	2013	2212	199	91, 0%
10	20	69	1298	1380	82	94, 1%
11	24	79	1817	1896	79	95, 8%
12	4	74	273	296	23	92, 2%
13	22	65	1287	1430	143	90, 0%
14	12	79	879	948	69	92, 7%
Suma	230	1038	3369	16940	1320	N/A
Promedios	16,4	74,1	240,6	1210,0	94,3	92,2%

Nota: Autoría propia.

Tabla 38.

*Observación de moldes #6.*

OBSERVACIÓN # 6 LLENADO DE MOLDES						
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	Piezas completas reales turno	Piezas completas teóricas (según capacidad molde)	Cavidades sin llenar turno	Eficiencia de llenado moldes turno
1	20	80	989	1600	611	61, 8%
2	16	76	790	1216	426	65, 0%
3	1	66	40	66	26	60, 6%
4	17	80	910	1360	450	66, 9%
5	24	76	1170	1824	654	64, 1%
6	8	80	420	640	220	65, 6%
7	20	76	1005	1520	515	66, 1%
8	8	71	375	568	193	66, 0%
9	5	80	270	400	130	67, 5%
10	17	71	825	1207	382	68, 4%
11	36	80	1895	2880	985	65, 8%
12	18	76	860	1368	508	62, 9%
13	16	66	690	1056	366	65, 3%
14	13	80	705	1040	335	67, 8%
Suma	219	1058	2201	16745	5801	N/A
Promedios	15,6	75,6	157,2	1196,1	414,4	65,3%

Nota: Autoría propia.

Con el fin de analizar los costos y tiempos que se incurren en la situación actual se realiza el dimensionamiento de los recursos de cada observación, para el costo se toma únicamente el tiempo de talqueo y fundición ya que despensar no incurre directamente en los tiempos de procesamiento de los moldes.

Tabla 39.

*Dimensionamiento observación de moldes #1.*

OBSERVACIÓN #1 LLENADO DE MOLDES							
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	tiempo preparación moldes	Costo preparación moldes	Eficiencia de llenado moldes turno	Tiempo perdido a causa de llenado	Costo desperdicio a causa de llenado
1	7	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	35, 7%	4.212 seg	\$ 7.933 COP
2	3	63	5.733 seg	\$ 10.797 COP	28, 6%	4.095 seg	\$ 6.941 COP
3	9	68	6.188 seg	\$ 11.654 COP	35, 0%	4.024 seg	\$ 7.492 COP
4	11	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	33, 8%	4.641 seg	\$ 8.483 COP
5	10	63	5.733 seg	\$ 10.797 COP	36, 5%	3.640 seg	\$ 6.941 COP
6	11	63	5.733 seg	\$ 10.797 COP	36, 4%	3.648 seg	\$ 6.941 COP
7	10	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	36, 0%	4.486 seg	\$ 8.483 COP
8	16	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	34, 8%	4.271 seg	\$ 7.933 COP
9	8	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	37, 5%	4.379 seg	\$ 8.483 COP
10	11	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	37, 0%	4.128 seg	\$ 7.933 COP
11	14	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	35, 7%	4.505 seg	\$ 8.483 COP
12	11	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	33, 6%	4.351 seg	\$ 7.933 COP
13	7	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	36, 7%	4.147 seg	\$ 7.933 COP
14	12	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	35, 8%	4.497 seg	\$ 8.483 COP
Suma	140	1002	91.182 seg	\$ 171.726 COP	N/A	59.025 seg	\$ 110.395 COP
Promedios	10,0	71,6	6.513 seg	\$ 12.266 COP	35,2%	4.216 seg	\$ 7.885 COP

Nota: Autoría propia.

Tabla 40.

*Dimensionamiento observación de moldes #2.*

OBSERVACIÓN #2 LLENADO DE MOLDES							
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	tiempo preparación moldes	Costo preparación moldes	Eficiencia de llenado moldes turno	Tiempo perdido a causa de	Costo desperdicio a causa de llenado
1	8	70	6.370 seg	\$ 11.997 COP	55, 4%	4.095 seg	\$ 7.712 COP
2	9	75	6.825 seg	\$ 12.854 COP	54, 8%	3.084 seg	\$ 8.263 COP
3	14	85	7.735 seg	\$ 14.568 COP	58, 0%	3.250 seg	\$ 9.365 COP
4	3	75	6.825 seg	\$ 12.854 COP	53, 3%	3.185 seg	\$ 8.263 COP
5	9	90	8.190 seg	\$ 15.425 COP	56, 8%	3.539 seg	\$ 9.916 COP
6	9	75	6.825 seg	\$ 12.854 COP	54, 8%	3.084 seg	\$ 8.263 COP
7	26	85	7.735 seg	\$ 14.568 COP	57, 9%	3.255 seg	\$ 9.365 COP
8	29	80	7.280 seg	\$ 13.711 COP	55, 0%	3.279 seg	\$ 8.814 COP
9	8	70	6.370 seg	\$ 11.997 COP	56, 3%	2.787 seg	\$ 7.712 COP
10	17	85	7.735 seg	\$ 14.568 COP	56, 7%	3.346 seg	\$ 9.365 COP
11	18	80	7.280 seg	\$ 13.711 COP	54, 9%	3.286 seg	\$ 8.814 COP
12	31	75	6.825 seg	\$ 12.854 COP	57, 8%	2.877 seg	\$ 8.263 COP
13	13	85	7.735 seg	\$ 14.568 COP	54, 8%	3.500 seg	\$ 9.365 COP
14	24	75	6.825 seg	\$ 12.854 COP	55, 8%	3.014 seg	\$ 8.263 COP
Suma	218	1105	100.555 seg	\$ 189.379 COP	N/A	45.581 seg	\$ 121.743 COP
Promedios	15,6	78,9	7.183 seg	\$ 13.527 COP	55,9%	3.256 seg	\$ 8.696 COP

Nota: Autoría propia.

Tabla 41.

*Dimensionamiento observación de moldes #3.*

OBSERVACIÓN # 3 LLENADO DE MOLDES							
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	tiempo preparación moldes	Costo preparación moldes	Eficiencia de llenado moldes turno	Tiempo perdido a causa de	Costo desperdicio a causa de llenado
1	11	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	64, 8%	4.505 seg	\$ 8.483 COP
2	6	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	66, 7%	2.184 seg	\$ 7.933 COP
3	5	63	5.733 seg	\$ 10.797 COP	62, 9%	2.129 seg	\$ 6.941 COP
4	2	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	64, 9%	2.457 seg	\$ 8.483 COP
5	5	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	63, 9%	2.366 seg	\$ 7.933 COP
6	2	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	62, 3%	2.639 seg	\$ 8.483 COP
7	23	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	65, 8%	2.243 seg	\$ 7.933 COP
8	24	68	6.188 seg	\$ 11.654 COP	62, 8%	2.302 seg	\$ 7.492 COP
9	21	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	65, 0%	2.453 seg	\$ 8.483 COP
10	17	68	6.188 seg	\$ 11.654 COP	64, 7%	2.184 seg	\$ 7.492 COP
11	17	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	66, 8%	2.323 seg	\$ 8.483 COP
12	8	72	6.552 seg	\$ 12.340 COP	68, 1%	2.093 seg	\$ 7.933 COP
13	24	63	5.733 seg	\$ 10.797 COP	65, 8%	1.960 seg	\$ 6.941 COP
14	11	77	7.007 seg	\$ 13.197 COP	63, 6%	2.548 seg	\$ 8.483 COP
Suma	176	1012	92.092 seg	\$ 173.440 COP	N/A	34.386 seg	\$ 111.497 COP
Promedios	12,6	72,3	6.578 seg	\$ 12.389 COP	64,9%	2.456 seg	\$ 7.964 COP

Nota: Autoría propia.

Tabla 42.

