

2022

MEJORA EN PROCESO DE FABRICACION DE PIEZAS EN EMPRESA FLOWSERVE CHILE SPA

BARRERA PEREZ, KATHERINE CECILIA

<https://hdl.handle.net/11673/54040>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR- JOSE MIGUEL CARRERA

**“MEJORA EN PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIEZAS EN EMPRESA
FLOWSERVE CHILE SPA”**

Trabajo de Titulación para optar al título
de Ingeniería de Ejecución en

**MECÁNICA DE PROCESOS Y
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Alumno:

Katherine Barrera Pérez

Profesor Guía:

Ing. Alejandro Badilla Bello

2022

RESUMEN

KEYWORDS: MEJORA CONTINUA, FABRICACIÓN, PROCESO.

La presente memoria tiene por objetivo disminuir el costo de las pérdidas producidas por concepto de defectos generados en una empresa del rubro minero en el año 2018; área de operaciones, en el proceso de fabricación de partes; empleando para ello la metodología DMAIC y llevar a cabo el proyecto durante el año 2019. Se comienza con la identificación de la problemática como fundamento para aplicación de la metodología implementar. Posterior a ello se describe el proceso productivo, las etapas y equipos empleados en la fabricación de partes. Continuando con las etapas de definir, medir, analizar, mejorar y controlar del proceso a mejorar.

En la etapa definir se identifica el problema en el proceso de fabricación de partes, el cual recae principalmente en el proceso de mecanizado, ya sea por error humano, maquinaria u especificaciones no logradas, incurriendo en más material del requerido realmente, tiempos productivos y costos asociados.

En la etapa medir se describe el método empleado en la toma de datos, se selecciona el tipo de análisis a realizar y se utilizan tablas de control para interpretar los datos obtenidos. También se identifican variables críticas en el proceso detectando otros factores que pudiesen afectar el objetivo de no generar defectos.

Continuando con la etapa analizar, se trabaja en conjunto con todos los integrantes que conforman este proyecto más múltiples colaboradores de planta que pueden aportar con una visión interna y experimentada. Se construye un diagrama de Ishikawa que permite identificar diversos factores que contribuyen a la problemática en cuestión.

En la etapa mejorar se realizan varias propuestas para cada una de las problemáticas detectadas en la fase anterior y se llevan a cabo. Junto con ello se jerarquizan de manera de optimizar los recursos, dándole prioridad a las soluciones que tengan un mayor impacto utilizando un menor esfuerzo.

En la etapa controlar se propone el uso de gráficas de control y la utilización de una planilla de seguimiento, la que permite detectar y mantener información actualizada de operadores que produzcan exceso de material.

Finalmente se evidencia el impacto económico y operacional, como también el ahorro generado después de la implementación de la metodología sobre el proceso de fabricación de partes, obteniendo como resultado el cumplimiento de los objetivos propuestos y la reducción de defectos en cantidad y costos obteniendo una ganancia por sobre las expectativas del proyecto.

ÍNDICE

RESUMEN

NOMENCLATURA

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPÍTULO 1: CONTEXTO OPERACIONAL	3
1. Antecedentes generales de la empresa.	4
1.1. Ubicación	5
1.2. Organigrama	6
1.3. Propósitos y valores	8
1.4. Política de calidad	10
1.5. Certificación ISO 9001:2015	11
1.6. Proceso de producción	12
1.7. Descripción de la problemática.	13
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA.....	15
2.1. Etapas y equipos del proceso	16
2.1.1 Corte materia prima	17
2.1.2 Torneado/Fresado manual o CNC	17
2.1.3 Desbarbado	19
2.1.4 Marcado	20
2.2. Estudio de la problemática	21
2.2.1 Selección de la metodología	24
2.3. Metodología aplicable al proceso de fabricación	25
2.3.1 DMAIC	25
2.3.1.1 Definir	26
2.3.1.2 Medir	26
2.3.1.3 Analizar	27
2.3.1.4 Mejorar.....	27
2.3.1.5 Controlar	28
CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA DMAIC	29
3.1 Análisis del problema	30
3.1.1 Definir	30
3.1.2 Medir	32
3.1.3 Analizar	33
3.1.4 Mejorar.....	35
3.1.5 Controlar	40

3.2 Identificación de costos 42

3.3 Costo de la implementación 43

3.4 Ahorro generado..... 45

Conclusiones de la mejora implementada 47

Bibliografía.....48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Logo corporativo	4
Figura 1-2. Centro de servicio Renca, Santiago	5
Figura 1-3. Planta de manufactura, QRC Santiago	5
Figura 1-4. Organigrama Flowserve Chile.....	6
Figura 1-5. Propósito, valores y compromisos de Flowserve	8
Figura 1-6. Workshop valores y compromisos Flowserve.....	9
Figura 1-7. Política de calidad.....	10
Figura 1-8. Certificado de aprobación ISO9001:2015.....	11
Figura 1-9. Diagrama de proceso de manufactura de partes	12
Figura 1-10. Riesgos y controles proceso de manufactura de partes	12
Figura 1-11. Piezas defectuosas Scrap	13
Figura 2-1. Área de control de calidad	16
Figura 2-2. Sierra de banda horizontal	17
Figura 2-3. Torno convencional de 3[m] de volteo	18
Figura 2-4. Centro de mecanizado CNC MAZAK	18
Figura 2-5. Cabina de desbarbado	19
Figura 2-6. Zona de marcaje de piezas	20
Figura 2-7. Data histórica de defectos scrap año 2018	21
Figura 2-8. Detalle de piezas Scrap 2018	22
Figura 2-9. Plataforma interna IntellaQuest	22
Figura 2-10. Ejemplo de no conformidad	23
Figura 2-11. Mejoramiento continuo Kaizen	23
Figura 2-12. Kaizen operadores manufactura año 2019	24
Figura 2-13. Ciclo DMAIC – Mejora continua de procesos	25
Figura 3-1. Project charter corporativo	30
Figura 3-2. Diagrama de pareto de productos defectuosos	31
Figura 3-3. Registro de productividad área de manufactura	32
Figura 3-4. Reporte de no conformidades SCRAP 2019	33
Figura 3-5. Diagrama de Ishikawa para productos defectuosos.....	33
Figura 3-6. Registro de acuerdos para proyecto scrap 2019	34
Figura 3-7. Soluciones propuestas proyecto scrap 2019	35
Figura 3-8. Capacitación centro de mecanizado MAZAK	36
Figura 3-9. Programa de capacitación centro mecanizado MAZAK	37
Figura 3-10. Capacitación metrología dimensional e interpretación de planos.	38
Figura 3-11. Descriptor de capacitación metrología dimensional.....	38

Figura 3-12. Kaizen en puestos de trabajo 39

Figura 3-13. Programa de cero defectos Flowserve 40

Figura 3-14. Informe control dimensional 41

Figura 3-15. Ejemplo de Reporte de horas Scrap..... 41

Figura 3-16. Costo hora hombre manufactura de partes 42

Figura 3-17. Costo hora hombre operaciones 42

Figura 3-18. Detalle de costos de implementación DMAIC 43

Figura 3-19. Detalle de costos de implementación DMAIC 44

Figura 3-20. Detalle del costo de insumos de la implementación DMAIC 44

Figura 3-21. Costos de scrap mensual año 2018 - 2019 45

Figura 3-22. Detalle de piezas scrap año 2018 - 2019 46

Figura 3-23. Cuadro resumen DMAIC 2019 46

Figura 3-24. Costo – Beneficio de la mejora 46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Costo Scrap año 2018..... 14

Tabla 1-2. Objetivos corporativos año 2018 para los KPI de calidad 14

NOMENCLATURA

QRC Quick Response Center

CNC Control Numérico Computarizado

CRMT Certificate Raw Material

OP Orden de producción

NCR No conformidad

TAPE Programa CNC

RIVO Plataforma Sphera

SHEA Safety Health Enviroment Awareness

PN Part Number

CAPA Corrective Actions Preventive Actions

KAIZEN Herramienta de mejora continua

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el entorno globalizado y competitivo exige a las empresas un esfuerzo constante en mejorar sus procesos productivos, de tal manera que, muchas de ellas están implementando programas de mejora continua o calidad total en su organización, sin excluir las acciones de reingeniería, para reestructurar y lograr la innovación que les permita mantenerse actualizados en la satisfacción a los requerimientos de sus clientes.

Los “costos de la no calidad”, representan el precio del incumplimiento o costos de hacer las cosas mal y son aquellas salidas de recursos producidas por ineficiencias o incumplimientos, las cuales son evitables, por ejemplo: reprocesos, desperdicios, devoluciones, reparaciones, reemplazos, gastos por atención a quejas y exigencias de cumplimiento de garantías, entre otras. En resumen, es la suma total de los recursos desperdiciados, tales como capital y mano de obra, por causa de la ineficiencia en la planificación y en los procedimientos de trabajo. Dicho esto, es de vital importancia poner el foco en controlar los distintos factores que influyen en generar productos o servicios defectuosos. Para esto, es que se encuentran las herramientas de mejora continua, pensadas para buscar puntos débiles a los procesos, productos y servicios actuales, algunas de ellas se centran en señalar cuáles son las áreas de mejora más prioritarias o que más beneficios pueden aportar a nuestro trabajo, de forma que podamos ahorrar tiempo y realizar cambios sólo en las áreas más críticas y crear soluciones viables en el tiempo en conjunto con la cultura del cambio.

En este trabajo de título se evidencia la utilización de la herramienta DMAIC para el proceso de manufactura durante el año 2019, respecto a la problemática de generación de productos defectuosos Scrap por distintos factores en el año 2018, generando pérdidas de utilidades de gran magnitud. La puesta en marcha en este proyecto nos refleja los principales beneficios de la mejora continua tales como: aumentar el rendimiento del trabajo en equipo, incrementar la productividad, reducir costos, acortar plazos de ejecución, optimización de los procesos, minimizar los errores, mayor eficiencia del negocio, aumentar la motivación de los trabajadores y uno de los aspectos más relevantes a la hora de ofrecer un producto o servicio en la industria, asegurar la calidad total de excelencia para las soluciones de nuestros clientes.

OBJETIVO GENERAL

- Mejorar proceso de fabricación de piezas en empresa Flowserve Chile mediante aplicación de metodología DMAIC para la reducción del costo de los defectos generados Scrap en un 40%.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender proceso productivo de la empresa mediante diagramas de procesos, determinando la problemática existente y sus variables críticas.
- Estudiar la problemática del proceso de fabricación mediante análisis de data histórica para elegir metodología de mejora adecuada.
- Implementar metodología DMAIC aplicable al proceso de fabricación de partes para disminución de los defectos generados Scrap en fabricación de componentes nuevos, cuantificando beneficio económico.

CAPÍTULO 1: CONTEXTO OPERACIONAL

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA.

Flowserve es una empresa que presta servicio principalmente al rubro de la minería, refinerías y tratamiento de aguas, ofreciendo la gama de productos de control y movimiento de fluidos, desde bombas y sellos mecánicos, como también válvulas, accionamiento e instrumentación a dispositivos de recuperación de energía, sistemas hidráulicos de descoquización, entre otros.

Está construida sobre la base de una historia de innovación valiosa y estable, aunque fue incorporada como empresa pública en la Bolsa de valores de Nueva York en 1790, el legado se remonta a la fundación de Simpson & Thompson, en 1997, en Gran Bretaña. Más tarde esta empresa pionera se convirtió en Worthington Simpson Pumps, ahora parte de la familia de marcas Flowserve. Hoy en día, Flowserve es una corporación con más de 17,500 empleados, operaciones en más de 50 países y más de 300 ubicaciones en todo el mundo, que incluyen más de 180 Quick Response Centers con capacidad para ofrecerles piezas y servicios de postventa a los clientes. Además, Flowserve ofrece más de 100 modelos diferentes de bombas y una amplia gama de válvulas y sellos y sus productos relacionados. En la figura 1-1 se puede apreciar el símbolo distintivo de la empresa.



Fuente: www.flowserve.com/es

Figura 1-1: Logo corporativo.

Mediante la combinación de productos, ingeniería y servicios de postventa, ayuda a sus clientes a obtener resultados comerciales tangibles: reducir costos operativos, optimizar el rendimiento, prolongar la vida útil de los equipos, mitigar los riesgos y aumentar la productividad.

1.1. UBICACIÓN

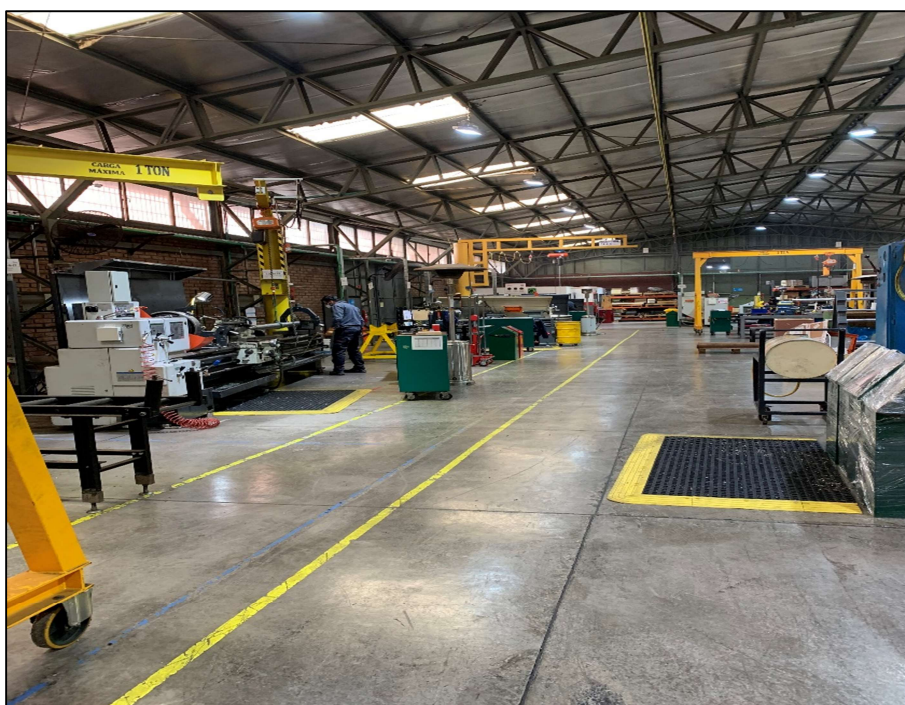
Flowserve en Chile cuenta con 2 QRC, centros de respuesta rápida, consta de 2 QRC en Chile, Antofagasta y Santiago, éste último se aprecia en la Figura 1-2, ambas plantas cuentan con certificación ISO 9001:2015 e ISO 45001:2018 (calidad y nivel de servicio).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-2: Centro de servicio Renca, Santiago.