*Dimensionamiento observación de moldes #4.*

OBSERVACIÓN # 4 LLENADO DE MOLDES							
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	tiempo preparación moldes	Costo preparación moldes	Eficiencia de llenado moldes turno	Tiempo perdido a causa de	Costo desperdicio a causa de llenado
1	10	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	63, 0%	4.622 seg	\$ 8.704 COP
2	13	74	6.734 seg	\$ 12.682 COP	65, 0%	2.359 seg	\$ 8.153 COP
3	4	65	5.915 seg	\$ 11.140 COP	60, 8%	2.321 seg	\$ 7.161 COP
4	8	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	64, 1%	2.582 seg	\$ 8.704 COP
5	12	74	6.734 seg	\$ 12.682 COP	62, 0%	2.556 seg	\$ 8.153 COP
6	26	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	62, 0%	2.730 seg	\$ 8.704 COP
7	10	74	6.734 seg	\$ 12.682 COP	63, 8%	2.439 seg	\$ 8.153 COP
8	14	69	6.279 seg	\$ 11.825 COP	64, 8%	2.210 seg	\$ 7.602 COP
9	17	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	63, 0%	2.660 seg	\$ 8.704 COP
10	17	69	6.279 seg	\$ 11.825 COP	63, 9%	2.264 seg	\$ 7.602 COP
11	17	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	65, 7%	2.462 seg	\$ 8.704 COP
12	8	74	6.734 seg	\$ 12.682 COP	64, 9%	2.366 seg	\$ 8.153 COP
13	24	65	5.915 seg	\$ 11.140 COP	65, 8%	2.021 seg	\$ 7.161 COP
14	9	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	62, 9%	2.669 seg	\$ 8.704 COP
Suma	189	1038	94.458 seg	\$ 177.896 COP	N/A	36.261 seg	\$ 114.362 COP
Promedios	13,5	74,1	6.747 seg	\$ 12.707 COP	63,7%	2.590 seg	\$ 8.169 COP

Nota: Autoría propia.

Tabla 43.

*Dimensionamiento observación de moldes #5.*

OBSERVACIÓN # 5 LLENADO DE MOLDES							
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	tiempo preparación moldes	Costo preparación moldes	Eficiencia de llenado moldes turno	Tiempo perdido a causa de	Costo desperdicio a causa de llenado
1	8	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	91, 9%	4.622 seg	\$ 8.704 COP
2	6	74	6.734 seg	\$ 12.682 COP	93, 9%	410 seg	\$ 8.153 COP
3	23	65	5.915 seg	\$ 11.140 COP	89, 8%	605 seg	\$ 7.161 COP
4	14	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	92, 9%	514 seg	\$ 8.704 COP
5	14	74	6.734 seg	\$ 12.682 COP	90, 6%	631 seg	\$ 8.153 COP
6	17	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	90, 7%	669 seg	\$ 8.704 COP
7	20	74	6.734 seg	\$ 12.682 COP	92, 8%	482 seg	\$ 8.153 COP
8	18	69	6.279 seg	\$ 11.825 COP	93, 0%	440 seg	\$ 7.602 COP
9	28	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	91, 0%	647 seg	\$ 8.704 COP
10	20	69	6.279 seg	\$ 11.825 COP	94, 1%	373 seg	\$ 7.602 COP
11	24	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	95, 8%	300 seg	\$ 8.704 COP
12	4	74	6.734 seg	\$ 12.682 COP	92, 2%	523 seg	\$ 8.153 COP
13	22	65	5.915 seg	\$ 11.140 COP	90, 0%	592 seg	\$ 7.161 COP
14	12	79	7.189 seg	\$ 13.539 COP	92, 7%	523 seg	\$ 8.704 COP
Suma	230	1038	94.458 seg	\$ 177.896 COP	N/A	11.329 seg	\$ 114.362 COP
Promedios	16,4	74,1	6.747 seg	\$ 12.707 COP	92,2%	809 seg	\$ 8.169 COP

Nota: Autores.

Tabla 44.

*Dimensionamiento observación de moldes #6.*

OBSERVACIÓN # 6 LLENADO DE MOLDES							
Molde	Cavidades sin tapar	Utilización del molde en turno	tiempo preparación moldes	Costo preparación moldes	Eficiencia de llenado moldes turno	Tiempo perdido a causa de	Costo desperdicio a causa de llenado
1	20	80	7.280 seg	\$ 13.711 COP	61, 8%	4.680 seg	\$ 8.814 COP
2	16	76	6.916 seg	\$ 13.025 COP	65, 0%	2.423 seg	\$ 8.373 COP
3	1	66	6.006 seg	\$ 11.311 COP	60, 6%	2.366 seg	\$ 7.272 COP
4	17	80	7.280 seg	\$ 13.711 COP	66, 9%	2.409 seg	\$ 8.814 COP
5	24	76	6.916 seg	\$ 13.025 COP	64, 1%	2.480 seg	\$ 8.373 COP
6	8	80	7.280 seg	\$ 13.711 COP	65, 6%	2.503 seg	\$ 8.814 COP
7	20	76	6.916 seg	\$ 13.025 COP	66, 1%	2.343 seg	\$ 8.373 COP
8	8	71	6.461 seg	\$ 12.168 COP	66, 0%	2.195 seg	\$ 7.822 COP
9	5	80	7.280 seg	\$ 13.711 COP	67, 5%	2.366 seg	\$ 8.814 COP
10	17	71	6.461 seg	\$ 12.168 COP	68, 4%	2.045 seg	\$ 7.822 COP
11	36	80	7.280 seg	\$ 13.711 COP	65, 8%	2.490 seg	\$ 8.814 COP
12	18	76	6.916 seg	\$ 13.025 COP	62, 9%	2.568 seg	\$ 8.373 COP
13	16	66	6.006 seg	\$ 11.311 COP	65, 3%	2.082 seg	\$ 7.272 COP
14	13	80	7.280 seg	\$ 13.711 COP	67, 8%	2.345 seg	\$ 8.814 COP
Suma	219	1058	96.278 seg	\$ 181.324 COP	N/A	35.294 seg	\$ 116.565 COP
Promedios	15,6	75,6	6.877 seg	\$ 12.952 COP	65,3%	2.521 seg	\$ 8.326 COP

Nota: Autoría propia.

En la siguiente imagen se totalizan los costos y tiempos de las observaciones y se promedian las cantidades para posteriormente dimensionar en el tiempo (tabla 46).

Tabla 45.

*Total y promedio de las observaciones.*

observación	Veces que se utilizaron los moldes en turno	Tiempo total perdido en turno a causa de llenado	Costo desperdicio total causa de llenado
1	72	59.025 seg	\$ 110.395 COP
2	72	45.581 seg	\$ 121.743 COP
3	79	34.386 seg	\$ 111.497 COP
4	72	36.261 seg	\$ 114.362 COP
5	74	11.329 seg	\$ 114.362 COP
6	76	35.294 seg	\$ 116.565 COP
<b>Suma Total</b>	444	221.876 seg	\$ 457.997 COP
<b>Promedio</b>	74	36.979 seg	\$ 114.821 COP

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 46.

*Dimensionamiento en el tiempo.*

Datos	Total turno	Total mes	Total año
<b>Tiempo (seg)</b>	36.979 seg	813.545 seg	9.762.537,5 seg
<b>Tiempo (min)</b>	616,3 min	13.559,1 min	162.709,0 min
<b>Costos</b>	\$ 114.821 COP	\$ 2.526.056 COP	\$ 30.312.668 COP

*Nota:* Autoría propia.

#### 7.4 Total desperdicios

Con los análisis realizados en cada desperdicio se realiza la consolidación de tiempo y costos encontrando que en promedio en un turno no son productivos más de dos mil minutos lo cual afecta la eficiencia de la planta de producción, el dimensionamiento se puede apreciar en la tabla 47.

Tabla 47.

*Total tiempo y costos por improductivos.*

Total mudas			
Datos	Total turno	Total mes	Total año
Tiempo (seg)	128.068 seg	2.817.500 seg	33.809.995 seg
Tiempo (min)	2.134,47 min	46.958,33 min	563.499,92 min
Costos	\$ 286.860 COP	\$ 6.310.910 COP	\$ 75.730.921 COP

*Nota:* Autoría propia.

### 7.5 Falta de 5's

En el diagnóstico de las herramientas se obtuvo un puntaje de 25% en la herramienta 5's (numeral 7.1), para analizar más a fondo se realizan recorridos en el área de producción donde se observó que actualmente no se contempla la metodología 5s dentro de sus filosofías, en las imágenes que acompañan este numeral se observa la situación actual del área de producción:



Proceso: Ensamble

Descripción: Falta de organización en el puesto de trabajo, no se tiene demarcación de elementos.

**Figura 37.** Falta 5s en proceso ensamble. Autoría propia.



Proceso: Empaque

Descripción: Falta de organización y selección de elementos, falta de control de contaminación para el producto en proceso (cajas sobre el suelo)

**Figura 38.** Falta 5s en proceso empaque. Autoría propia.



Proceso: Vibrado.

Descripción: Falta de organización en el puesto de trabajo, no se tiene demarcación de elementos.

**Figura 39.** Falta 5s en proceso vibrado. Autoría propia.



Proceso: Soldadura.

Descripción: Falta de organización en el puesto de trabajo, no se tiene demarcación de elementos, falta de selección.

**Figura 40.** Falta 5s en proceso Soldadura. Autoría propia.



Proceso: Soldadura (herramientas).

Descripción: Falta de organización en el puesto de trabajo, no se tiene un sitio estipulado para el almacenamiento del herramental, adicional se presenta desorden y falta de selección.

**Figura 41.** Falta 5s en proceso Soldadura (herramientas). Autoría propia.



**Figura 42.** Falta 5s en modelos y moldes. Autoría propia.



**Figura 43.** Falta 5s en modelos y moldes. Autoría propia.



**Figura 44.** Falta 5s en proceso ensamble en crudo. Autoría propia.



**Figura 45.** Falta 5s en proceso de fundición. Autoría propia.

## 8 Diagrama causa – efecto (Ishikawa)

Mediante el diagrama ishikawa podemos evidenciar de forma resumida las principales mudas de la planta de producción y se determinan cuáles son los factores que afectan la productividad para de esta forma tomar las medidas necesarias para mejorar la productividad de los procesos implicados.

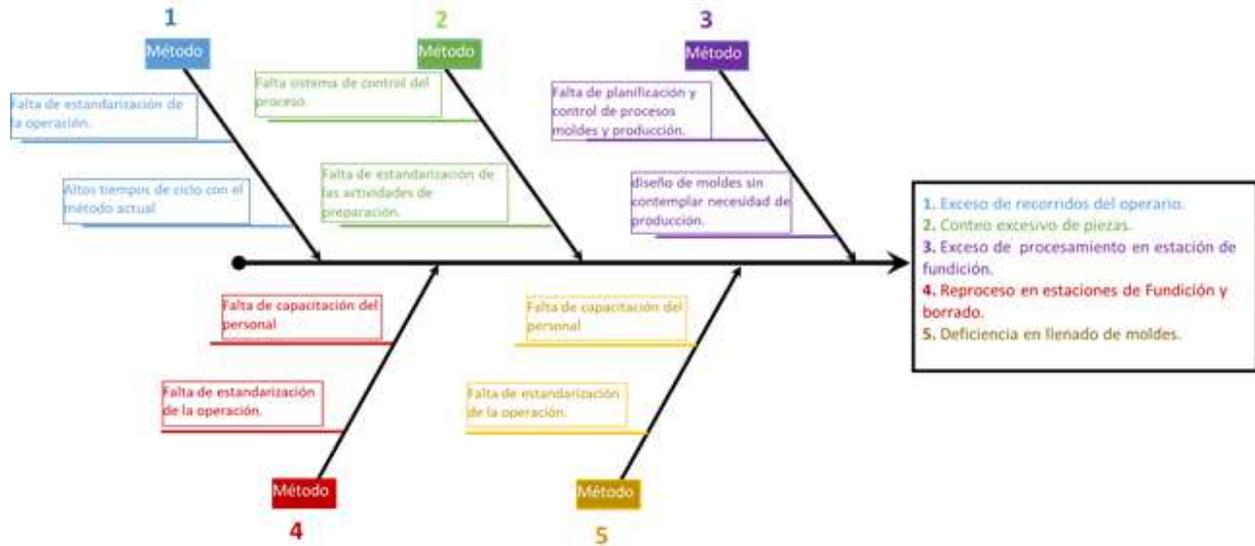
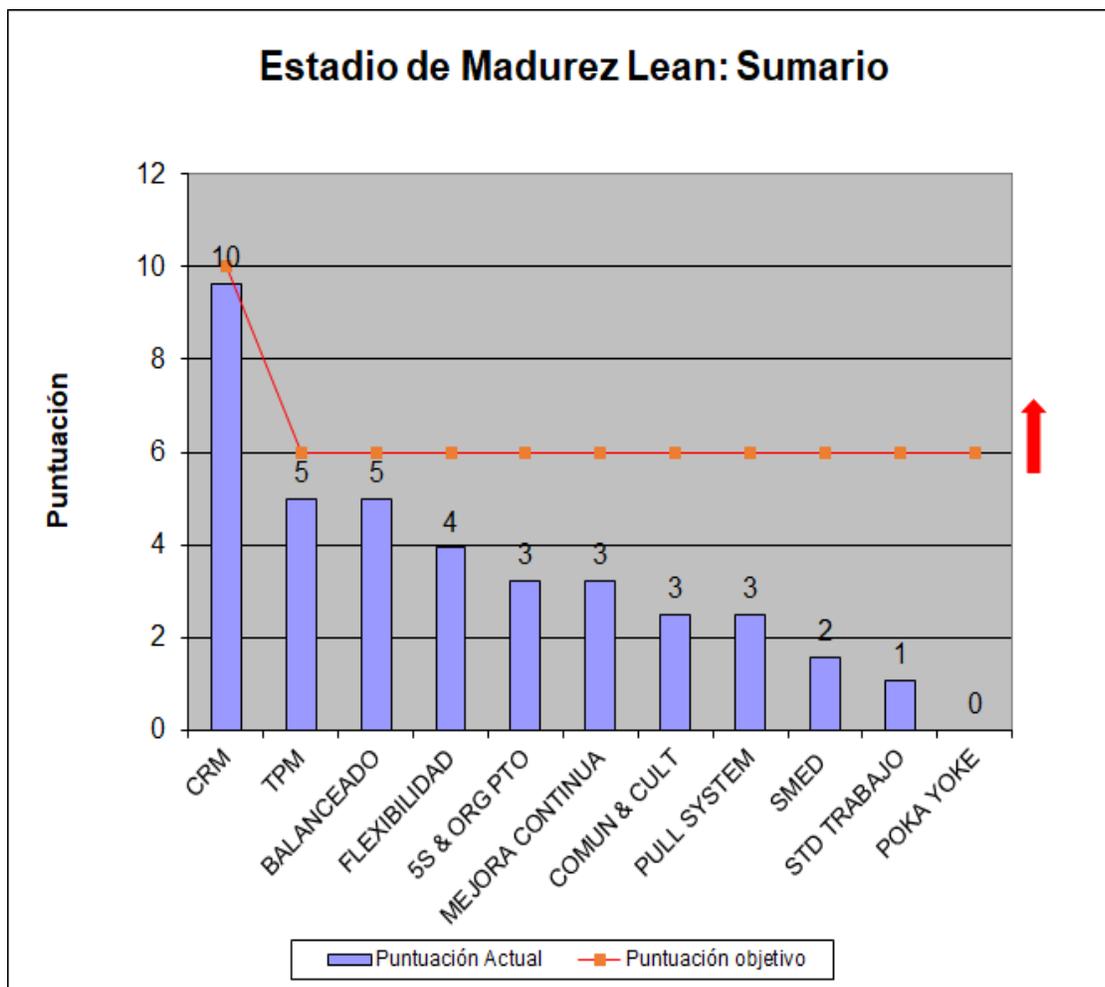


Figura 46. Diagrama Ishikawa. Autoría propia.