Por otra parte, ambas instalaciones cuentan con áreas de fabricación de repuestos nuevos, ensamble de bombas, reparación de sellos mecánicos, banco de pruebas dinámica y oficinas administrativas, sin embargo, la planta matriz de repuestos nuevos es en Santiago, Figura 1-3, por su alta carga de trabajo y ubicación para despacho a distintas regiones como otras partes del mundo.



Fuente: Elaboración propia.

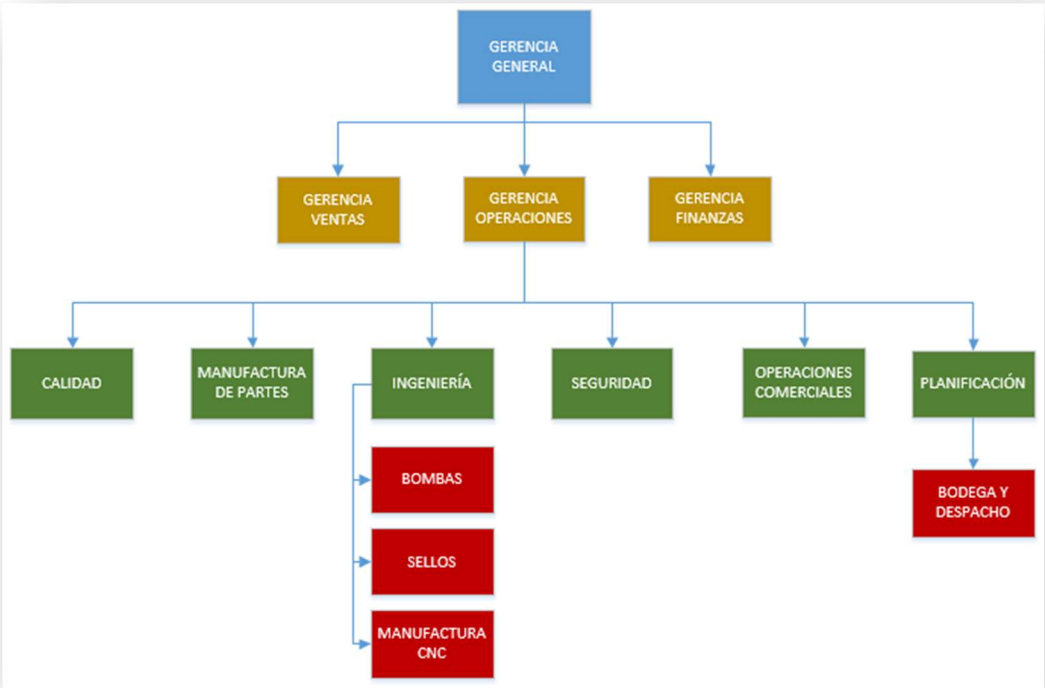
Figura 1-3: Planta de manufactura, QRC Santiago.

1.2. **ORGANIGRAMA**

En cuanto a la organización de la empresa y las distintas áreas que la componen, Flowserve establece para todas las áreas determinados objetivos y grados de cumplimiento de metas, que se evalúan por medio de programa de desempeño anual supervisadas por sus jefaturas respectivamente. Su grado de cumplimiento determina bonos y una parte de las remuneraciones que reciben los ejecutivos y trabajadores de la corporación.

Flowserve Chile se compone de un total de 84 empleados, 47 correspondientes a la planta de Santiago y 37 a la planta de Antofagasta. Es importante mencionar que en ambos sitios la estructura organizacional es la misma, la diferencia principal se da sólo para la gerencia y personal del área de finanzas, donde ésta sólo reside en Santiago por determinación corporativa llevando la carga administrativa de ambos sitios.

Según lo explicado anteriormente Flowserve está organizada de la siguiente forma como se muestra en la Figura 1-4



Fuente: Documento referencial SIG Flowserve Chile.

Figura 1-4: Organigrama Flowserve Chile.

1.2.1 **Gerencia de operaciones**

Las gerencia de operaciones, tiene por objetivo tomar los insumos en forma de recursos y convertirlos en resultados en forma de productos y/o servicios. Por tanto, este proceso de conversión es el centro de las operaciones y constituye el flujo de trabajo base de la empresa.

Dado el alto impacto que tienen los costos en el producto y/o servicio que Brinda Flowserve, las finanzas también tienen un papel primordial en la gerencia de las operaciones, con el fin de administrar el flujo de dinero ya sea en ingreso o egreso. Esto surge del hecho de que los costos se acumulan conforme el producto o servicio se convierte de materia prima en producción en proceso y luego a producto o servicio terminado, por lo tanto, es necesario administrar y controlar en forma adecuada la compra de materias primas, componentes y partes, y los costos laborales directos, que participan en el proceso de conversión, de manera que, de la gerencia de operaciones depende gran parte de los dos elementos clave: las ganancias mediante el control de los costos y el flujo de efectivo, por medio de la planeación de las decisiones y el control de los tiempos de procesamiento. De igual forma la gerencia de operaciones administra los sistemas de producción, los cuales se pueden considerar como un conjunto de componentes cuya función es convertir un grupo de insumos en productos deseados, o en servicios eficientes.

En términos generales, la gerencia de operaciones trata directamente los recursos para la producción, los cuales son: personas, procesos, planta, partes y planificación y control (sistemas), que se ha denominado comúnmente las cinco P de la gerencia de operaciones, y su objetivo general es producir un bien específico, en tiempo y costo mínimos, los cuales fluyen por toda la organización y se traducen en términos medibles que forman parte de las metas operativas de las unidades o departamentos relacionados con la producción y su gerencia.

Finalmente se puede decir que para alcanzar los objetivos de la gerencia de operaciones con un nivel competitivo, tanto a nivel de país como en el ámbito internacional, se deben lograr los siguientes aspectos:

- Reducir los tiempos de fabricación de los productos (nuevos y actuales) y de prestación de los servicios.
- Alcanzar y mantener un nivel de calidad elevado, con bajos costos.
- Incorporar nuevas tecnologías y sistemas de control.
- Conseguir y entrenar trabajadores y gerentes calificados.
- Trabajar eficazmente con las otras funciones de la empresa (mercado, finanzas, ingeniería, personal, etc.) para alcanzar las metas.
- Actuar eficazmente con los proveedores y nuevos socios que surgen de alianzas estratégicas, así como ser agradables para los clientes.

1.3. PROPÓSITOS Y VALORES

En Flowserve los valores humanos, aquellos principios, virtudes o cualidades que caracterizan a una persona son potenciados de manera constante.

Aquellos aspectos positivos que permiten convivir con otras personas de un modo justo, con el fin de alcanzar un beneficio global como sociedad. Un valor resulta tan útil y beneficioso para la empresa como para el resto de nuestros semejantes, y existen en cualquier sociedad sin importar el país, la cultura o la religión.

Para esto Flowserve posee un programa de valores, Figura 1-5, en el que cada año son comunicados e incentivados, Figura 1-6. Esto contribuye a que todos los asociados trabajen en una misma dirección, potenciando sus capacidades, cualidades y habilidades para desarrollar las distintas labores que desarrollan en la empresa. La base de esto es la personalidad de la empresa, ya que resume en 6 conceptos la manera de proceder de sus miembros.



Fuente: Workshop valores y compromisos Flowserve

Figura 1-5: Propósito, valores y comportamientos de Flowserve.



Fuente: QRC Renca, Santiago

Figura 1-6: Workshop valores y compromisos Flowserve

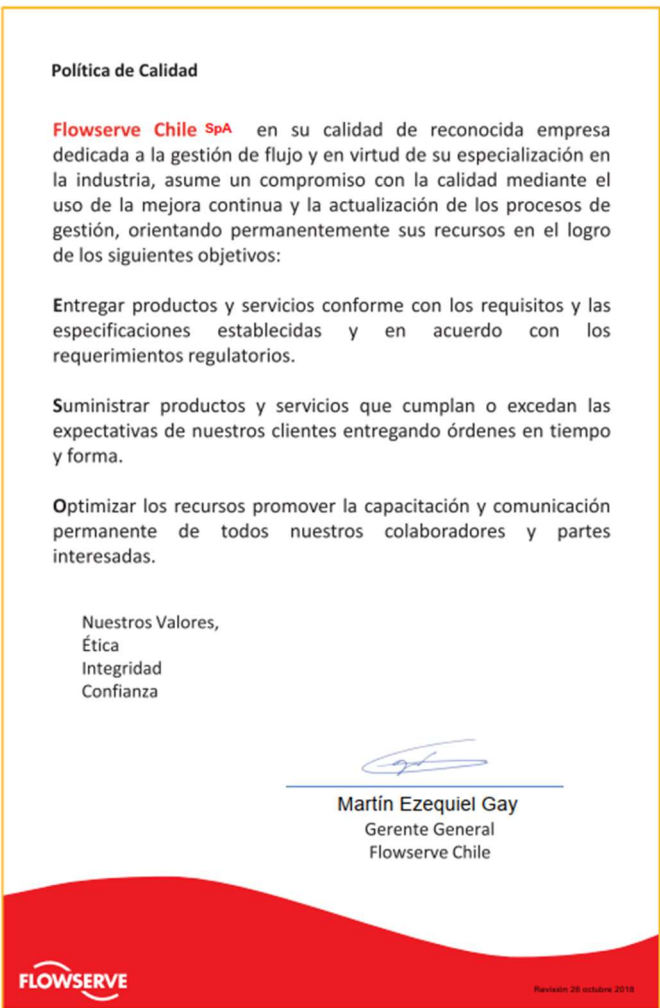
Los valores de Flowserve son cualidades, principios o creencias que esta posee, y que guían u orientan las decisiones, acciones y conductas de sus miembros. Estas son:

- **Personas:** Colaborar en el desarrollo de los demás, aceptar las diferencias, respetarse y crear una cultura basada en la colaboración. La energía colectiva de nuestro personal nos diferencia de nuestros competidores. Confíen los unos en los otros y valórense
- **Seguridad:** Tener en cuenta las normas de seguridad de Flowserve, cumplir las responsabilidades propias y ayudar a los demás a que asuman las que correspondan. Hagan estos por ustedes mismos, por los clientes, los asociados y las comunidades a las sirven. Crear lugares de trabajo y productos seguros para los empleados, cliente y comunidades.
- **Integridad:** Actuar con ética y transparencia antes los asociados, clientes y accionistas, en conformidad con el código de conducta de Flowserve. Ser siempre abiertos, honestos y dignos de confianza. Hacer lo correcto, en todo momento.
- **Innovaciones:** Tomar riesgos y aprender de los errores. Aprovechar y ampliar los conocimientos para ofrecer los mejores productos y servicios al mercado. Lograrlo mediante la creatividad, la modernización y el ingenio. Asegurarse de estar facultados con un modo de pensar que permita hacer las cosas de manera diferente.
- **Pertenencia:** Tomar la iniciativa de hacer propio su trabajo y cumplan sus compromisos para alcanzar resultados que superen las expectativas. Demostrar responsabilidad por los compromisos adquiridos y hacer lo mejor para la compañía y los clientes.
- **Excelencia:** Desempeñar su labor con ambición, dedicación y entusiasmo para ofrecer productos, servicios y resultados comerciales sobresalientes.

1.4. POLÍTICA DE CALIDAD

La satisfacción de los clientes depende en gran medida de la calidad de los productos que elaboran las empresas, para poder fortalecer esto en Flowserve se tiene una dirección clara de los objetivos a cumplir con los clientes, lo que en términos corporativos se conoce como política de calidad, la que se define como el marco que establece las líneas de acción de las organizaciones en materia de gestión de calidad. Es decir, define qué debe hacer cada compañía, cómo, quiénes son los encargados y con base a qué objetivos.

La política de calidad, Figura 1-7, se trata de un documento escrito, que debe formar parte de la memoria de cada organización, la cual no sólo demuestra el compromiso de cada organización en esta materia, sino que además es esencial para iniciar cualquier proceso de certificación, como por ejemplo el que define la norma ISO 9001:2015, norma con la cual Flowserve se encuentra certificado y bajo los estándares requeridos. Sin esta política la organización no contaría con directrices claras para la toma de decisiones y gestión de sus recursos para la implementación de mejoras en relación a las desviaciones que hayan podido ser identificadas dentro de sus procesos, así mismo dentro de este documento se evidencia el involucramiento activo del liderazgo de la organización.



Fuente: Documento referencial SIG Flowserve Chile.

Figura 1-7: Diagrama de proceso de manufactura de partes.

1.5. CERTIFICACIÓN ISO 9001:2015

Flowserve Chile durante enero 2013 logro un hito significativo para la organización al conseguir la certificación en la norma internacional ISO 9001, que en sus diferentes actualizaciones aún continúa con esta certificación versión 2015 con caducidad hasta enero 2025, Figura 1-8. Dentro de esta norma se establece el marco regulatorio para la aplicación de un sistema de gestión de calidad que optimice las fases de producción.

La importancia de la aplicación de esta norma radica principalmente en tres puntos: la confianza de los clientes y la diferenciación de la marca, el aumento de estabilidad en el desarrollo y el fomento de la participación y liderazgo de los trabajadores de la empresa, al implementar esta norma adicionalmente se puede evidenciar que la organización puede mejorar su desempeño significativamente ya que posee un esquema detallado de sus procesos en donde se pueden identificar oportunamente los riesgos asociados así mismo poder implementar las acciones correctivas aplicables oportunamente.

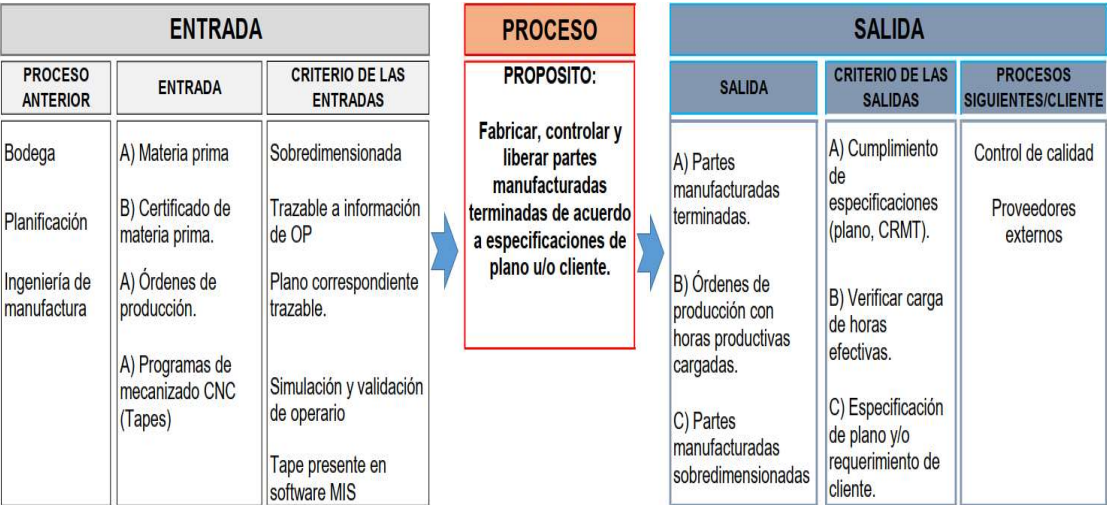


Fuente: Documento referencial SIG Flowserve Chile.
Figura 1-8: Certificado de aprobación ISO 9001:2015.