## 9 Propuesta

### 9.1 Indicador madurez lean

La evaluación de las herramientas nos muestra que la empresa tiene un nivel de transición hacia la madurez muy bajo con una puntuación total de 37 (suma de la puntuación corregida por herramienta), lo anterior demuestra que es una prioridad mejorar esta puntuación, el indicador que se plantea está basado en la puntuación total la cual se debe evaluar mensualmente y realizar seguimiento demostrando que mes a mes se presenta mejora en el indicador.



**Figura 47.** indicador Madurez Lean. Autoría propia.

### 9.2 Propuesta exceso de recorrido, SMED

Para mejorar la productividad en las estaciones de pegado y pintura se realizó como primera medida el análisis de recorridos de los operarios, posteriormente se aplican los

principios del SMED los cuales ayudarán a mejorar la situación actual, para ello se clasifican las tareas como internas y externas, posteriormente se analizan los tiempos de cada una de las actividades que componen los procesos de pegado y pintura con el fin de observar el comportamiento y asignar el peso porcentual de cada actividad.

Tabla 48.

*Tiempos estación de pegado.*

Pegante					
Ítem	Actividad	Inter	Exter	Tiempo (min)	% participación
1	Alistamiento de herramientas		X	4,9	3,5%
2	Preparación de pegante		X		
3	Montaje de piezas		X	21,6	15,6%
4	Engomar	X		106	76,4%
5	Pegado de cristales	X			
6	Verificación de calidad	X			
7	Horneado	X			
8	Limpieza de herramientas		X	6,3	4,5%
<b>Total</b>				<b>138,8</b>	<b>100,0%</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 49.

*Tiempos estación de pintura.*

Pintura					
Ítem	Actividad	Inter	Exter	Tiempo (min)	% participación
1	Alistamiento de herramientas		X	14,3	9,2%
2	Calentar pintura		X		
3	Preparación de pintura		X		
4	Montaje de piezas		X	12,7	8,1%
5	Proceso de pintura	X		120	76,9%
6	Verificación de calidad	X			
7	Horneado	X			
8	Limpieza de herramientas		X	9	5,8%
<b>Total</b>				<b>156</b>	<b>100,0%</b>

*Nota:* Autoría propia.

Las actividades que no generan valor agregado al cliente en el área de pegado representa un 23.6% del tiempo y en el área de pintura un 23.1%, para analizar los datos se calcula tiempo y costo de las actividades tipificadas como externas.

Tabla 50.

*Dimensionamiento de actividades pegado en tiempo y costo.*

Actividades externas pegado.						
Ítem	Actividad	Tiempos actividades externas por operario.			Tiempos actividades externas total operarios (10)	Costo minutos actividades externas
		Tiempo actividad	Promedio repetición de la actividad en un turno (por operario)	Tiempo total turno (Por operario)		
1	Alistamiento de herramientas	5 min	5	25 min	245 min	\$ 27.685 COP
2	Preparación de pegante					
3	Montaje de piezas	3 min	7	22 min	220 min	\$ 24.860 COP
8	Limpieza de herramientas	6 min	1	6 min	63 min	\$ 7.119 COP
<b>Total</b>		<b>14 min</b>	<b>N/A</b>	<b>53 min</b>	<b>528 min</b>	<b>\$ 59.664 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 51.

*Dimensionamiento de actividades pintura en tiempo y costo.*

Actividades externas Pintura.						
Ítem	Actividad	Tiempos actividades externas por operario.			Tiempos actividades externas total operarios (10)	Costo minutos actividades externas
		Tiempo actividad	Promedio repetición de la actividad en un turno (por operario)	Tiempo total turno (Por operario)		
1	Alistamiento de herramientas	14 min	5	72 min	715 min	\$ 80.795 COP
2	Preparación de pegante					
3	Montaje de piezas	3 min	5	13 min	130 min	\$ 14.690 COP
8	Limpieza de herramientas	9 min	1	9 min	90 min	\$ 10.170 COP
<b>Total</b>		<b>26 min</b>	<b>N/A</b>	<b>94 min</b>	<b>935 min</b>	<b>\$ 105.655 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

A los tiempos y costos expuestos en las anteriores figuras se le sumará los tiempos y costos de los recorridos los cuales se calcularon en el numeral 7.3.1 y posteriormente se dimensionan los recursos que demanda la situación actual.

Tabla 52.

*Total tiempo y costos proceso pegado.*

Pegado		
Actividad	Tiempo total turno	Costo total turno
Total actividades externas	528 min	\$ 59.664 COP
Total recorridos	28,8 min	\$ 3.254 COP
<b>TOTAL</b>	<b>557 min</b>	<b>\$ 62.918 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 53.

*Total tiempo y costos proceso pintura.*

Pintura		
Actividad	Tiempo total turno	Costo total turno
Total actividades externas	935 min	\$ 105.655 COP
Total recorridos	28,8 min	\$ 3.254 COP
<b>TOTAL</b>	<b>964 min</b>	<b>\$ 108.909 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

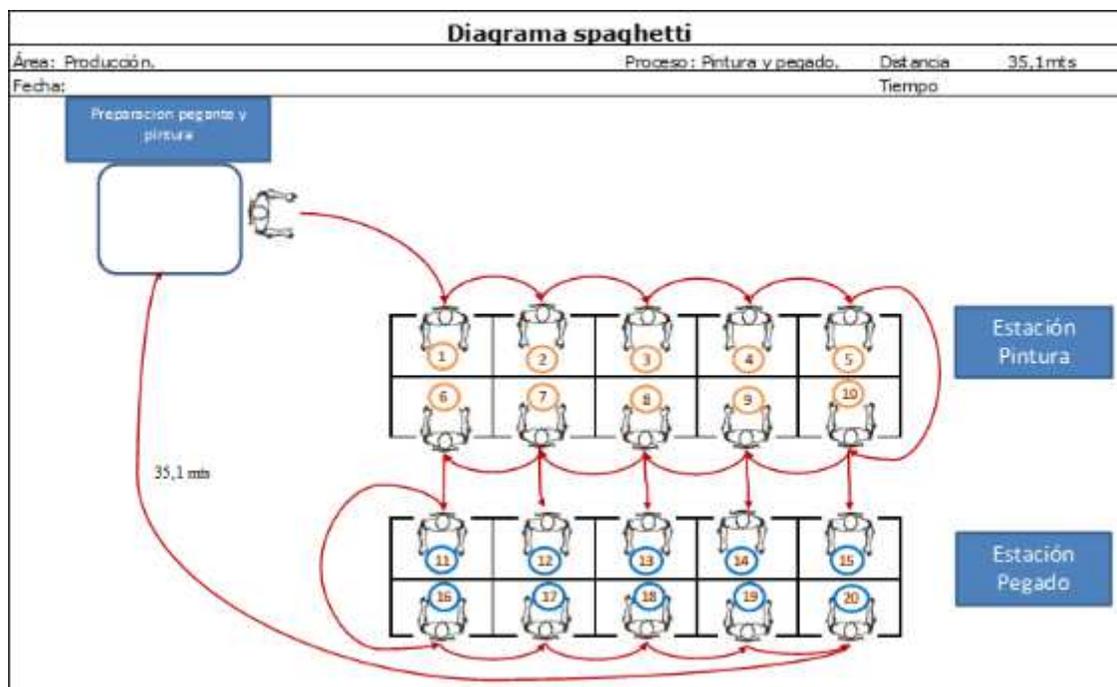
Tabla 54.

*Dimensionamiento total tiempo y costos pegado y pintura.*

Proceso	Tiempo total turno	Costo total turno
Pegado	557 min	\$ 62.918 COP
Pintura	964 min	\$ 108.909 COP
<b>Total turno</b>	<b>1.520,6 min</b>	<b>\$ 171.826 COP</b>
<b>Total mes</b>	<b>33.452,9 min</b>	<b>\$ 3.780.178 COP</b>
<b>Total año</b>	<b>401.434,9 min</b>	<b>\$ 45.362.141 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

La propuesta para mejorar la productividad de estos procesos es designar a dos auxiliares operativo (uno para el proceso de espumado y otro para preparación de pegante y pintura) para la ejecución de las tareas externas con el fin de contribuir a la reducción de desplazamientos y tiempos de la operación, en la figura 48 se observa los desplazamientos propuestos.