1.6. PROCESO DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción a mejorar consta de insumos y factores necesarios para la fabricación de partes y la forma en que ambas variables son combinadas. Por lo que, resulta muy importante dominar el proceso a partir de sus entradas y salidas identificando todas las partes que lo componen y el efecto de éstas.

A continuación, en la Figura 1-9 se presenta el proceso fabricación de partes en Flowserve Chile.



Fuente: Documento referencial SIG Flowserve Chile.

Figura 1-9: Diagrama de proceso de manufactura de partes.

Cada subprocesso involucrado es esencial e importante en la fabricación de los repuestos ya sea para entrega directo a cliente o para la reparación de una bomba o sello mecánico. Dicho esto, la importancia de controlar y hacer seguimiento a cada uno de ellos es fundamental, de manera que cualquier inconveniente en ellos provoca una reacción en cadena traducida a un retrabajo o retraso con ocasión de una deficiente calidad o directamente Scrap impactando de manera negativa en las métricas del área y la relación con el cliente ya sea interno o externo. Es por esto, que a nivel estratégico la gerencia de operaciones definió los siguientes riesgos del proceso, Figura 1-10 y sus respectivos controles, contribuyendo a una conciencia mayor y así poder minimizar los errores producidos en los distintos frentes.

RIESGOS DEL PROCESO	CONTROLES:
A) Maquinaria no disponible (Mantenimiento)	A) Plan de mantenimiento de equipos (PMQuest)
B) Herramienta no disponible, en mal estado o inadecuada.	B) Registro de control mediante observaciones de seguridad en recorridos de planta registradas en plataforma RIVO.
C) Daños en partes fabricadas, en proceso o terminadas, por mal manejo de carga manual.	C) Cursos de seguridad SHEA
D) Falta de disponibilidad del operador debido a accidentes (Caídas, atrapamiento, amputaciones).	D) Programa de observaciones de seguridad y cursos de seguridad SHEA
E) Personal sin entrenamiento técnico para labores a desarrollar.	E) Entrenamientos técnicos a personal de taller (Metrología; interpretación de plano).
F) Mediciones erróneas de partes.	F) Verificación de medición en plano de fabricación.
G) Inadecuada iluminación.	G) Evaluación condiciones de iluminación según cumplimiento normativo.

Fuente: Documento referencial SIG Flowserve Chile.

Figura 1-10: Riesgos y controles proceso de manufactura de partes.

1.7. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

Durante el año 2018 una de las métricas que más impactó en el proceso productivo fue la de productos defectuosos Scrap, Figura 1-11. Flowserve define este concepto a toda pieza defectuosa que no cumpla con sus especificaciones afectando su funcionamiento o que salga de los estándares de calidad y/o especificaciones por plano establecidos por la empresa o el cliente.

Para alcanzar el desempeño de calidad y objetivos de cumplimiento en el área de operaciones, Flowserve Chile reporta métricas mensuales, las cuales marcan una tendencia y permiten atacar puntos débiles en el proceso productivo y sus respectivas etapas. Estas métricas en el área responden a conceptos de tiempos de entrega, satisfacción en requerimientos de clientes, retrabajos, no conformidades y Scrap, y es esta última en que el objetivo establecido corporativamente del costo de Scrap no debe superar el 1.5% de la facturación anual.



Fuente: Evidencia en sitio Flowserve Chile.

Figura 1-11: Piezas defectuosas Scrap.

El costo de Scrap alcanzado por el área de manufactura en el 2018 fue de 63.551 USD, Tabla 1-1, relacionado a la fabricación de partes, representando un 1,92% de la facturación anual, no cumpliendo con el objetivo antes mencionado. Es por esto, que surge la necesidad de mejorar el proceso productivo y realizar una reducción de esta métrica, mediante una solución íntegra que abarque todas las aristas involucradas, contribuyendo también al objetivo establecido para el año 2019 como lo muestra la Tabla 1-2 de un 15% de reducción de Scrap.

Mes (2018)	Costo Scrap		Frecuencia de casos
Febrero	USD	11.970	5
Marzo	USD	17.538	3
Abril	USD	4.090	3
Mayo	USD	9.372	4
Junio	USD	3.517	3
Julio	USD	5.799	3
Septiembre	USD	1.515	2
Octubre	USD	6.277	6
Noviembre	USD	3.472	6
Total general	USD	63.551	35
*Meses de Enero - Agosto - Diciembre Scrap 0			

Fuente: Reporte por la dirección anual Flowserve Chile

Tabla 1-1 Costo Scrap año 2018.

En términos cualitativos, la generación de Scrap, afecta la imagen interna del centro de servicio pues revela a los trabajadores deficiencias de calidad en su entorno y acciones de éstos mismos, perjudicando así la atmósfera de trabajo. De igual forma, se daña el prestigio de Flowserve, cuya estrategia de diferenciación es la calidad de sus servicios y productos de frente a los distintos clientes.

KPI	Definition	2019 Target
Escapes to the Customer	A defect in a product that leaves a Flowserve facility and is discovered by the customer	30% reduction
Rework	Any task that must be repeated or corrected	30%
Manufacturing Defects (NCRs)	In addition to QQ-NCR data, feed all NCR defects/data to PowerBI	Baseline to be developed
Scrap	A product that must be discarded	15% reduction
CAR Management	Ensure timely and effective response to customer escapes and complaints	10% in cycle time while improving CA
First Pass Yield	The percentage of output of a process that is defect-free output the first time	95%
UAI NCRs (Use-As-Is)	Defects that are accepted even though they don't meet specifications	Target is zero UAI NCRs
Warranty	Ultimately need to link cost to defect codes and Escape CARs	Baseline data under evaluation

Fuente: Métricas anuales Flowserve Chile

Tabla 1-2 Objetivos corporativos año 2019 para los KPI de calidad.

En base a todo lo ya expuesto se identifica y comprende el proceso que se quiere mejorar dentro de Flowserve, entendiendo la problemática principal que es la cantidad de recursos y costos asociados a la no calidad presentada por el concepto de Scrap, lo que afecta directamente al cumplimiento de objetivos corporativos del área.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

2.1. ETAPAS Y EQUIPOS DEL PROCESO

El QRC de Santiago, consta de un total de 47 personas, que se dividen en las áreas de operaciones comerciales, finanzas, ventas, operaciones, calidad Figura 2-1 y manufactura. Ésta última cuenta con 11 operarios para el área de manufactura, siendo éstos en su mayoría técnicos en mecánica industrial como formación media, desempeñando sus labores dentro de la planta entre 3 a 11 años como grupo conformado de trabajo. Es importante mencionar que se dividen en: 3 torneros convencional; 2 torneros CNC; 2 fresadores convencional; 2 fresadores CNC; 1 mecánico de ensamble y 1 mecánico para bodega de materia prima.



Fuente: Planta manufactura Renca, Santiago.

Figura 2-1: Área de control de calidad.

Es importante determinar el concepto interno de la empresa define como Scrap, un repuesto o componente fabricado nuevo, que no puede ser utilizado para la funcionalidad que se solicitó, dado que alguna especificación de fábrica o indicada por cliente no fue llevada a cabo en el proceso de manufactura o se hizo erróneamente.

Para lo anteriormente descrito, es necesario conocer las etapas del proceso de fabricación y los riesgos asociados en cada una de ellas.

2.1.1. Corte materia prima

El operario a cargo del equipo de sierra de banda como se muestra en la Figura 2-2, tiene la responsabilidad de recibir los distintos materiales a emplear en la manufactura mediante órdenes de producción entregadas por el supervisor del área, y llevar a cabo los cortes necesarios para que los repuestos o componentes nuevos puedan ser manufacturados según especifique plano adjunto. Una de sus tareas más importantes es la trazabilidad del proceso y la documentación necesaria al momento de recibir las distintas OP, las cuales deben contar con plano adjunto para verificación de medidas sobredimensionadas y certificado de material para respaldar materia prima empleada según los requerimientos.



Fuente: Planta manufactura Renca, Santiago.

Figura 2-2: Sierra de banda horizontal

2.1.2. Torneado/Fresado manual o CNC

Para torneado, según el repuesto o componente lo requiera, se realiza mecanizado o fresado por arranque de viruta con herramienta fija, es decir, parte del material inicial de la pieza es eliminado hasta darle la forma deseada al producto en una máquina como la que se muestra en la Figura 2-3. Por otra parte, si necesita fresado por sí sólo o en conjunto con el proceso anterior descrito, se realiza mediante el corte del material que se genera con una herramienta rotativa de varios filos, la cual ejecuta movimientos de avance programados de la mesa de trabajo en dirección de los tres ejes posibles, Figura 2-4. Además, se puede llevar a cabo en máquinas convencionales, como

tornos manuales con distintos volteos de diámetro de acuerdo a las dimensiones a trabajar como también en fresadoras universales o centros de mecanizado por control numérico computarizado mediante programas previamente diseñados.



Fuente: Planta manufactura Renca, Santiago.

Figura 2-3: Torno convencional de 3 [m] de volteo

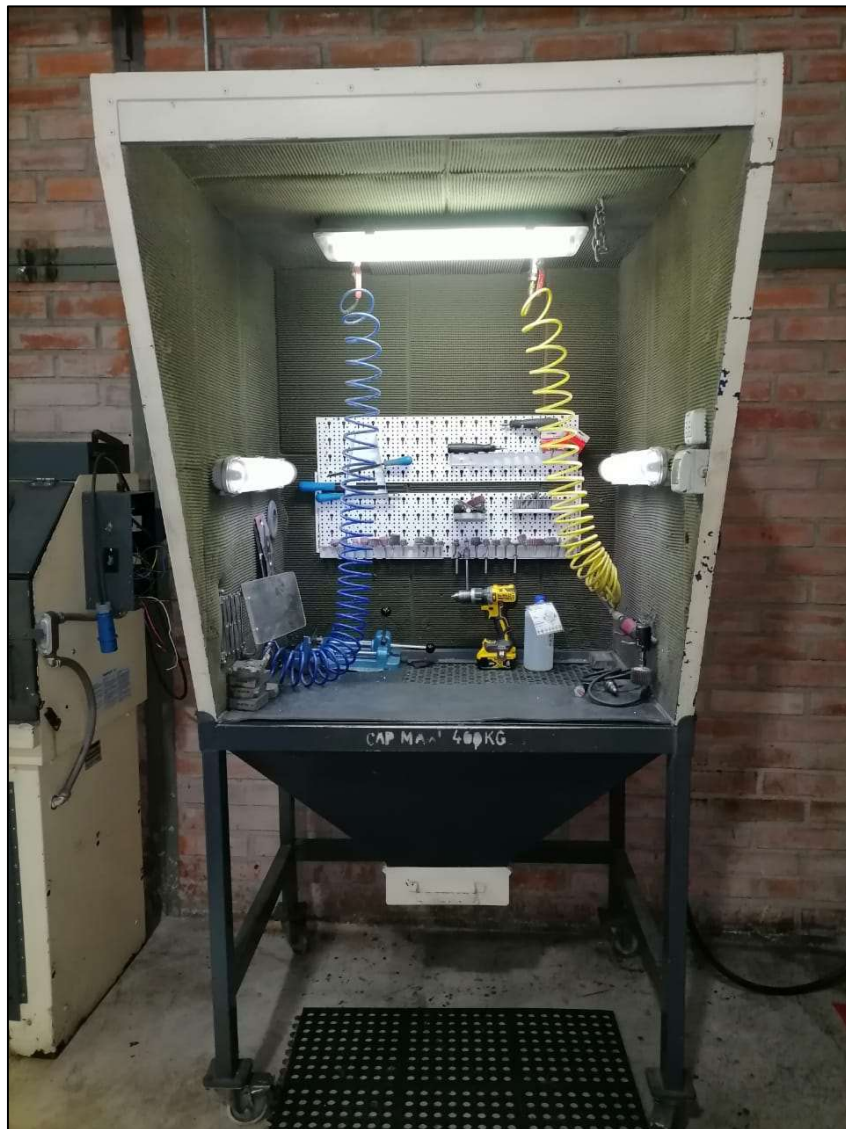


Fuente: Planta manufactura Renca, Santiago.

Figura 2-4: Centro de mecanizado CNC MAZAK

2.1.3 Desbarbado

El proceso consta de recepcionar todos los repuestos o fabricaciones nuevas que necesiten terminación final. Los términos rebaba o rebarba significan lo mismo, en ambos casos se refiere al sobrante de una pieza, una arista que sobresale, una parte de materia que sobra de una pieza pero que está adherida a la misma, total o parcialmente. Las rebabas son el material excedente que permanece unido a la pieza, es decir una rebaba o rebarba es la parte residual de la superficie en las piezas. Éste trabajo se realiza en la cabina de desbarbado, Figura 2-5 y objetivo es que las distintas piezas sean entregadas al área de calidad para su revisión, con buena terminación superficial, sin rayones, ni marcas, como también sin aditivos como grasa o refrigerante, listas para ser inspeccionadas visual y metrológicamente.



Fuente: Planta manufactura Renca, Santiago.

Figura 2-5: Cabina de desbarbado

Una pieza terminada sin rebabas tiene un valor añadido, por eso es muy importante eliminar las rebabas de las piezas ya que se considera una pieza acabada con calidad cuando carece de rebabas. Las ventajas de eliminar las rebabas son múltiples: mejora de calidad en piezas, buen aspecto de las piezas reduce los fallos en procesos intermedios, respetar las cotas y medidas, entre otras.

2.1.4 Marcado

Etapa final y muy importante para la trazabilidad de las piezas, ya que en esta instancia se realiza el marcaje de la orden de producción, Figura 2-6 con la que la pieza fue reparada o fabricada nueva, su código de artículo interno en Flowserve y el logo de la empresa. De esta forma, el componente puede ser rastreado ya sea por alguna alteración, falla en las instalaciones de nuestros clientes según corresponda o en su defecto para trazabilidad del proceso interno.



Fuente: Planta manufactura Renca, Santiago.

Figura 2-6: Zona de marcaje de piezas

Identificar y determinar el historial de un producto siempre es de suma importancia para poder asegurar la fabricación y calidad del servicio que se entrega en un proceso productivo. Las piezas una vez dispuestas en la zona de calidad con su marcaje correspondiente son verificadas por control de calidad para ser posteriormente liberadas a bodega según corresponda.