**Figura 48.** Diagrama spaghetti propuesto. Autoría propia.

Se calculan los tiempos y costos por recorrido, posteriormente se realiza el dimensionamiento en turno mes y año.

*Tabla 55.*

*costos totales recorridos turno.*

Operario	Distancia total recorrido (mts)	Tiempo total recorrido (seg)	Costo total recorrido (COP)
Total un recorrido	35,1 mts	49,1 seg	\$ 93 COP
<b>Total promedio recorridos (10) turno</b>	<b>351,0 mts</b>	<b>491,4</b>	<b>\$ 925 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

*Tabla 56.*

*Dimensionamiento tiempo y costos recorridos.*

Datos	Total turno	Total mes	Total año
<b>Distancia (mts)</b>	351,0 mts	7.722,0 mts	92.664,0 mts
<b>Tiempo (seg)</b>	491,4 seg	10.810,8 seg	129.729,6 seg
<b>Tiempo (min)</b>	8,2 min	180,2 min	2.162,2 min
<b>Costo seg Mano de obra (COP)</b>	\$ 925 COP	\$ 20.360 COP	\$ 244.324 COP

*Nota:* Autoría propia.

Luego se calculan los tiempos y costos asociados a las actividades externas designadas a los dos auxiliares operativos.

Tabla 57.

*Costos actividades externas área de pegado con propuesta.*

Actividades externas pegado SMED.				
Ítem	Actividad	Tiempos actividades externas SMED		
		Tiempo actividad	Promedio repetición de la actividad en un turno.	Tiempo total turno
1	Alistamiento de herramientas	6 min	10	60 min
2	Preparación de pegante			
3	Montaje de piezas	3 min	50	170 min
9	Entrega de material	13 min	5	67 min
8	Limpieza de herramientas	40 min	1	40 min
<b>Total</b>		<b>63 min</b>	<b>N/A</b>	<b>337 min</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 58.

*Costos actividades externas área de pintura con propuesta.*

Actividades externas Pintura SMED.				
Ítem	Actividad	Tiempos actividades externas SMED		
		Tiempo actividad	Promedio repetición de la actividad en un turno.	Tiempo total turno
1	Alistamiento de herramientas	15 min	10	150 min
2	Preparación de pegante			
3	Montaje de piezas	13 min	30	381 min
9	Entrega de material	13 min	5	67 min
8	Limpieza de herramientas	60 min	1	60 min
<b>Total</b>		<b>101 min</b>	<b>N/A</b>	<b>658 min</b>

*Nota:* Autoría propia.

A los tiempos y costos expuestos en las anteriores figuras se le suman los tiempos y costos de los recorridos y posteriormente se dimensionan los recursos que demanda la propuesta.

Tabla 59.

*Suma total actividades externas y recorridos en pegado según propuesta.*

Pegado SMED		
Actividad	Tiempo total turno	Costo total turno
Total actividades externas	337 min	\$ 38.025 COP
Total recorridos	4,1 min	\$ 463 COP
<b>TOTAL</b>	<b>341 min</b>	<b>\$ 38.487 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 60.

*Suma total actividades externas y recorridos en pintura según propuesta.*

Pintura SMED		
Actividad	Tiempo total turno	Costo total turno
Total actividades externas	658 min	\$ 74.298 COP
Total recorridos	4,1 min	\$ 463 COP
<b>TOTAL</b>	<b>662 min</b>	<b>\$ 74.760 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 61.

*Dimensionamiento de tiempos y costos totales.*

Proceso	Tiempo total turno	Costo total turno
Pegado	340,6 min	\$ 38.487 COP
Pintura	661,6 min	\$ 74.760 COP
<b>Total turno</b>	<b>1.002,2 min</b>	<b>\$ 113.247 COP</b>
<b>Total mes</b>	<b>22.048,2 min</b>	<b>\$ 2.491.444 COP</b>
<b>Total año</b>	<b>264.578,2 min</b>	<b>\$ 29.897.332 COP</b>

*Nota:* Autoría propia.

### 9.3 Propuesta conteo excesivo de piezas

La principal causa de este desperdicio es la falta de un método de control de las unidades que se procesan, para ello se propone el manejo de tarjetas o tableros visuales (Kanban) que faciliten el registro y seguimiento de las unidades.

Fecha OP: _____				
Código: _____				
Descripción: _____				
Conteo fundición: _____		Responsable Recibido: _____		
Conteo corte: _____		Responsable Recibido: _____		
Conteo empaque: _____		Responsable Recibido: _____		
Novedades:				
Ítem	Nombre del proceso	Salida	Saldo	Firma responsable
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Figura 49.** Tarjeta seguimiento lote de producción. Autoría propia.

Como se evidencia en la figura anterior se tienen 3 puntos de control donde se realizará la verificación de unidades, estos puntos de control corresponden a los procesos de fundición, corte y empaque, donde los líderes de la operación dejan constancia de las unidades recibidas, adicional si en los demás procesos se tiene alguna novedad debe quedar registro en el área de “Novedades”.

Con sólo 3 puntos de conteo y control se obtienen los siguientes resultados en cuanto a tiempo y costos de la operación.

Tabla 62.

*Puntos de control.*

Proceso	Tiempo conteo	Sistema conteo
Fundición	0,5 seg	Bascula/Manual
Corte	0,5 seg	Manual
Empaque	0,5 seg	Manual
<b>Total</b>	<b>1,1 seg</b>	

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 63.

*Tiempos y costos por pieza.*

Piezas	Tiempo total de conteo	Costo conteo
1	1,1 seg	\$ 2,1 COP

*Nota:* Autoría propia.

Se toman las observaciones del numeral 7.3.2 y se calculan los costos con el método propuesto y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 64.

*Tiempos y costos con método propuesto.*

Observacion	Unidades solicitadas	Tiempo total de conteo	Costo conteo
1	10.103	11.113,3 seg	\$ 20.930,0
2	17.340	19.074,0 seg	\$ 35.922,7
3	12.567	13.823,7 seg	\$ 26.034,6
4	14.014	15.415,4 seg	\$ 29.032,3
5	16.940	18.634,0 seg	\$ 35.094,0
6	16.745	18.419,5 seg	\$ 34.690,1
<b>Promedio</b>	<b>12.530</b>	<b>13.782,8 seg</b>	<b>\$ 25.957,7</b>

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 65.

*Dimensionamiento de costos y tiempos del método propuesto.*

Datos	Total turno	Total mes	Total año
Tiempo (seg)	13.783 seg	303.223 seg	3.638.670,5 seg
Tiempo (min)	229,7 min	5.053,7 min	60.644,5 min
Costos	\$ 25.958 COP	\$ 571.069 COP	\$ 6.852.829 COP

Nota: Autoría propia.

#### 9.4 Propuesta exceso de procesamiento estación de fundición (estandarización de proceso y planificación de producción)

El formato actual para la programación de moldes no contempla el stock de seguridad del área de producción (35% con flexibilidad, del estimado), en la figura 50. se evidencia el formato actual.

FECHA	CAMPAÑA	CODIGO SID	CODIGO SAP	REFERENCIA	NOMBRE PARTE	MATERIAL	NECESIDAD	CANT X UN	CANTIDAD MOELOS	PRIMERA PROGRAMACION MOLDE 1
22-ago-19	201914	655606	4004669	ESTUCHE NINA VIRGENCITA	DIJE COLLAR VIRGENCITA	ZA	623	1	7	
22-ago-19	201914	655606	4004669	ESTUCHE NINA VIRGENCITA	TOPO BOLITA	ZA	623	2	14	
22-ago-19	201914	724823	4004655	ARETES CORTOS VIRGEN DEL CARMEN	TOPO FUNDIDO 6 MM	ZA	1429	2	24	
22-ago-19	201914	724823	4004655	ARETES CORTOS VIRGEN DEL CARMEN	DIJE ARETES VIRGEN	ZA	1429	2	24	
22-ago-19	201914	541002	4004666	COLLAR VIRGEN DEL CARMEN	DIJE COLLAR VIRGEN	ZA	132	1	3	
22-ago-19	201914	712155	4004667	DENARIO VIRGEN DEL CARMEN	DIJE VIRGEN	ZA	541	1	6	
22-ago-19	201914	479052	4004662	CANDONGAS GIORGIA	CANDONGAS	ZA	605	2	14	
22-ago-19	201914	944273	4004675	PULSERA BRISAS	DIJE CONCHITA	ZA	397	1	4	
22-ago-19	201914	722164	4004654	ARETES CORTOS CONCHA	DIJE ARETES CONCHA	ZA	662	2	14	
22-ago-19	201914	984436	4004661	ARETES SUPER PRIM	ARETES	ZA	1411	2	14	

**Figura 50.** Formato actual programación moldes. Autoría propia.

El formato actual de programación de producción no contaba con seguimiento de resultados y adicional no presenta relación directa con formato de planeación de moldes ocasionando descontrol del proceso.