2.2. ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA

Para llevar a cabo la implementación de la herramienta de mejora continua, debemos analizar la información obtenida en el 2018, de manera que, se procesaron los datos levantando todas las piezas Scrap, ya teniendo como respaldo el total anual generado que fue de 63.551 USD. Se clasificaron los defectos, permitiendo generar el foco de atención para mejorar y así reducir la cantidad y costo generada de Scrap.

A continuación, se detalla en la Figura 2-7 el resultado del análisis de los datos.



Fuente: Informe operaciones Flowserve Chile SPA.

Figura 2-7: Data histórica de defectos scrap año 2018

Como se puede apreciar, los defectos con mayor impacto en el tiempo son:

- Interpretación errónea de cotas y/o posicionamiento
- Deformación pieza

En relación a la etapa del proceso en que se generan, se investigó con los operadores del área, determinando que estos son producidos en distintas etapas del mecanizado, durante y posterior, como también al momento de ser inspeccionados en calidad, visual y dimensionalmente y también se pudo evidenciar la cantidad de piezas scrap generadas, Figura 2-8, trazando la misma tendencia que el gráfico mencionado anteriormente, lo que indica que el defecto que más frecuencia posee es también el que mayor costo asociado refleja. Por lo que, es necesario generar las soluciones preliminarmente en el punto detectado y así ir abarcando en todo el proceso, de modo que, en la medida que los riesgos sean controlados, permitirá ir reduciendo la probabilidad de que los defectos se repitan.

Description	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct	Nov	Dic	Total General
Deformación pieza			1		1				2	1		5
Diámetro erróneo				2	1			1	1	2		7
Interpretación errónea (cotas y/o posicionamiento)		1	2		2	2	4	4	2	3		20
Longitud errónea		5				1			3			9
Terminaciones superficiales y rebarbado			2	1								3
Total general		6	5	3	4	3	4	5	8	6	6	44

Fuente: Elaboración propia

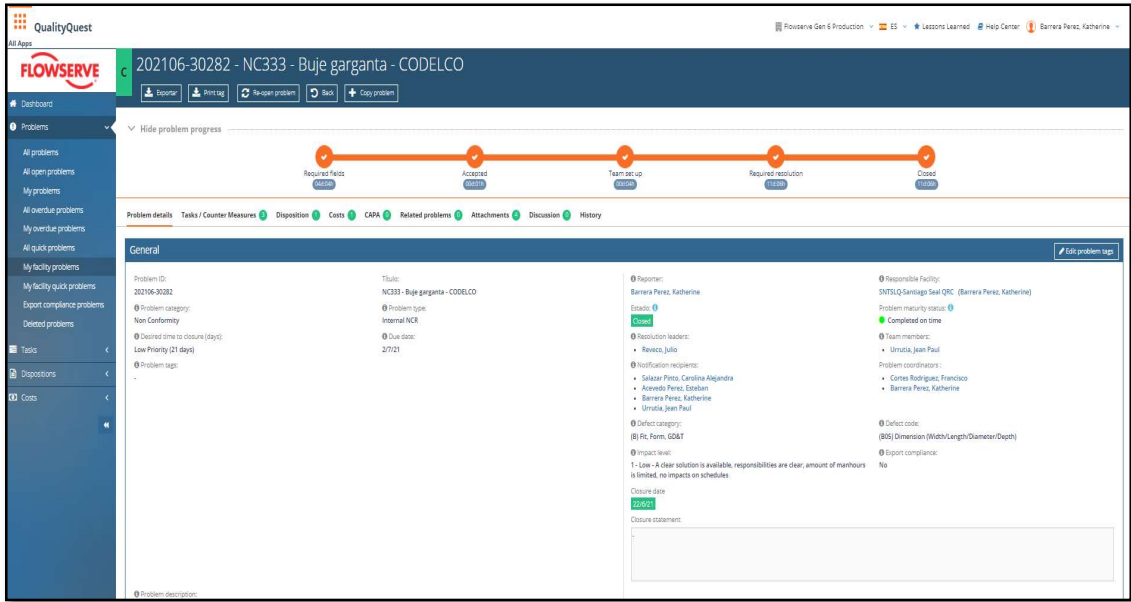
Figura 2-8: Detalle de piezas Scrap 2018

Por otra parte, Flowserve Chile, cuenta con plataformas de ayuda, parte de un sistema integrado de gestión llamada IntellaQuest, figura 2-9 y 2-10, en el cual se registran los distintos defectos como no conformidades, contribuyendo a la identificación de la causa raíz para que éstos no vuelvan a suceder, mediante análisis CAPA(corrective action preventive action) y/o KAIZEN como oportunidades de mejora en base a los distintos scrap, garantías o retrabajos generados, aun así, los distintos factores han llevado a que la empresa busque nuevas metodologías para poder avanzar a un compromiso mayor con la calidad total.

Problem ID	Título	Problem category	Problem type	Responsible Facility	Fecha de Elaboración	Elaborado por	Due date	Problem maturity status	Problem status	Risk level	Age (days)
202107-32304	NC ANT039 - RBA1368 / CBTA - SPENCE	Non Conformity	Internal NCR	ATCPPO- Antofagasta Pump QRC	15/7/21	Prado Chirino, Maybeth	22/7/21	○ Not yet due	⚙ In process	-	6
202107-31663	NC Lloyd's 4162958_SBCPCS 01	Audit Findings	External Audit Finding (Incl. HSE)	SNTSLQ-Santiago Seal QRC	5/7/21	Barrera Perez, Katherine	26/7/21	○ Not yet due	⚙ In process	-	16
202107-31662	NC Lloyd's 4162958_SBCPCS 02	Audit Findings	External Audit Finding (Incl. HSE)	SNTSLQ-Santiago Seal QRC	5/7/21	Barrera Perez, Katherine	26/7/21	○ Not yet due	⚙ In process	-	16
202107-31574	NC337 - Camisa - MEL	Non Conformity	Internal NCR	SNTSLQ-Santiago Seal QRC	2/7/21	Barrera Perez, Katherine	23/7/21	○ Not yet due	⚙ In process	-	19
202107-31493	NC336 - Camisa - MEL	Non Conformity	Internal NCR	SNTSLQ-Santiago Seal QRC	1/7/21	Barrera Perez, Katherine	22/7/21	○ Not yet due	⚙ In process	-	20
202106-31338	NC ANT038 - RBA1228 / Top Top - Minera Escondida Ltda.	Non Conformity	Internal NCR	ATCPPO- Antofagasta Pump QRC	29/6/21	Prado Chirino, Maybeth	13/7/21	● Completed late	✅ Closed	-	15
202106-31081	Al Junio 2021 - NC 08062021EA001	Audit Findings	Internal Audit Finding	SNTSLQ-Santiago Seal QRC	24/6/21	Barrera Perez, Katherine	30/8/21	○ Not yet due	⚙ In process	-	27

Fuente: Flowserve Chile SPA.

Figura 2-9: Plataforma interna IntellaQuest – Quality



Fuente: Flowserve Chile SPA.

Figura 2-10: Ejemplo de no conformidad.

Otra forma de contribuir a la mejora del proceso y con ello a la calidad del trabajo realizado es que se realizan y registran mejoras mediante metodología Kaizen, Figura 2-11, el método se basa en realizar una serie de acciones sencillas en las que pueden participar y liderar un proyecto. Todos los trabajadores de una empresa pueden detectar problemas y darles solución y estos son registrados en la plataforma ya antes mencionada, así se puede controlar y hacer seguimiento a cada mejora y servir de ejemplo con otros sitios.

El método Kaizen es una metodología que tiene como objetivo eliminar las actividades que no agregan valor en la cadena productiva. Esta herramienta tiene un potencial enorme para ayudar así a mejorar la productividad de los procesos en las empresas.	
Etapa	Descripción
1	Establecer la problemática y el objetivo a lograr
2	Determinar área o proceso a mejorar
3	Generar posibles soluciones
4	Evaluar ideas propuestas
5	Generar método de evaluación para medir el desempeño de las soluciones elegidas
6	Realizar lista y planificación de actividades necesarias para implementar la mejora
7	Se implementan las soluciones
8	Se incorporan mejoras al proceso de implementación y se estandariza
9	Se mide el desempeño de las soluciones a partir del diseño hecho en el punto 5
10	Se analiza el resultado obtenido

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-11: Mejoramiento continuo Kaizen

Para complementar lo expuesto anteriormente, se evidencia mediante Figura 2-12, Kaizen realizados por operadores del área de manufactura durante año 2019 en el departamento de operaciones, todos aplicables al proceso de fabricación de partes abarcando no solo riesgos de calidad sino también de trabajo seguro.

Nº	Líder Proyecto	Descripción Kaizen	Site	Annual Saving [USD]
1	Edison Almonacid	Implementación Panel de Guantes	Renca	\$ -
2	Edison Almonacid	Implementación de sistema extracción de partículas	Renca	\$ -
3	Edison Almonacid	Implementación de accesorios para el retiro de virutas	Renca	\$ -
4	Jean Urrutia	Optimización en el almacenamiento de herramientas y accesorios	Renca	\$ 1.836
5	Jean Urrutia	Mejora estaciones de trabajo CNC	Renca	\$ -
6	Jean Urrutia	Mejora mueble acopio piezas CNC	Renca	\$ -
7	Jean Urrutia	Optimización control cabina arenadora	Renca	\$ 400
8	Edison Almonacid	Implementación de equipo para enzunchado de componentes	Renca	\$ -
9	Edison Almonacid	Identificación de los extintores dentro del site	Renca	\$ -
10	Gonzalo Rozas	Identificación de Flanges	Renca	\$ -

Fuente: Reporte SHEA Flowserve Chile SPA

Figura 2-12: Kaizen operadores manufactura año 2019

2.2.1 Selección de la metodología

En la actualidad, coexisten una amplia gama de técnicas y herramientas enfocadas en potenciar los procesos y mejorar sus áreas más críticas. Mejorar continuamente es sinónimo de supervisar, controlar, documentar e intervenir cuando los procesos lo requieran, no es necesario esperar hasta el final para emprender las reformas. Bajo este modelo de mejora continua, acción y supervisión, son dos elementos compatibles y sobre todo, complementarios. La pluralidad de métodos y herramientas bien sea a través de un software o en cualquier soporte físico o manual, es casi tan vasta como las empresas que las demandan, sin embargo, antes de decantarse por alguna opción, conviene examinar de cerca cada necesidad y ponderar las posibilidades de dichas opciones.

Existen diferentes metodologías para la mejora continua, algunas tales como:

- Ciclo PDCA
- Histogramas
- Diagramas de flujo
- Kaizen
- DMAIC

Éste último, es una herramienta interactiva de las más utilizadas para la mejora de procesos. Su uso más común es en proyectos que utilizan la metodología Six Sigma, pero su aplicación no es exclusiva para proyectos guiados por dicha estrategia por permitir un análisis más estructurado y profundizado en la planificación, el DMAIC es la herramienta base de la metodología Six Sigma, fue creado en los años 1980 como parte de Six Sigma por el ingeniero de Motorola, Bill Smith, y enfoque fue diseñado para impulsar la mejora continua de los procesos de fabricación utilizando datos y estadísticas.

2.3. METODOLOGÍA APLICABLE AL PROCESO DE FABRICACIÓN

Con la identificación y valorización de los defectos principales que incurren en el costo y generación de Scrap dentro de la planta, ya definidos, nos internalizaremos en la base teórica que sostiene esta mejora. Es por ello que estableceremos la herramienta de mejora continua que se utilizará para mejorar el proceso actual, encontrando las debilidades de éste, y finalmente de las cuales se desprenderán las propuestas de mejora de éste mismo.

Dentro de la extensa gama de herramientas para llevar a cabo la mejora continua, la gerencia de Flowserve a nivel local y corporativa determinó utilizar DMAIC, respaldado en que, al ser un ciclo por etapas, Figura 2-13, se puede realizar un seguimiento más detallado, implicando una verificación continua de los resultados y una vuelta al inicio permanente, lo que en el tiempo es posible aplicar a otras áreas o procesos.



Fuente: Curso Tooling U Flowserve Corporation

Figura 2-13: Ciclo DMAIC – Mejora continua de procesos

2.3.1 DMAIC

Su nombre viene del acrónimo de las palabras en inglés:

Define – Measure – Analyze – Improve – Control.

Al aplicar cada uno de estos pasos de manera correcta en la empresa, se pretende entender el problema de manera más acabada, encontrar las soluciones indicadas para eliminarlo o en su defecto minimizarlo lo más posible, y por último aplicar dichas soluciones.

Para ello es importante conocer en qué consiste cada fase de esta metodología, para luego ser utilizada de manera correcta en la planta. A continuación, se detalla cada una de las etapas que componen la metodología DMAIC:

2.3.1.1 Definir

Esta etapa, como su nombre lo dice, exige la definición del proyecto que se desea realizar. Su principal objetivo es identificar procesos claves y enfocar la atención en dichos procesos. Para identificar los procesos importantes será necesaria la construcción de un mapa del proceso estudiado.

Es importante realizar también un cuadro del proyecto, el cual documenta la definición formal del proyecto. Indica los participantes y qué rol cumple cada uno de ellos. Este cuadro implica un contrato semiformal entre la gerencia y los actores del proyecto, la gerencia decide continuar con el proyecto y asume que el equipo de trabajo puede encontrarse con nuevas tareas que no estaban pronosticadas al inicio. Otro punto importante en esta fase es la elaboración de los objetivos del proyecto, estos objetivos generalmente son expresados en términos que están ligados al área en la que se está ejecutando, además al menos una de estas variables debe tener relación con el aspecto monetario del proyecto.

En esta fase se debe ser capaz de responder las siguientes preguntas:

- ¿Quién?: Definir las personas que conforman el equipo.
- ¿Qué?: Cuales son las variables en estudio y los resultados esperados.
- ¿Cuándo?: Plazos y fechas de la mejora.
- ¿Cuánto?: Rentabilidad esperada del proyecto.

2.3.1.2 Medir

La segunda etapa de la metodología DMAIC consiste en la recolección cuantitativa de datos del proceso afectado. Se debe recopilar información de su proceso actual midiendo las variables claves del proceso en cuestión, las características de calidad del producto, y las variables que regulan el funcionamiento y determinan su resultado.

Para esta fase se requiere llevar a cabo dos tareas de gran importancia:

- Plan de recolección de datos: este plan de medición contempla qué se va a medir, cuáles serán los tipos de mediciones, los tipos de datos a medir, se identifican las fuentes de los datos y se prepara un plan de muestreo. La elaboración de este plan involucra el uso de diferentes herramientas estadísticas y de medición.

Implementación del plan de recolección de datos: es momento de llevar a cabo el plan diseñado anteriormente. Con este se pretende obtener información de los niveles iniciales

a los cuales está operando el proceso estudiado. También se obtienen los costos asociados a la mala calidad. Ya en esta fase es posible identificar oportunidades de mejora, malas prácticas, diferencias de datos teóricos v/s empíricos e identificar actividades que no están añadiendo valor al proceso.

2.3.1.3 Analizar

Una vez con los datos sobre la mesa, se debe identificar la causa raíz de los defectos, entender en qué condiciones se producen, dónde se producen y cuándo se producen. En esta etapa, el problema físico se analiza de manera estadística, se desarrollan y se comprueban hipótesis sobre las posibles causas del defecto. Del mismo modo, se buscan relaciones causa-efecto que estén contribuyendo al desarrollo del problema.

La fase analizar sigue una secuencia ordenada (Ramírez, 2007), la cual ayuda y permite encontrar causas al problema que se está estudiando:

1. Exploración: se investigan los datos y las causas para ver qué se puede descubrir de ellos.
2. Generación de hipótesis sobre las causas: en base a lo obtenido en el punto anterior, se identifican las causas más probables del problema.
3. Verificación o eliminación de las causas: utilizando los datos, y mediante un análisis más profundo, se comprueban las principales causas que originan el problema en estudio.

2.3.1.4 Mejorar

El objetivo de esta fase es proponer soluciones e implementarlas, para así eliminar o en su defecto minimizar la causa raíz de la problemática en estudio. Es recomendable generar varias alternativas de solución que atiendan diversas causas, estas alternativas surgen principalmente de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, poka-yoke, etc. La clave en esta fase es enfocarse en soluciones que ataquen a la causa del problema y no en el efecto de este.

Una vez que se generan distintas alternativas de solución, es importante evaluar cada una de ellas para finalmente elegir la que más se acomode a las necesidades del problema, sin pasar a llevar a ningún área involucrada, no exceder los permisos otorgados ni tampoco el presupuesto estimado.

Finalmente se debe comenzar a implementar las soluciones con planes piloto, los que permitirán tener una idea de cómo se comportan dichas soluciones en la práctica, aprender del proceso de cambio y determinar si efectivamente la mejora implementada debe ser masificada a una mayor escala.

2.3.1.5 Controlar

Una vez ha sido alcanzado el éxito con las mejoras implementadas, es necesario mantener los niveles alcanzados mediante un sistema que controle los estándares de calidad.

Se realiza el cierre del proyecto. Esto puede llegar a ser la fase más difícil, ya que se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. Esto implica la participación de todas las personas involucradas en el proceso, por lo que es común encontrarse con resistencias al cambio. Al fin y al cabo, se trata de que las mejoras soporten la prueba del tiempo, para ellos se necesitan un sistema de control que:

- Prevenga que los problemas originales que tenía el proceso no vuelvan a aparecer.
- Impedir que las mejoras y el conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el proceso con el desempeño logrado.
- Incentivar la mejora continua.

Para lograr estos objetivos, se deben acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo (Gutiérrez y Salazar, 2009).

Estas se explican a continuación:

1. Estandarizar el proceso: se deciden acciones que aseguren la permanencia de las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras involucradas en el proceso. Con el fin de no depender de controles manuales ni vigilancia sobre los desempeños. Se deben buscar cambios permanentes en los procesos y en sus métodos de operación. Un buen ejemplo en esta fase es buscar dispositivos tipo poka-yoke que resultan de utilidad para prevenir retroceso en las mejoras.
2. Documentar el plan de control: se desarrollan nuevos documentos que facilitan la familiarización con los nuevos procedimientos adoptados. La estandarización vía documentación contempla procedimientos bien escritos, videos, hojas, imágenes ilustrativas, etc. También se puede optar por la capacitación, tanto para empleados nuevos como para los actuales.
3. Monitorear el proceso: busca mantener evidencia de que el proceso mejorado se siga manteniendo al nivel mejorado de calidad.
4. Cerrar y difundir el proyecto: el objetivo de esta fase es asegurarse de que la mejora implementada sea una evidencia de aprendizaje y que sirva como herramienta para futuros proyectos. Esta evidencia sirve para fortalecer el nivel de compromiso y la mejora continua presente en la organización.

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA DMAIC

3.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

La metodología previamente definida en el capítulo anterior que utilizaremos será la base de Six Sigma, DMAIC, para ello, debemos desarrollar cada una de sus etapas para comenzar la mejora del proceso de fabricación de partes y con ello disminuir los defectos generados, que es el objetivo que se busca para poder contribuir a una mejor calidad de servicio y productos, impactando además económicamente.

3.1.1 Definir

Iniciamos con la primera etapa, en donde se establecieron los objetivos del proyecto a realizar, sus participantes y líder de proyecto, Katherine Barrera, control de calidad, encargada del área de inspección, en donde sus funciones principales serán gestionar e implementar las soluciones determinadas en el equipo, como también realizar seguimiento y verificar los resultados. También se determinaron variables a controlar para poder establecer las métricas a mejorar. Por procedimiento corporativo, poseemos personas a nivel mundial que cuenta con certificación Yellow, Green, Black y Champion Belt, que te orientan y supervisar que el proyecto cuente con todo lo necesario y se realice de acuerdo con lo estipulado. Por ende, contamos con un formato establecido para presentar este tipo de mejoras, Figura 3-1.

FLOWSERVE		Project title		Santiago Seal QRC Scrap Reduce			Project type	Non Quick project
Platform		AMSS	Facility	Santiago Seal QRC	Project status	Active	Project group	Road Map 2019
Problem statement		From January to December 2018, the average Scrap was 5296 USD, with a range of 16,023 USD. The minimum value was 1,515 USD and the maximum value was 17,538 USD.						
Objective	From January to December 2019 reduce the average Scrap in 15% obtaining in saving by 8,520 USD	Budget and benefits				Team members		
		Budget (\$)		\$0.00		Katherine Barrera		
		CapEx reference				Julio Reveco		
		Annualized Cost Savings (\$)		8,52		Martin Gay		
Primary metric	Scrap cost per month							
Secondary Metric	Number of NCRs Scrap per month							
Benefit	Improve the quality in the process							
Project team		Name	Milestones		Deliverable		Project schedule date	
(Project leader)		Katherine Barrera	D		Define		Mar-19	
(Team Champion)		Martin Gay	M		Measure		Apr-19	
(Process owner)		Julio Reveco	A		Analyze		May-19	
(Financial Controller)		Alejandro Valdez	I		Improve		Aug-19	
(Mentor)		Francisco Cortés	C		Control		Oct-19	
(Master Black Belt)		Santiago Corona	Original scheduled completion date	12-31-2019	Current scheduled completion date	12-31-2019	Date completed	Dec-19

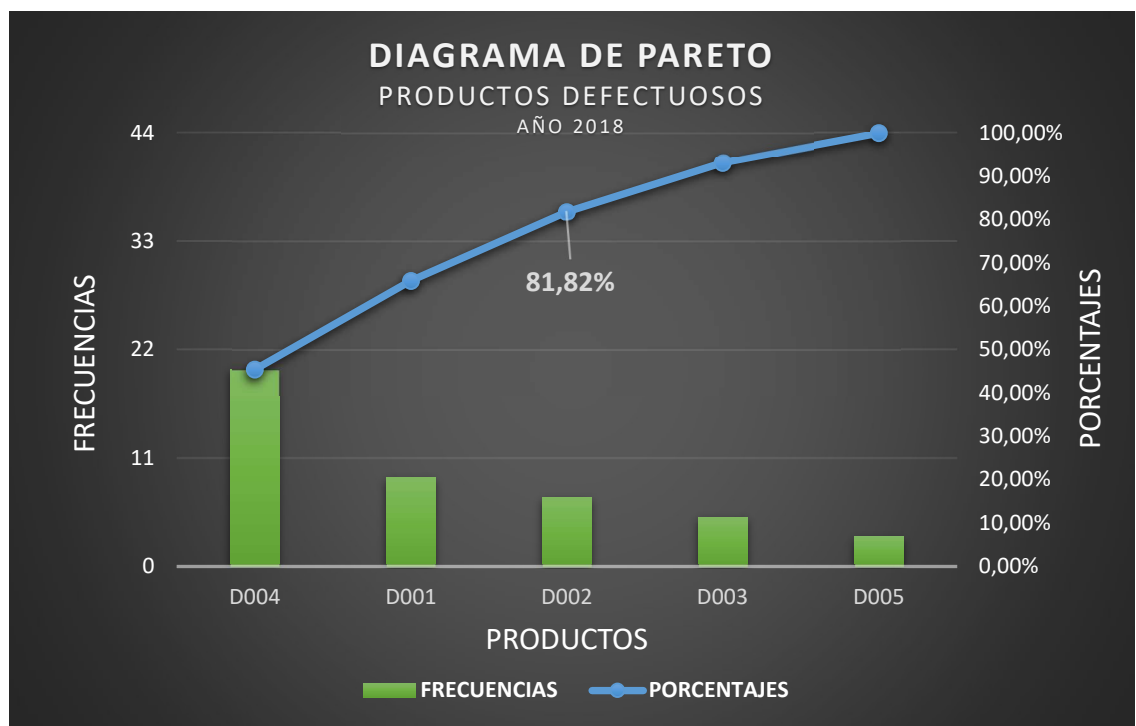
Fuente: Documento SIG Flowserve Chile SPA.

Figura 3-1: Project charter corporativo.

Esta instancia se determinó con la medición de los datos año 2018 levantados en el QRC de Santiago, mediante diagrama de pareto y con la participación de todos los involucrados, identificando variables y procesos críticos del área, según muestra la figura 3-2.

Como se mencionó anteriormente, ya estaban definidos los defectos y se definen tal como:

- Deformación pieza **D001**
- Diámetro erróneo **D002**
- Interpretación errónea (cotas y/o posicionamiento) **D003**
- Longitud errónea **D004**
- Terminaciones superficiales y rebarbado **D005**



Fuente: Data 2018 Scrap Flowserve Chile

Figura 3-2: Diagrama de pareto de productos defectuosos

Con esto se pudo evidenciar que el 80% de los productos defectuosos denominados “Scrap” corporativamente por ya no ser funcionales, son generados principalmente por los defectos D004, D001 y D002, aludiendo a:

Proceso de mecanizado:

- Deformación de pieza **D001**
- Diámetro erróneo **D002**
- Longitud errónea **D004**

Dicho esto, las variables analizadas en conjunto con la toma de datos para medición y mejora del proceso de mecanizado de las distintas piezas que sean fabricadas serán direccionadas directamente a los operadores, puesto que, las causas principales son originadas por ellos, tanto en la forma como en las distracciones de no dejar una especificación de acuerdo con lo requerido por el cliente. Se establece plazo de 1 año calendario para llevar a cabo todo el proyecto, involucrando en cada una de las etapas desde los operadores hasta el gerente de planta.

3.1.2 Medir

En esta etapa se recolectó toda la información necesaria para poder medir las variables en estudio del proceso y así poder ir caracterizando el proyecto, con evidencia objetiva de los costos de la no calidad de los productos, debilidades técnicas o propias de los empleados que realizan la fabricación de partes, malas prácticas mediante la identificación de causa raíz de los defectos, como también identificar eficientemente oportunidades de mejora. Para todo lo mencionado, se comenzó a registrar durante todo el año 2019, medición de los operadores, cantidad de piezas procesadas, horas productivas, horas no productivas, horas asociadas a Scrap según correspondiera, estableciendo colateralmente un porcentaje de utilización mensual del área operativa de la empresa, contrastando con los costos asociados a la cantidad de productos defectuosos generados. En la figura 3-3 se muestra un extracto del registro llevado a cabo mes a mes, midiendo las variables previamente mencionadas como también en la Figura 3-4 registrando los problemas presentados con su costo asociado.

MAYO 2019									
Employee Last Name	Horas Marca Reloj	Horas Extras	Horas fabricadas reportadas	Horas no productivas reportadas	Total de horas posteadas	% de utilización	Cantidad de piezas procesadas	Cuenta de órdenes de producción	Horas Scrap
Victor Araya	189	6	183	12	195	94%	110	18	0
David Atenas	179	2	124	66	190	69%	214	33	0
Camilo Beroiza	183	0	169	20	189	92%	108	16	0
Marco Hurtado	189	18	196	13	209	95%	250	55	0
Alejandro Muñoz	180	5	148	24	172	80%	181	50	0
Enrique Muñoz	184	2	176	17	193	94%	123	45	0
Antonio Román	185	27	188	27	215	88%	95	22	0
Gonzalo Rozas	189	11	146	38	184	73%	22	14	0
Wladimir Sanhueza	160	0	103	40	143	64%	131	38	0
Moisés Zavala	151	2	146	13	159	95%	73	23	0
Total general	1790	75	1579	269	1848	84%			0
						Promedio			
JUNIO 2019									
Employee Last Name	Horas Marca Reloj	Horas Extras	Horas fabricadas reportadas	Horas no productivas reportadas	Total de horas posteadas	% de utilización	Cantidad de piezas procesadas	Cuenta de órdenes de producción	Horas Scrap
Victor Araya	135	0	131	4	135	97%	65	10	0
David Atenas	174	5	156	14	170	87%	171	37	0
Camilo Beroiza	179	2	160	7	167	88%	69	14	0
Marco Hurtado	180	5	172	14	186	93%	92	44	25
Alejandro Muñoz	179	5	171	0	171	93%	166	46	0
Enrique Muñoz	180	6	178	8	186	96%	163	25	7,5
Antonio Román	180	8	165	0	165	88%	76	40	2
Gonzalo Rozas	180	1	173	8	181	96%	129	58	0
Wladimir Sanhueza	63	0	48	19	67	76%	83	10	0
Moisés Zavala	134	8	104	46	150	73%	44	26	0
Total general	1582	40	1458	119	1577	89%			34,5

Fuente: Informe operaciones Mayo y Junio año 2019 Flowserve Chile SPA.

Figura 3-3: Registro de productividad área de manufactura

Esta medición de los datos nos permitirá poder dar paso a la etapa siguiente de la metodología DMAIC para poder analizar y en base a esto mejorar el proceso en que se muestran las desviaciones y defectos estipulados previamente.