Campana 201914					35%	INV	20/09/2019	23/09/2020	24/09/2021
CODIGO SAP	CODIGO	DESCRIPCION	CLASE	ESTIMADO					
suma					15694	0	0	0	
4004722	966254	ANILLO CAMI T-7	42	430	151	-			
4004723	765180	ANILLO CAMI T-8	42	527	184	-			
4004724	386139	ANILLO CAMI T-9	42	527	184	-			
4004725	382928	ANILLO CARDI T-7	42	16	6	-			
4004726	687032	ANILLO CARDI T-8	42	15	5	-			
4004727	109893	ANILLO CARDI T-9	42	15	5	-			
4004728	605525	ANILLO CASSANDRA T-7	42	143	50	-			
4004729	528783	ANILLO CASSANDRA T-8	42	208	73	-			
4004730	415971	ANILLO CASSANDRA T-9	42	203	71	-			

Figura 51. Formato actual programación producción. Autoría propia.

Como propuesta se desarrolla un formato formulado estándar unificando la programación de moldes y producción y teniendo en cuenta las necesidades puntuales de cada proceso asegurando armonía en los datos y programaciones realizadas.

Nota: las celdas en color distinto a blanco son celdas formuladas para calcular los datos de forma automática.

Articulo	Fecha	Campana	Cod SID	Cod SAP	Referencia	Nombre Parte	Material	Estimado	Pza x und de venta	Tipo	Total Pza	35%	# Cav	Id inicial	Id Final	Σ Cav
ESTUCHE NINA V	22-ago-19	201914	655606	4004669	ESTUCHE NINA V	DUE COLLAR VIR	ZA	623	2	ESTUCHE	623	218	2	Molde 1		17
ESTUCHE NINA V	22-ago-19	201914	655606	4004669	ESTUCHE NINA V	DUE COLLAR VIR	ZA	623	2	ESTUCHE	1246	436	4	Molde 1		17
ARETES CORTOS	22-ago-19	201914	724823	4004655	ARETES CORTOS	DUE VIRSE	ZA	1429	2	ARETES	2858	1000	10	Molde 1		17
ARETES CORTOS	22-ago-19	201914	724823	4004655	ARETES CORTOS	DUE VIRSE	ZA	1429	2	ARETES	2858	1000	10	Molde 2		17
DENAIRO VIRSE	22-ago-19	201914	721155	4004667	DENAIRO VIRSE	DUE VIRSE	ZA	544	1	NO COMUN	541	189	2	Molde 7		18
CANDONGAS GI	22-ago-19	201914	479052	4004662	CANDONGAS GI	CANDONGAS	ZA	605	2	NO COMUN	1210	424	4	Molde 7		18
PULSERA BRASAS	22-ago-19	201914	944273	4004675	PULSERA BRASAS	DUE VIRSE	ZA	397	1	PULSERA	397	139	1	Molde 1		17
ARETES CORTOS	22-ago-19	201914	721264	4004654	ARETES CORTOS	DUE VIRSE	ZA	662	2	ARETES	1324	463	5	Molde 5		17
ARETES SUPER PI	22-ago-19	201914	984436	4004661	ARETES SUPER PI	DUE VIRSE	ZA	1911	2	ARETES	2822	988	10	Molde 3		17
ESTUCHE YENNY	22-ago-19	201914	893977	4004674	ESTUCHE YENNY	ARETES TOPO G	ZA	1052	2	ESTUCHE	2104	736	7	Molde 2		17
ESTUCHE YENNY	22-ago-19	201914	893977	4004674	ESTUCHE YENNY	ARETES TOPO G	ZA	1052	1	ESTUCHE	1052	368	4	Molde 6		16
ARETES LARGOS	22-ago-19	201914	791145	4004658	ARETES LARGOS	DUE VIRSE	ZA	1228	2	ARETES	2456	860	9	Molde 4		16
ESTUCHE KATE F	22-ago-19	201914	281640	4004668	ESTUCHE KATE F	DUE VIRSE	ZA	724	2	ESTUCHE	1448	507	5	Molde 5		17
ARETES LARGOS	22-ago-19	201914	342696	4004657	ARETES LARGOS	FUNDICION FLO	ZA	434	2	ARETES	868	304	3	Molde 6		19
ARETES LARGOS	22-ago-19	201914	342696	4004657	ARETES LARGOS	FUNDICION MEZ	ZA	434	2	ARETES	868	304	3	Molde 7		18
ARETES LARGOS	22-ago-19	201914	117506	4004659	ARETES LARGOS	FUNDICION PAR	ZA	1281	2	ARETES	2562	904	9	Molde 6		16
SET X3 ARE	27-ago-19	201915	218825	4004748	SET X3 ARE	ARETES ESPERA	ZA	957	2	ARETES	1914	670	7	Molde 2		17
SET X3 ARE	27-ago-19	201915	218825	4004748	SET X3 ARE	ARETES PERLA PE	ZA	957	2	ARETES	1914	670	7	Molde 4		16
SET X3 ARE	27-ago-19	201915	218825	4004748	SET X3 ARE	ARETES CRISTAL	ZA	957	2	ARETES	1914	670	7	Molde 5		17
COLLAR AR	27-ago-19	201915	757561	4004759	COLLAR AR	DUE CAMPANA	ZA	869	1	COLLAR	869	304	3	Molde 7		18
COLLAR AR	27-ago-19	201915	757561	4004759	COLLAR AR	DUE CRISTAL	ZA	869	1	COLLAR	869	304	3	Molde 7		18
COLLAR AR	27-ago-19	201915	757561	4004759	COLLAR AR	DUE PERLA PEGA	ZA	869	1	COLLAR	869	304	3	Molde 7		18
ARETA CAMI	27-ago-19	201915	757561	4004759	ARETA CAMI	ARETE TOPO	ZA	1120	1	NO COMUN	1120	396	4	Molde 7		18
ESTUCHE T	27-ago-19	201915	757561	4004759	ESTUCHE T	TUCHE FRESN	ZA	1460	1	ESTUCHE	1460	511	5	Molde 1		0
ESTUCHE T	27-ago-19	201915	757561	4004759	ESTUCHE T	ARETE TOPO CO	ZA	1460	2	ESTUCHE	2920	1022	10	Molde 2		0
ARETES LARGOS	27-ago-19	201915	218825	4004748	ARETES LARGOS	ARETES BOTON	ZA	730	2	ARETES	1460	511	5	Molde 5		0
PULSERA JENE	27-ago-19	201915	757561	4004759	PULSERA JENE	DUE PULSERA	ZA	320	1	PULSERA	320	112	1	Molde 6		0

Figura 52. propuesta formato formulado programación moldes. Autoría propia.

Campaña	Codigo SID	Codigo SAP	Referencia	Nombre Parte	Material	Estima	Pza x und de venta	Tipo	Estimado total piezas	35%	Molde	Cavidades molde/referen	Cavidades molde	Capacidad	Cumplimiento 35%	%
201914	655606	4004669	ESTUCHE NINA VIRGENCITA	DIJE COLLAR VIRGENCITA	ZA	623	1	ESTUCHE	623	218	Molde 1	2	17	200	32%	92%
201914	655606	4004669	ESTUCHE NINA VIRGENCITA	DIJE COLLAR VIRGENCITA	ZA	623	2	ESTUCHE	1246	436	Molde 1	4	17	400	32%	92%
201914	724823	4004655	ARETES CORTOS VIRGEN DEL	ARETES CORTOS VIRGEN DEL CARMEN_TOPO FUNDIDO 6 MM	ZA	1429	2	ARETES	2858	1000	Molde 1	10	17	1000	35%	100%
201914	724823	4004655	ARETES CORTOS VIRGEN DEL	ARETES CORTOS VIRGEN DEL CARMEN_TOPO FUNDIDO 6 MM	ZA	1429	2	ARETES	2858	1000	Molde 2	10	17	1000	35%	100%
201914	712155	4004667	DENARIO VIRGEN DEL CARM	DENARIO VIRGEN DEL CARMEN_TOPO FUNDIDO 6 MM	ZA	541	1	NO COMUN	541	189	Molde 7	2	18	200	37%	106%
201914	479052	4004662	CANDONGAS GI	CANDONGAS GIORGIA_TOPO ARETES	ZA	608	2	NO COMUN	1210	424	Molde 7	4	18	400	33%	94%
201914	944273	4004675	PULSERA BRISAS	PULSERA BRISAS_DIJE CONCHITA	ZA	397	1	PULSERA	397	139	Molde 1	1	17	100	25%	72%
201914	722164	4004654	ARETES CORTOS	ARETES CORTOS VIRGEN DEL CARMEN_TOPO FUNDIDO 6 MM	ZA	662	2	ARETES	1324	463	Molde 5	5	17	500	38%	108%
201914	984436	4004661	ARETES SUPER P	ARETES SUPER PRIM_ARETES	ZA	1411	2	ARETES	2822	988	Molde 3	10	17	1000	35%	101%
201914	893977	4004674	ESTUCHE YENNY	ESTUCHE YENNY_ARETES TOPO O POSTE	ZA	1052	2	ESTUCHE	2104	736	Molde 2	7	17	700	33%	95%
201914	893977	4004674	ESTUCHE YENNY	ESTUCHE YENNY_ARETES TOPO O POSTE	ZA	1052	1	ESTUCHE	1052	368		3	16	400	38%	109%
201914	791145	4004658	ARETES LARGOS	ARETES LARGOS MONICA_FUNDICION PARTE CENTRAL Y BAJA	ZA	1228	2	ARETES	2456	878		16	900	37%	105%	
201914	281640	4004668	ESTUCHE KATE PEARL	FUNDICION CANDONGAS	ZA	724	2	ESTUCHE	1448	514		17	500	35%	99%	
201914	342696	4004657	ARETES LARGOS FLOR DE LIZ	FUNDICION FLOR	ZA	434	2	ARETES	868	308		16	300	35%	99%	
201914	342696	4004657	ARETES LARGOS FLOR DE LIZ	FUNDICION MEDIA LUNA	ZA	434	2	ARETES	868	308		16	300	35%	98%	
201914	117506	4004659	ARETES LARGOS MONICA	FUNDICION PARTE CENTRAL Y BAJA	ZA	1291	2	ARETES	2582	914		16	900	35%	100%	
201914	961753	4004679	SET X3 ARETES ARIADNNA	ARETES ESFERA	ZA	957	2	ARETES	1914	670		17	700	37%	104%	
201914	961753	4004679	SET X3 ARETES ARIADNNA	ARETES PERLA PEGAR	ZA	957	2	ARETES	1914	670	Molde 4	7	16	700	37%	104%
201914	961753	4004679	SET X3 ARETES ARIADNNA	ARETES CRISTAL	ZA	957	2	ARETES	1914	670	Molde 5	7	17	700	37%	104%
201914	240606	4004664	COLLAR ARIADNNA	DIJE CAMPANA	ZA	869	3	ARETES	2607	936	Molde 7	3	18	300	35%	99%
201914	240606	4004664	COLLAR ARIADNNA	DIJE CRISTAL	ZA	869	3	ARETES	2607	936	Molde 7	3	18	300	35%	98%
201914	240606	4004664	COLLAR ARIADNNA	DIJE PERLA PEGAR	ZA	869	3	ARETES	2607	936	Molde 7	3	18	300	35%	98%
														Promedio	35%	99%

Figura 53. propuesta formato formulado seguimiento de programación moldes. Autoría propia.

Campaña	201914
<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Suma de Capacidad</b>
<b>Molde 1</b>	<b>1700</b>
ARETES CORTOS VIRGEN DEL CARMEN_TOPO FUNDIDO 6 MM	1000
ESTUCHE NINA VIRGENCITA_DIJE COLLAR VIRGENCITA	200
ESTUCHE NINA VIRGENCITA_TOPO BOLITA	400
PULSERA BRISAS_DIJE CONCHITA	100
<b>Molde 2</b>	<b>1700</b>
ARETES CORTOS VIRGEN DEL CARMEN_DIJE ARETES VIRGEN	1000
ESTUCHE YENNY_ARETES TOPO O POSTE	700
<b>Molde 3</b>	<b>1700</b>
ARETES SUPER PRIM_ARETES	1000
SET X3 ARETES ARIADNNA_ARETES ESFERA	700
<b>Molde 4</b>	<b>1600</b>
ARETES LARGOS GIORGIA_TOPO ARETES	900
SET X3 ARETES ARIADNNA_ARETES PERLA PEGAR	700
<b>Molde 5</b>	<b>1700</b>
ARETES CORTOS CONCHA_DIJE ARETES CONCHA	500
ESTUCHE KATE PEARL_FUNDICION CANDONGAS	500
SET X3 ARETES ARIADNNA_ARETES CRISTAL	700
<b>Molde 6</b>	<b>1600</b>
ARETES LARGOS FLOR DE LIZ_FUNDICION FLOR	300
ARETES LARGOS MONICA_FUNDICION PARTE CENTRAL Y BAJA	900
ESTUCHE YENNY_DIJE COLLAR	400
<b>Molde 7</b>	<b>1800</b>
ARETES LARGOS FLOR DE LIZ_FUNDICION MEDIA LUNA	300
CANDONGAS GIORGIA_CANDONGAS	400
COLLAR ARIADNNA_DIJE CAMPANA	300
COLLAR ARIADNNA_DIJE CRISTAL	300
COLLAR ARIADNNA_DIJE PERLA PEGAR	300
DENARIO VIRGEN DEL CARMEN_DIJE VIRGEN	200
<b>Total general</b>	<b>11800</b>

Figura 54. Tabla dinámica seguimiento capacidad moldes y referencias asignadas. Autoría propia.



Figura 55, posteriormente se evaluaron los resultados figura 57 y se calcularon costos (tabla 66 y 67).

Tabla 66.

*Prueba piloto propuesta.*

Observación de moldes # 1 Propuesta.								
Molde	Total de cavidades en el molde	Cavidades sin tapar	Cavidades tapadas	Capacidad utilizada del molde	Piezas realizadas en el turno	Veces que se utilizo el molde en el turno	Veces que se utilizaría el molde si se usaran todas las cavidades	Utilizaciones adicionales del molde
1	17	17	0	100,00%	510	30	30	0
2	17	17	0	100,00%	850	50	50	0
3	17	17	0	100,00%	1700	100	100	0
4	16	16	0	100,00%	800	50	50	0
5	17	17	0	100,00%	170	10	10	0
Suma	84	84	0	5	4030	240	240	0
Promedios	17	17	0	1	806	48	48	0

*Nota:* Autoría propia.

Tabla 67.

*Tiempo y costos pruebas adicionales.*

Observación de moldes #4			
Molde	Utilizaciones adicionales del molde	Tiempo por utilizaciones adicionales del molde	Costo por utilizaciones adicionales del molde
1	0	0 seg	\$ 0 COP
2	0	0 seg	\$ 0 COP
3	0	0 seg	\$ 0 COP
4	0	0 seg	\$ 0 COP
5	0	0 seg	\$ 0 COP
Total	0,0	0 seg	\$ 0 COP

*Nota:* Autoría propia.