AÑO	MES	PROBLEM ID	CLIENTE	TITLE	HH	COSTO USD	RESPONSABLE	ÁREA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
2019	5	2019-05-0196	256;#MINERA ESCONDIDA LTDA	NC278 - Spring holder - MEL	8	594,54	Julio Reveco	70;#Manufactura	1	Condicion: SCRAP
2019	5	2019-05-0197	256;#MINERA ESCONDIDA LTDA	NC277 - Camisa del eje - MEL	6	605,35	Jean Paul Urrutia	70;#Manufactura	1	Condicion: SCRAP
2019	6	2019-06-0200	503;#Generadora Metropolitana SPA	NC279 - Collarín - Generadora Metropolitana	7,5	49,55	Enrique Muñoz	231;#Especificaciones	2	Condicion: SCRAP
2019	6	2019-06-0201	255;#ENAP Refinerias S.A.	NC281 - Bush - Enap Bio Bio	-	572,86	Matias Castro	231;#Especificaciones	1	Condicion: SCRAP
2019	6	2019-06-0202	300;#CODELCO	NC282 - Bearing sleeve 27 WUJ - Codelco	-	-	Maykel Sepúlveda	245;#Documentacion	2	Condicion: SCRAP
2019	6	2019-06-0203	256;#MINERA ESCONDIDA LTDA	NC283 - Eje bomba 350 LNN - MEL	2	365,86	Antonio Román	231;#Especificaciones	1	Condicion: SCRAP
2019	6	2019-06-0205	256;#MINERA ESCONDIDA LTDA	NC284 - Gland - MEL	25	1888,15	Marco Hurtado	231;#Especificaciones	2	Condicion: SCRAP

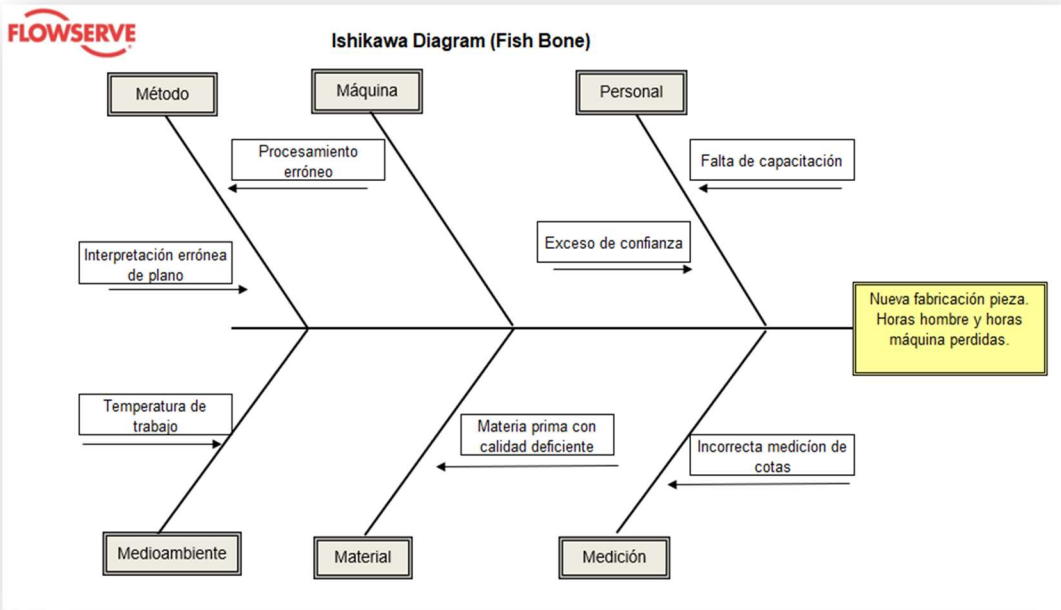
Fuente: Informe operaciones Mayo y Junio año 2019 Flowserve Chile SPA.

Figura 3-4: Reporte no conformidades Scrap 2019

3.1.3 Analizar

Para seguir con la metodología, la tercera etapa es establecer la causa raíz de los distintos defectos generados, de esta forma, podemos establecer y entender en qué condiciones se producen, dónde y por qué. Para esto, utilizamos una de las herramientas más conocidas y utilizadas en mejora continua, el diagrama Ishikawa o espina de pescado, y así establecer la causa-efecto de las variables críticas que está involucradas y el resultado de que éstas no sean controladas o mejoradas.

En la Figura 3-5, se muestra el diagrama llevado a cabo para el proceso de fabricación de partes analizando el motivo de los datos levantados en la etapa anterior.



Fuente: Proyecto de mejora 2019 –Flowserve Chile SPA.

Figura 3-5: Diagrama de Ishikawa para productos defectuosos

Con respecto al diagrama podemos identificar que las causas probables se encuentran principalmente en el método, la medición y el personal involucrado del proceso, desde ahí se establece que podemos mejorar, y en qué ámbito, a modo de hipótesis, para posteriormente verificar la eficiencia de lo que se está haciendo al momento de llevar la fabricación a cabo y eliminar procesos o malas prácticas que puedan afectar el proceso productivo que deseamos tener un mejor rendimiento. En relación a lo expuesto, es que se realizó una exposición a los supervisores y gerencias involucradas, llegando a soluciones posibles de implementar en contribución de los operadores y el proceso con las debilidades detectadas. En la figura 3-6 se evidencia esa toma de acuerdos para poder llevar a cabo como solución al total acumulado a esa fecha por productos defectuosos.

ArchivoMensajeAyuda¿Qué desea hacer?

EliminarArchivar

Eliminar

ResponderResponder a todosReenviar

Responder

compartir con Teams

Teams

PendientesAl jefeCorreo electróni...

Pasos rápidos

Mover

Mover

Etiquetas

Etiquetas

Edición

Edición

Leer en voz alta

Voz

RE: Acuerdos Reunión Proyecto Mejora en reducción de Scrap

Barrera Perez, Katherine

Para Cortez Rodriguez, Francisco Javier; Reveco Díaz, JulioGay, Martin

De: Barrera, Katherine <kbarreraperez@flowserve.com>

Enviado el: miércoles, 3 de agosto de 2019 15:55

Para: Reveco, Julio <jreveco@flowserve.com>

CC: Gay, Martin <mgay@flowserve.com>; Barrera Perez, Katherine <KBarreraPerez@flowserve.com>

Asunto: Acuerdos Reunión Proyecto Mejora en reducción de Scrap

Julio,

Adjunto minuta de los puntos tratados en la reunión:

1.-Para personal nuevo: se sugiere incorporar actividad de Interpretación de planos – Metrología.

2.-Se fija acuerdo para tener una reunión al mes, para analizar el avance de las mejoras hechas para reducción de scrap.

3.-Se firma acuerdo de compromiso con la reducción de scrap.

4.-Se darán a conocer las cifras publicándolas en un panel informativo. Se acuerda que Julio/Katherine entregarán los informes

5.-Se propone exponer casos de no conformidad ocurridos, para aumentar el conocimiento y trabajar en su prevención.

6.-Se solicita reactivar curso de tecnología de corte Sandvik. Mejor uso de herramientas vía curso online. Selección de insertos, avances.

-Este curos se activará una vez que el vendedor asignado de Sandvik, regrese de una licencia médica.

-Este curso certificará al operador.

7.-Informar sobre los cambios en el manejo del CMRT

8.-Mejorar el mantenimiento de las máquinas herramientas y su calibración

9.-Sentido de trabajo en equipo. Qué puedo hacer frente al mal resultado del compañero?

10.-Control de calidad entre interfaces de trabajo, por ejemplo de torno a fresa. Cómo se está aplicando. Pueden existir mejoras?

11.- Se aclara que las no conformidades aplican a quién pierde las horas

sep-18

Suma de Costo	Total
Forma de mecanizado - Deformación pieza	9708133
Proceso de mecanizado - Diámetro erróneo	3543789
Proceso de mecanizado - Interpretación errónea (cotas y/o posicionamiento)	15793920
Proceso de mecanizado - Longitud errónea	4810515
Terminaciones superficiales y rebarbado	4667402
Total general	38523759

Saludos!

Atte.

Katherine Barrera Pérez

Quality Inspector.

Fuente: Correo respaldo proyecto de mejora 2019, Flowserve Chile SPA

Figura 3-6: Registro de acuerdos para proyecto Scrap 2019

34

3.1.4 Mejorar

En esta etapa se decretaron las soluciones y propuestas de qué mejorar y en qué forma, Figura 3-7.

Problema detectado	Solución propuesta
Debilidad en medición de piezas en operadores y conceptos de tolerancias geometricas y dimensional	Se dicta curso de metrología dimensional y tolerancias para taller de manufactura. Evaluación.
Falta de conocimiento en CNC	Se dicta curso de programación y mecanizado CNC para taller de manufactura. Evaluación.
Debilidad en interpretación de planos	Se realiza capacitación de Interpretación de plano para taller de manufactura. Evaluación.
Nula evidencia de medición en componentes	Se crea registro de control dimensional de uso mandatorio y por cada orden fabricada
Falta de instrumentación y herramientas	Compra de instrumentación nueva en base a levantamiento de inventario en área de calidad y puestos de trabajo en taller de manufactura
Plan de mantenimiento deficiente (Correctivo)	Nuevo plan de mantenimiento preventivo y correctivo en base a participación en proceso productivo y frecuencia de utilización
Falta de maquinaria auxiliar en maniobras de hizaje	Realización de curso de izaje ACHS, compra de montacargas, e instalación de brazos auxiliares mecánicos y tecles eléctricos

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-7: Soluciones propuestas proyecto Scrap 2019

Principalmente en base a los defectos expuestos y data analizada es que se decidió dar el enfoque de la mejora en nuestros operadores del área, puesto que son el principal motivo de la frecuencia de nuestros productos defectuosos y del costo asociado que produce la no calidad en nuestra empresa, permitiendo:

- ✓ Capacitaciones en metrología dimensional, verificación y control de instrumentación. Figura 3-10 y Figura 3-11
- ✓ Interpretación de planos y tolerancias, Figura 3-10
- ✓ Capacitación centro de mecanizado MAZAK, Figura 3-8 y Figura 3-9
- ✓ Kaizen en puestos de trabajo. Figura 3-12

Para lo anteriormente expuesto, se realizaron distintas instancias en conjunto con los supervisores de área y personal que permitiera internalizar nuevos conceptos, nivelación de conocimiento y aprendizaje de nuevas y buenas prácticas, involucrándolos de manera directa y que pudiesen evidenciar porque estamos mejorando y cuál es el impacto de hacerlo, contribuyendo ellos como factor principal.

A continuación, se detallan evidencias de algunas de las soluciones llevadas a cabo.



Fuente: Taller manufactura, Flowserve Chile SPA

Figura 3-8: Capacitación centro de mecanizado MAZAK

PROGRAMACIÓN CAPACITACIÓN FABRICACIÓN DE PARTES EN CENTRO MECANIZADO MAZAK SX

	Pag.	Día
Introducción	3	1
1 Equipo Centro Mecanizado Mazak	4	1
1.1 Seguridad y protección personal	4	1
1.2 Sistemas y componentes principales del equipo	5	1
1.2.A Cabina de mecanizado	5	1
1.2.B Panel de mando	6	1
1.2.C Control MATRIX 2 (Panel de mando)	7	1
1.2.D Sondas RENISHAW	7	1
1.2.E Almacén de herramientas (Magazine)	8	1
1.2.F Cinta extracción de viruta (CONVEYOR)	8	1
1.2.G Sistema hidráulico de refrigerante	8	1
1.2.H Gabinete eléctrico	9	1
1.2.I Bomba de grasa	9	1
1.2.J Sistema oleo hidráulico	9	1
1.2.K Manómetro	9	1
1.2.L Filtro de aire	9	1
1.3 Modos de operación	10	1
RÁPIDO	10	1
HOME	11	1
MEMORY	11	1
MANUAL	11	1
MIDI	12	1
1.4 Operaciones básicas	13	1
1.4.A Encendido/apagado	13	1
1.4.B Activar/desactivar parada de emergencia	13	1
1.4.C Activación bomba de grasa	14	1
1.4.D Activar/desactivar manualmente sistema de refrigerante	15	1
1.4.E Operación de cinta extractora de viruta	16	1
1.4.F Accionamiento manual giro de Husillo	16	1
1.4.G Desplazamiento en modo MANUAL	17	1
1.4.H Desplazamiento en modo RÁPIDO	18	1
1.4.I Desplazamiento en modo HOME	18	1
1.4.J Desplazamiento y accionamiento de husillo con programación manual	19	1
1.5 Mantenimiento y consideraciones básicas del equipo	20	1
2 Mecanizado de partes	21	1
2.1 Ingreso órdenes de producción	21	1
2.2 Búsqueda y selección de TAPE	22	1
2.3 Carga de TAPE en el CNC MAZAK	25	1
2.3.A Por cinta	25	1
2.3.B Por USB	26	1
2.4 Lectura e interpretación de TAPE	27	1
2.5 Montaje y referenciado de herramientas	28	2
2.5.A Montaje y desmontaje de herramientas	28	2
2.5.B Selección y configuración de herramientas	29	2
2.5.C Referenciado de herramientas (longitud)	30	2
2.5.D Suministro de repuestos y herramientas	32	2
2.6 Montaje y referenciado de parte a mecanizar	33	2
2.6.A Referenciado de parte a mecanizar (G54 y G55)	36	2
2.7 Ejecución y control del TAPE	40	2
2.7.A Inicio ejecución de programa	40	2
2.7.B Regular condiciones de mecanizado	40	2
2.7.C Verificar estado de herramientas	41	2
2.7.D Pausar ejecución de programa	41	2
2.7.E Continuar ejecución de programa	41	2
2.7.F Detener ejecución de programa	42	2
2.7.G Reinicio ejecución de programa	42	2
2.8 Liberación de la fabricación	43	2
2.9 Validación de TAPE	44	2
Ejercicios prácticos		3
Evaluación oral de desarrollo y practica al pie de la maquina (Personal)		4

Fuente: Programa capacitación fabricación de partes, Flowserve Chile SPA

Figura 3-9: Programa de capacitación centro mecanizado MAZAK



Fuente: Equipo manufactura, Flowserve Chile SPA

Figura 3-10: Capacitación metrología dimensional e interpretación de planos

Descriptor del curso

Nombre del curso: Metrología dimensional I.

Relator: Katherine Barrera Pérez.

Duración: 120 minutos.

Contexto: Con el fin de asegurar el cumplimiento de especificaciones dimensionales de manufactura, se aplica esta actividad al personal de torneros, fresadores y ensambladores de precisión.

Modalidad Instruccional: Presencial, impartida por un relator. Inicialmente se aplicará un cuestionario diagnóstico para establecer un nivel base de inicio.

Objetivo general: Estandarizar la aplicación de las técnicas de medición empleadas en manufactura de partes.

Ponderación de unidades.

1. 35%

2. 35%

3. 50%

Unidad Programática	Objetivo específico Al término de la unidad los participantes estarán en condiciones de:	Contenido programático	HR T [min]	HR P [min]	HRT ot[m in]
Selección	Identificar y comprender conceptos generales de metrología.	- Calibración. - Tolerancia. - Patrón. - Resolución. - Trazabilidad. - Repetitividad. - Incertidumbre. - Reproducibilidad. - Rango. - Metrología.	35	-	35
Condiciones de aplicación	Comprender e identificar condiciones de medición.	- Tipo de material. - Temperatura. - Humedad. - Limpieza. - Estado de partes. - Manipulación. - Área de trabajo.	20	20	40
Técnica	Aplicar técnicas de medición.	- Rango - Verificación periodo de calibración (certificados). - Verificación de patrón. - Errores comunes. - Método de medición.	20	25	45

Contenido programático	HR T [min]	HR P	HR Tot.	PREMA
- Calibración. - Tolerancia. - Patrón. - Resolución. - Trazabilidad. - Repetitividad. - Incertidumbre. - Reproducibilidad. - Rango. - Metrología.	35	-	35	Evaluación mediante términos pareados (Ejemplos y concepto) 100%
- Tipo de material. - Temperatura. - Humedad. - Limpieza. - Estado de partes. - Manipulación. - Área de trabajo.	20	20	40	Evaluación mediante orden de secuencia enunciado de conceptos. 100%
- Rango - Verificación periodo de calibración (certificados). - Verificación de patrón. - Errores comunes. - Método de medición.	20	25	45	Evaluación mediante aplicación de conceptos medición práctica.