Adicional se propone la implementación de un diagrama de flujo del proceso donde se identifiquen las etapas de planeación y se asignen responsables, con este diagrama se pueden implementar auditorias de registro y cumplimiento del proceso, a continuación, se evidencia el diagrama propuesto.

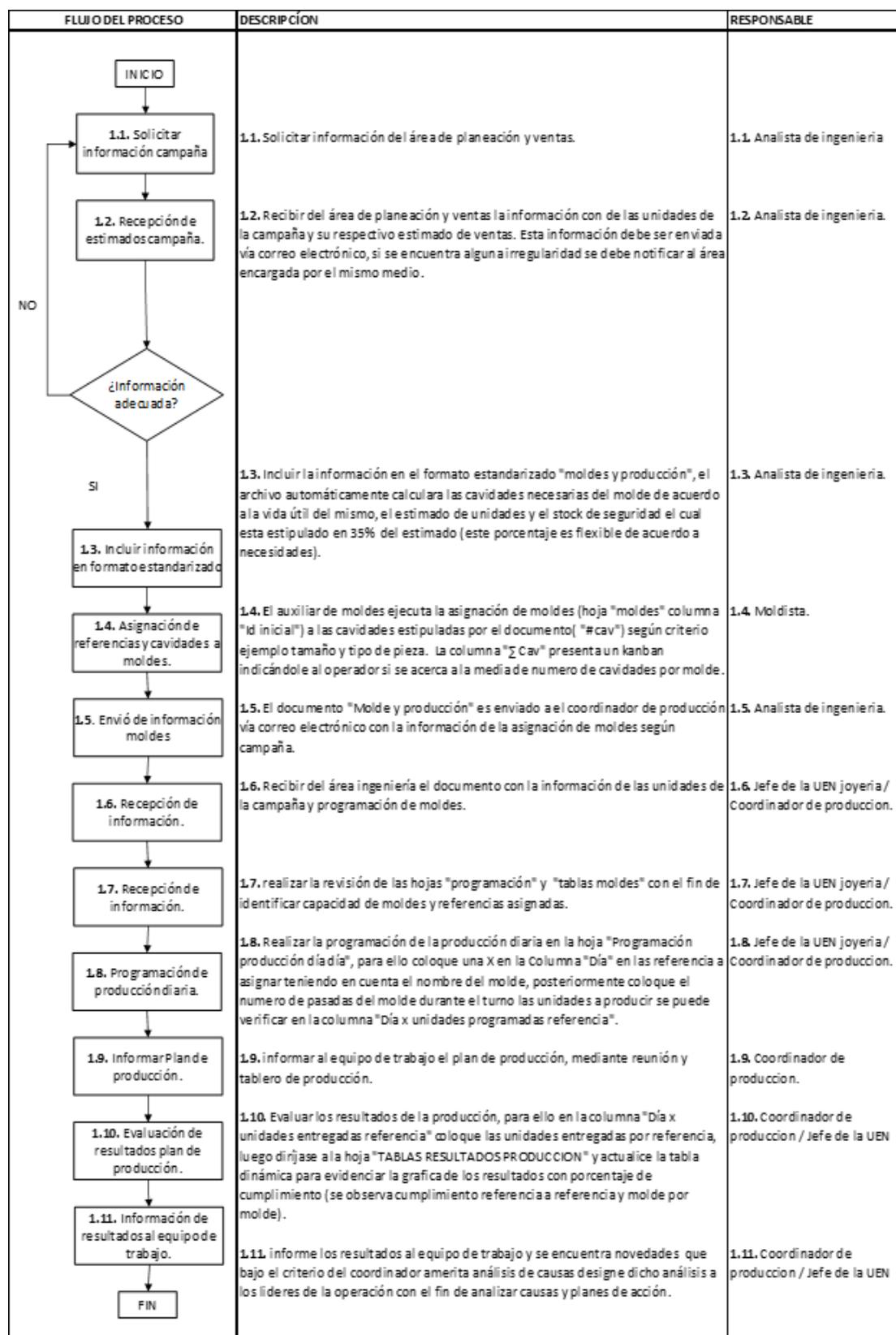


Figura 57. Diagrama de flujo del proceso. Autoría propia.

## **9.5 Propuesta reproceso estación de fundición y borrado**

La propuesta para esta muda está basada en la estandarización del proceso de fundición, para ello se propone como primera medida la hoja de trabajo estándar JES que sirve como soporte de la operación para el auxiliar operativo, esta herramienta permite que la operación se lleve a cabo como se indica evitando problemas dentro de la misma y así se disminuyen los problemas de calidad y productividad ocasionados por una mala aplicación de la operación.

		<p style="text-align: center;"><b>PROCESO DE FUNDICION</b></p>			FECHA: 10/10/2019				
					VERSIÓN: 0				
<b>HOJA DE ELEMENTOS DE TRABAJO</b>				Artículo	Consecutivo		N° Registro		
				JOYERIA	1 DE	3	Dup-P- JES -001		
<b>Fundicion</b> Básico: <input type="radio"/> Opción: <input type="radio"/>		<b>Símbolos:</b> Seguridad del Operador 		Chequeo de calidad 		Proceso Crítico 		Realizado por: Equipo Multidisciplinario	
    		Simb.	Paso	Paso Principal (Qué?)	Punto Importante (Cómo?)	Razón (Por qué?)			
		<input type="radio"/>	1	Pre calentamiento moldes.	1,1 El horno se enciende automáticamente a 50°C ½ hora antes de que se inicie la producción, asegurando que al inicio de la jornada los moldes ya tengan la temperatura adecuada	1,1 temperatura adecuada del molde, un molde frío produce huecos, poros, lluviosidad y falta de			
			2	Lingotear material	2,1 1 hora antes de finalizar el turno el Auxiliar operativo de fundicion debe lingotear el material, primero acerca la mesa de lingotear a 30cm del crisol, ubica las lingoteras en la mesa, luego toma el material fundido con la cuchara y lo vierte en la lingotera hasta terminar el material fundido del crisol. Luego de ello se dejan los lingotes en la olla de fundicion garantizando el 50% material nuevo 50% material reciclado.	2,1 Para retirar el material de la maquina y evitar contaminación de material y daños en las			
			3	Pre calentamiento de el material zamak	3.1 La maquina de fundicion se enciende automáticamente 4 horas antes del inicio de la producción con un temperatura de 600°C , asegurando que al inicio de la produccion el material tenga la temperatura adecuada	3,1 Para asegurar las condiciones optimas del material y evitar falta de llenado por baja temperatura y poros o lluviosidad por alta temperatura			
			4	Purificacion del metal	4.1 Se vierte media cucharada de la sal purificante al material fundido del crisol, se tapa la olla del crisol mientras se termina de diluir la sal en el material fundido para evitar accidentes, luego se mezcla con la cuchara de forma circular para garantizar que la sal purificante quede bien diluida, luego toma la cuchara numero 2 y se empieza a sacar todo el material sobrante de la olla, ( tierra e impurezas) . Se debe purificar 2 veces en el turno	4.1 Este proceso se hace para limpiar el material de tierra sobrante o impurezas añadidas al mismo , el material con mucha impureza genera problemas de calidad en la pieza, como poro entre otros			
				Nota: al finalizar la jornada se deben introducir los moldes que se van a trabajar el dia siguiente para garantizar la adecuacion de temperatura.					
				Nota: Tener en cuenta que este proceso es de tipo Critico donde se deben garantizar la seguridad del auxiliar operativo, por ello es necesario Garantizar la utilizacion de todos los elementos de proteccion del auxiliar operativo.					
				Nota: Se recomienda una temperatura de 450°C para las piezas lisas o combinadas, grandes o medianas y para las piezas con textura pequeña 500°C					
				Nota: Tener en cuenta que este proceso es de tipo Critico donde se deben garantizar la seguridad del auxiliar operativo, por ello es necesario Garantizar la utilizacion de todos los elementos de proteccion del auxiliar operativo.					

Figura 58. JES proceso de fundición (1 de 3). Autoría propia.