Fuente: Curso metrología dimensional, Flowserve Chile SPA

Figura 3-11: Descriptor de capacitación metrología dimensional

FLOWSERVE

RESUMEN DE UNA PAGINA KAIZEN

PROBLEMA :

Durante proceso de entrega de piezas para revisión a control de calidad, éstas eran acumuladas sin orden de prioridad , desconociendo las con mayor atraso, lo que influía al final del día en un atraso mayor para los componentes que ya contaban con fecha de entrega vencida o alguna emergencia solicitada al día.

OBJETIVO :

Diseñar un método por medio de colores para establecer criterios de revisión en base a tiempo de control por medio de gomas de colores adheridas en mesones de recepción de componentes.

EQUIPO DE TRABAJO :

Katherine Barrera Pérez, Quality Inspector.

CONDICIÓN PREVIA :

Antes de la mejora, el mesón de recepción de calidad se encontraba sin delimitación ni orden, por lo que las piezas eran dejadas ahí por orden de llegada y la revisión era aleatoria.



PRINCIPALES CAUSAS IDENTIFICADAS :

Se detectó que las prioridades de revisión en los componentes entregados se realizaban de forma verbal y ocasionalmente, impidiendo el flujo normal y directo de información incurriendo habitualmente en atraso en el tiempo de liberación por parte de control de calidad.

RESULTADOS :

Se realiza adquisición de gomas de colores (verde, amarillo y rojo) para identificación de prioridad de revisión en área de calidad, estableciendo urgencia y días para su revisión correspondiente. RIVO13533621

FOTOGRAFÍAS O GRÁFICO DE LA MEJORA :



LOGROS :

Mejora en la organización, distribución y visualización de la entrega de componentes a control de calidad, permitiendo que el proceso de liberación sea fluido y categorizado, evitando atrasos.

	Número total de operarios que usan mesas	Beneficio [USD/año]
Mejora	10	5000
Ahorro Anual [USD]		\$ 5.000

NOMBRE DEL KAIZEN:

PRIORIDAD DE COMPONENTES EN RECEPCIÓN DE CONTROL DE CALIDAD.

SEPTIEMBRE, 2019

FLOWSERVE

ONE PAGE SUMMARY KAIZEN

PROBLEMA :

Durante el proceso de mecanizado en equipo CNC se debe realizar cambio de herramientas dependiendo de los trabajos a realizar, se detecta que las herramientas utilizadas no cuentan con buena señalización que ayude al operador a su fácil identificación.

OBJETIVO:

Mejorar y optimizar el proceso identificación y selección de herramientas utilizadas en equipo CNC-Hass.

EQUIPO DE TRABAJO:

Victor Araya Manufacturing Operator (Líder)

PRE-CONDICION/CONDICION POSTERIOR:



LISTADO DE HERRAMIENTAS CNC-HASS

Herramientas de Corte y Terminación Exterior	Herramientas de Corte y Terminación Interior	Herramientas de Corte y Terminación Final
• T01	• T02	• T03
• T04	• T05	• T06
• T07	• T08	• T09
• T10	• T11	• T12
• T13	• T14	• T15
• T16	• T17	• T18
• T19	• T20	• T21
• T22	• T23	• T24
• T25	• T26	• T27
• T28	• T29	• T30
• T31	• T32	• T33
• T34	• T35	• T36
• T37	• T38	• T39
• T40	• T41	• T42
• T43	• T44	• T45
• T46	• T47	• T48
• T49	• T50	• T51
• T52	• T53	• T54
• T55	• T56	• T57
• T58	• T59	• T60
• T61	• T62	• T63
• T64	• T65	• T66
• T67	• T68	• T69
• T70	• T71	• T72
• T73	• T74	• T75
• T76	• T77	• T78
• T79	• T80	• T81
• T82	• T83	• T84
• T85	• T86	• T87
• T88	• T89	• T90
• T91	• T92	• T93
• T94	• T95	• T96
• T97	• T98	• T99
• T100	• T101	• T102
• T103	• T104	• T105
• T106	• T107	• T108
• T109	• T110	• T111
• T112	• T113	• T114
• T115	• T116	• T117
• T118	• T119	• T120
• T121	• T122	• T123
• T124	• T125	• T126
• T127	• T128	• T129
• T130	• T131	• T132
• T133	• T134	• T135
• T136	• T137	• T138
• T139	• T140	• T141
• T142	• T143	• T144
• T145	• T146	• T147
• T148	• T149	• T150
• T151	• T152	• T153
• T154	• T155	• T156
• T157	• T158	• T159
• T160	• T161	• T162
• T163	• T164	• T165
• T166	• T167	• T168
• T169	• T170	• T171
• T172	• T173	• T174
• T175	• T176	• T177
• T178	• T179	• T180
• T181	• T182	• T183
• T184	• T185	• T186
• T187	• T188	• T189
• T190	• T191	• T192
• T193	• T194	• T195
• T196	• T197	• T198
• T199	• T200	• T201
• T202	• T203	• T204
• T205	• T206	• T207
• T208	• T209	• T210
• T211	• T212	• T213
• T214	• T215	• T216
• T217	• T218	• T219
• T220	• T221	• T222
• T223	• T224	• T225
• T226	• T227	• T228
• T229	• T230	• T231
• T232	• T233	• T234
• T235	• T236	• T237
• T238	• T239	• T240
• T241	• T242	• T243
• T244	• T245	• T246
• T247	• T248	• T249
• T250	• T251	• T252
• T253	• T254	• T255
• T256	• T257	• T258
• T259	• T260	• T261
• T262	• T263	• T264
• T265	• T266	• T267
• T268	• T269	• T270
• T271	• T272	• T273
• T274	• T275	• T276
• T277	• T278	• T279
• T280	• T281	• T282
• T283	• T284	• T285
• T286	• T287	• T288
• T289	• T290	• T291
• T292	• T293	• T294
• T295	• T296	• T297
• T298	• T299	• T300
• T301	• T302	• T303
• T304	• T305	• T306
• T307	• T308	• T309
• T310	• T311	• T312
• T313	• T314	• T315
• T316	• T317	• T318
• T319	• T320	• T321
• T322	• T323	• T324
• T325	• T326	• T327
• T328	• T329	• T330
• T331	• T332	• T333
• T334	• T335	• T336
• T337	• T338	• T339
• T340	• T341	• T342
• T343	• T344	• T345
• T346	• T347	• T348
• T349	• T350	• T351
• T352	• T353	• T354
• T355	• T356	• T357
• T358	• T359	• T360
• T361	• T362	• T363
• T364	• T365	• T366
• T367	• T368	• T369
• T370	• T371	• T372
• T373	• T374	• T375
• T376	• T377	• T378
• T379	• T380	• T381
• T382	• T383	• T384
• T385	• T386	• T387
• T388	• T389	• T390
• T391	• T392	• T393
• T394	• T395	• T396
• T397	• T398	• T399
• T400	• T401	• T402
• T403	• T404	• T405
• T406	• T407	• T408
• T409	• T410	• T411
• T412	• T413	• T414
• T415	• T416	• T417
• T418	• T419	• T420
• T421	• T422	• T423
• T424	• T425	• T426
• T427	• T428	• T429
• T430	• T431	• T432
• T433	• T434	• T435
• T436	• T437	• T438
• T439	• T440	• T441
• T442	• T443	• T444
• T445	• T446	• T447
• T448	• T449	• T450
• T451	• T452	• T453
• T454	• T455	• T456
• T457	• T458	• T459
• T460	• T461	• T462
• T463	• T464	• T465
• T466	• T467	• T468
• T469	• T470	• T471
• T472	• T473	• T474
• T475	• T476	• T477
• T478	• T479	• T480
• T481	• T482	• T483
• T484	• T485	• T486
• T487	• T488	• T489
• T490	• T491	• T492
• T493	• T494	• T495
• T496	• T497	• T498
• T499	• T500	• T501
• T502	• T503	• T504
• T505	• T506	• T507
• T508	• T509	• T510
• T511	• T512	• T513
• T514	• T515	• T516
• T517	• T518	• T519
• T520	• T521	• T522
• T523	• T524	• T525
• T526	• T527	• T528
• T529	• T530	• T531
• T532	• T533	• T534
• T535	• T536	• T537
• T538	• T539	• T540
• T541	• T542	• T543
• T544	• T545	• T546
• T547	• T548	• T549
• T550	• T551	• T552
• T553	• T554	• T555
• T556	• T557	• T558
• T559	• T560	• T561
• T562	• T563	• T564
• T565	• T566	• T567
• T568	• T569	• T570
• T571	• T572	• T573
• T574	• T575	• T576
• T577	• T578	• T579
• T580	• T581	• T582
• T583	• T584	• T585
• T586	• T587	• T588
• T589	• T590	• T591
• T592	• T593	• T594
• T595	• T596	• T597
• T598	• T599	• T600
• T601	• T602	• T603
• T604	• T605	• T606
• T607	• T608	• T609
• T610	• T611	• T612
• T613	• T614	• T615
• T616	• T617	• T618
• T619	• T620	• T621
• T622	• T623	• T624
• T625	• T626	• T627
• T628	• T629	• T630
• T631	• T632	• T633
• T634	• T635	• T636
• T637	• T638	• T639
• T640	• T641	• T642
• T643	• T644	• T645
• T646	• T647	• T648
• T649	• T650	• T651
• T652	• T653	• T654
• T655	• T656	• T657
• T658	• T659	• T660
• T661	• T662	• T663
• T664	• T665	• T666
• T667	• T668	• T669
• T670	• T671	• T672
• T673	• T674	• T675
• T676	• T677	• T678
• T679	• T680	• T681
• T682	• T683	• T684
• T685	• T686	• T687
• T688	• T689	• T690
• T691	• T692	• T693
• T694	• T695	• T696
• T697	• T698	• T699
• T700	• T701	• T702
• T703	• T704	• T705
• T706	• T707	• T708
• T709	• T710	• T711
• T712	• T713	• T714
• T715	• T716	• T717
• T718	• T719	• T720
• T721	• T722	• T723
• T724	• T725	• T726
• T727	• T728	• T729
• T730	• T731	• T732
• T733	• T734	• T735
• T736	• T737	• T738
• T739	• T740	• T741
• T742	• T743	• T744
• T745	• T746	• T747
• T748	• T749	• T750
• T751	• T752	• T753
• T754	• T755	• T756
• T757	• T758	• T759
• T760	• T761	• T762
• T763	• T764	• T765
• T766	• T767	• T768
• T769	• T770	• T771
• T772	• T773	• T774
• T775	• T776	• T777
• T778	• T779	• T780
• T781	• T782	• T783
• T784	• T785	• T786
• T787	• T788	• T789
• T790	• T791	• T792
• T793	• T794	• T795
• T796	• T797	• T798
• T799	• T800	• T801
• T802	• T803	• T804
• T805	• T806	• T807
• T808	• T809	• T810
• T811	• T812	• T813
• T814	• T815	• T816
• T817	• T818	• T819
• T820	• T821	• T822
• T823	• T824	• T825
• T826	• T827	• T828
• T829	• T830	• T831
• T832	• T833	• T834
• T835	• T836	• T837
• T838	• T839	• T840
• T841	• T842	• T843
• T844	• T845	• T846
• T847	• T848	• T849
• T850	• T851	• T852
• T853	• T854	• T855
• T856	• T857	• T858
• T859	• T860	• T861
• T862	• T863	• T864
• T865	• T866	• T867
• T868	• T869	• T870
• T871	• T872	• T873
• T874	• T875	• T876
• T877	• T878	• T879
• T880	• T881	• T882
• T883	• T884	• T885
• T886	• T887	• T888
• T889	• T890	• T891
• T892	• T893	• T894
• T895	• T896	• T897
• T898	• T899	• T900
• T901	• T902	• T903
• T904	• T905	• T906
• T907	• T908	• T909
• T910	• T911	• T912
• T913	• T914	• T915
• T916	• T917	• T918
• T919	• T920	• T921
• T922	• T923	• T924
• T925	• T926	• T927
• T928	• T929	• T930
• T931	• T932	• T933
• T934	• T935	• T936
• T937	• T938	• T939
• T940	• T941	• T942
• T943	• T944	• T945
• T946	• T947	• T948
• T949	• T950	• T951
• T952	• T953	• T954
• T955	• T956	• T957
• T958	• T959	• T960
• T961	• T962	• T963
• T964	• T965	• T966
• T967	• T968	• T969
• T970	• T971	• T972
• T973	• T974	• T975
• T976	• T977	• T978
• T979	• T980	• T981
• T982	• T983	• T984
• T985	• T986	• T987
• T988	• T989	• T990
• T991	• T992	• T993
• T994	• T995	• T996
• T997	• T998	• T999
• T1000	• T1001	

3.1.5 Controlar

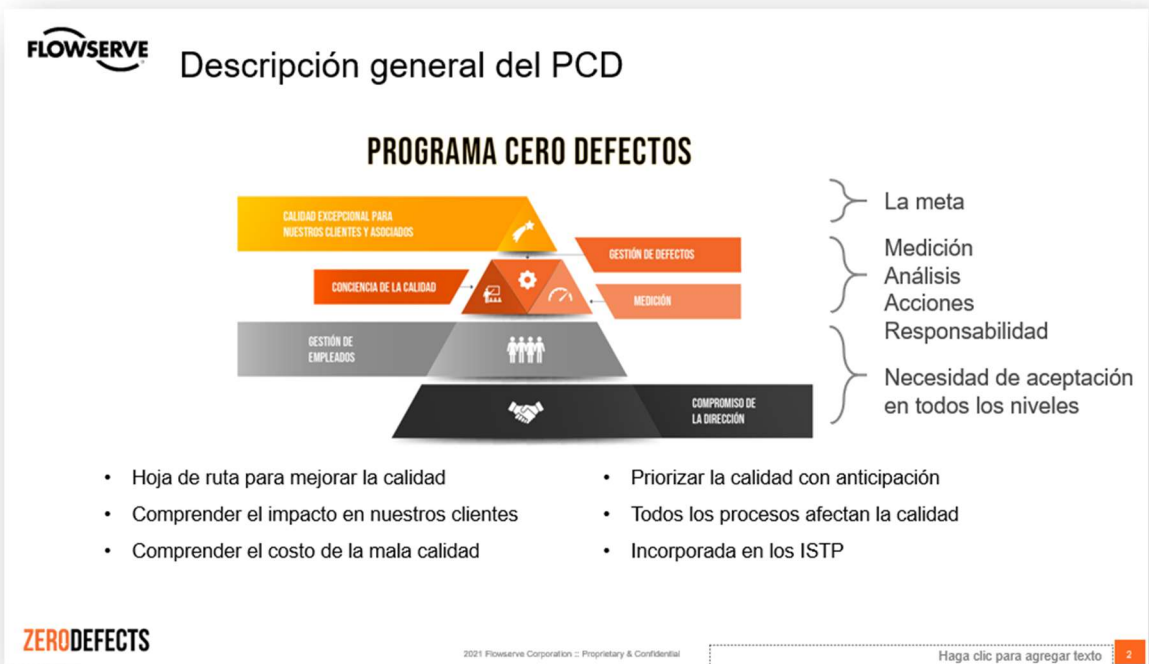
Etapa final y una de las más importantes, ya que, al alcanzar los resultados esperados mediante las mejoras llevadas a cabo después de las 4 anteriores es importante que se mantengan en el tiempo, se hagan parte de los procesos como estándar y para ello es de vital importancia el trabajo en equipo de las personas involucradas en el proceso.

Para ello, se determinaron actividades y controles físicos que permitieran medir que las mejoras fueran permanentes en el tiempo.

Detalle:

- Semana de cero defectos, Figura 3-13
- Informe control dimensional, Figura 3-14
- Reporte de horas Scrap por operador mensual, Figura 3-15
- Charlas diarias
- Pañol de instrumentación
- Uso de plataforma IntellaQuest

Cada una de estas herramientas ha permitido que las mejoras realizadas ya sean parte de nuestros procesos productivos tanto en las áreas de calidad, seguridad y manufactura, creando conciencia y haciendo partícipe principalmente a los operadores en el análisis, soluciones y mejoras de cada uno de los productos generados con defecto para ir en contribución de que nuestro riesgo de generar Scrap vaya disminuyendo cada día.



Fuente: Flowserve Chile SPA

Figura 3-13: Programa de cero defectos Flowserve



INFORME CONTROL DIMENSIONAL

CLIENTE:

DESCRIPCIÓN PIEZA:

NÚMERO OP:

REPBAANT:

CANTIDAD PIEZAS:

COMPONENTE RECUPERADO

COMPONENTE FABRICADO

FECHA: / /

TIPO DE MATERIAL:

CERTIFICADO

SI

NO

PLANO N°

MECANIZADA POR:

INSPECCIONADA POR:

TIPO DE MECANIZADO:

1 - DESBASTE

2 - SEMI DESBASTE

3 - SEMI AFINADO

4 - AFINADO

		DIMENSIONES SOLICITADAS																			
N° PIEZA	TOL. (mm)	-		+		-		+		-		+		-		+		-		+	
		1																			
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					

MARCAJE
PIEZA

SI

NO

ID INSTRUMENTO:

INSPECTOR DE CALIDAD:

APLICA

SI

NO

DUREZA OBTENIDA:

TRATAMIENTO TÉRMICO

DUREZA SOLICITADA:

N° CERTIFICADO

PROVEEDOR

APLICA

SI

NO

TIPO:

ENSAYO NO DESTRUCTIVO

1. Tintas Penetrantes

2. Ultrasonido

3. Partículas Magnéticas

4. Otro

N° CERTIFICADO

PROVEEDOR

OBS:

Fuente: Documento corporativo SIG, Flowserve Chile SPA

Figura 3-14: Informe control dimensional

Año	Ident.	Employee Last Name	Horas Marca Reloj	Horas Extras	% de utilización	Horas fabricadas reportadas	Horas no productivas reportadas	Total de horas posteadas	Cantidad de piezas procesadas	Cuenta de órdenes de producción	Horas Scrap
2019	CB-Ene	Camilo Beroiza	171	37,17	66%	136,5	67,5	204	48	29	0
2019	CB-Feb	Camilo Beroiza	180	22	46%	92,5	110	202,5	63	41	0
2019	CB-Mar	Camilo Beroiza	170,58	8,02	56%	99,5	63,5	163	54	22	0
2019	CB-Abr	Camilo Beroiza	152,32	10,52	78%	126,5	34,5	161	39	24	0
2019	CB-May	Camilo Beroiza	183	0	92%	169	20	189	108	16	0
2019	CB-Jun	Camilo Beroiza	179	2	88%	160	7	167	69	14	0
2019	CB-Jul	Camilo Beroiza	198	0	54%	107	91	198	65	12	0
2019	CB-Ago	Camilo Beroiza	180	0	50%	90,25	87,5	177,75	42	32	23
2019	CB-Sep	Camilo Beroiza	162	3	84%	138	20	158	67	17	0
2019	CB-Oct	Camilo Beroiza	170	13	52%	96	84	180	61	30	0
2019	CB-Nov	Camilo Beroiza	177	27	73%	150	27	177	87	38	0
2019	CB-Dic	Camilo Beroiza	143	24	48%	81	71	151	29	18	0

Fuente: Reporte de operaciones, Flowserve Chile SPA

Figura 3-15: Ejemplo de reporte de horas Scrap

3.2 IDENTIFICACIÓN DE COSTOS

Para implementar y llevar a cabo la mejora detallada anteriormente, fue necesario determinar los costos asociados para cada etapa del desarrollo de esta herramienta y posteriormente el ahorro generado por las mismas.

Como esta herramienta de mejora continua es parte de una cultura, y propia del área a mejorar, fue de vital importancia capacitar a todo el personal involucrado, desde el gerente de planta hasta los operarios, utilizando gran tiempo del personal para la asistencia a capacitaciones, la implementación de nuevas prácticas, entre otros. Por lo que, fue necesario determinar el costo de hora hombre de todos los involucrados, como se muestra en la figura 3-16 y 3-17

	Operarios		Supervisor	
Sueldo	USD	924	USD	2.915
Semana		4		4
Hor/Sem		45		45
Costo HH	USD	5	USD	16
Costo HE (50%)	USD	8	USD	24

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-16: Costo hora hombre-manufactura de partes

	Ingeniero de operaciones		Inspector de calidad		Ingeniero de manufactura	
Sueldo	USD	1.918	USD	1.776	USD	1.918
Semana		4		4		4
Hor/Sem		45		45		45
Costo HH	USD	11	USD	10	USD	11
Costo HE (50%)	USD	16	USD	15	USD	16

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-17: Costo hora hombre operaciones

Hay que mencionar que los valores nominales para determinar lo obtenido fueron entregados por el área de finanzas de Flowserve Chile, en pro de la veracidad del costo analizado. Por otra parte, se estableció por medio del gerente de planta trabajar con un estándar de 45 horas semanales, sin contabilizar horas extras por la variabilidad del proceso dependiendo de la carga de trabajo mensualmente.

3.3 COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN

Como se mencionó recientemente, para llevar a cabo la implementación de la mejora, se necesitó realizar capacitaciones en distintos tópicos para nivelar e internalizar conceptos y nuevas prácticas que nos permitieran concientizar a los trabajadores como también capacitarlos adecuadamente para no incurrir en posibles fallas.

Se detalla a continuación las reuniones y/o capacitaciones dictadas, Figura 3-18 y 3-19:

- Reunión mensual, objetivos y desarrollo (1,35 h)
- Capacitación Metrología Dimensional I (8 h)
- Capacitación Fabricación de partes centro mecanizado MAZAK (18 h)
- Capacitación Interpretación de planos (12 h)

Capacitación :	Introducción e importancia metodología DMAIC				
	N° personas	Hrs. Capac.	Costo HH	Costo total	
Gerente	1	2	USD 38	USD	76
Supervisor	1	2	USD 16	USD	32
Operadores	11	2	USD 5	USD	110
Ingeniero OP	1	2	USD 11	USD	22
Ingeniero Man	1	2	USD 11	USD	22
	TOTAL CAPACITACIÓN			USD	262

Capacitación :	Reunión mensual				
	N° personas	Hrs. Capac.	Costo HH	Costo total	
Gerente	1	1,3	USD 38	USD	49
Supervisor	1	1,3	USD 16	USD	21
Operadores	11	1,3	USD 5	USD	72
Ingeniero OP	1	1,3	USD 11	USD	14
Ingeniero Man	1	1,3	USD 11	USD	14
	TOTAL CAPACITACIÓN MENSUAL			USD	170
		TOTAL ANUAL		USD	2.042

Capacitación :	Metrología dimensional				
	N° personas	Hrs. Capac.	Costo HH	Costo total	
Supervisor	1	8	USD 16	USD	129
Operadores	11	8	USD 5	USD	451
Ingeniero OP	1	8	USD 11	USD	85
Ingeniero Man	1	8	USD 11	USD	85
	TOTAL CAPACITACIÓN			USD	751

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-18: Detalle de costos de implementación DMAIC

Capacitación :	Fabricación de partes MAZAK					
	N° personas	Hrs. Capac.	Costo HH		Costo total	
Supervisor	1	18	USD	16	USD	288
Operadores	11	18	USD	5	USD	990
Ingeniero OP	1	18	USD	11	USD	198
Ingeniero Man	1	18	USD	11	USD	198
	TOTAL CAPACITACIÓN				USD	1.674

Capacitación :	Interpretación de planos					
	N° personas	Hrs. Capac.	Costo HH		Costo total	
Supervisor	1	12	USD	16	USD	192
Operadores	11	12	USD	5	USD	660
Ingeniero OP	1	12	USD	11	USD	132
Ingeniero Man	1	12	USD	11	USD	132
	TOTAL CAPACITACIÓN				USD	1.116
	Total en capacitaciones y reuniones				USD	5.845

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-19: Detalle de costos de implementación DMAIC

Por otra parte, se generaron costos de insumos para facilitar las distintas capacitaciones, se detalla a continuación en la Figura 3-20

Materiales	Costo total USD
Papeleria y anillado	\$ 35,5
Impresión	\$ 18,8
Control visual (etiquetas)	\$ 92,4
Panel Calidad	\$ 284,4
Mesones y engomado	\$ 1.561,3
TOTAL	\$ 1.992,5

Fuente: Elaboración propia

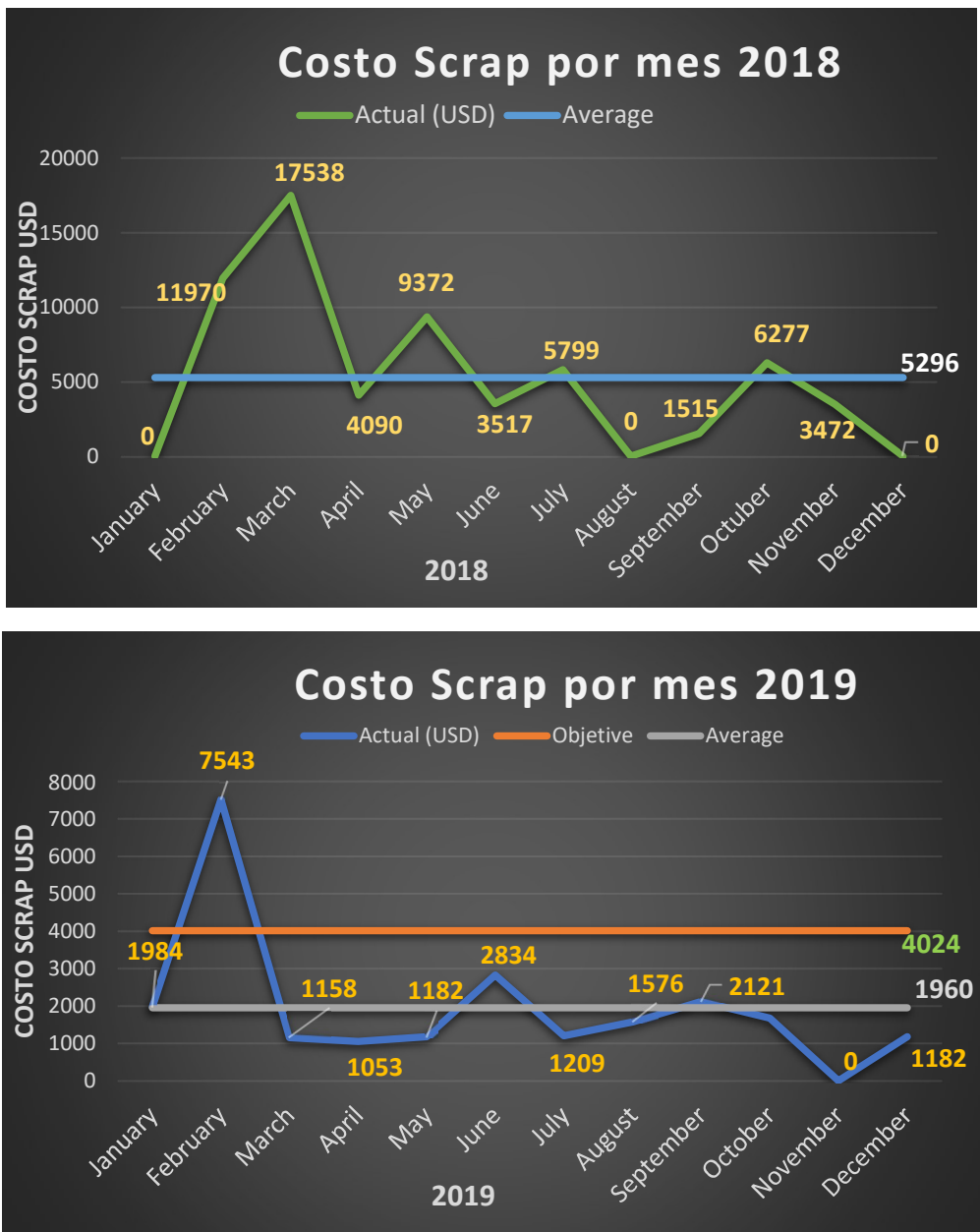
Figura 3-20: Detalle del costo de insumos de la implementación DMAIC

Para concluir se ascendió a la suma de \$7.837,4 USD en total de costo invertido para llevar a cabo la implementación de la mejora desarrollada en el proceso de fabricación de partes.

3.4 AHORRO GENERADO

Como etapa final se procede a evidenciar el ahorro generado con la mejora implementada en el proceso de fabricación de partes, correspondiente a la reducción de productos defectuosos, mediante la optimización del proceso, con buenas prácticas, niveles de conocimiento para todos los operadores e internalizar el concepto de mejora continua, lo cual se vio reflejado en el total anual generado por ítem de Scrap y sus respectivas cantidades de acuerdo a los códigos de defectos y variables críticas que se mejoraron o controlaron pudiendo minimizar el riesgo y mejorando considerablemente el proceso de manufactura de repuestos y/o productos.

Para poder evidenciar el ahorro se tomó como referencia la data histórica del año 2018 para contrastar con el año 2019, lo que nos permitió reflejar el cambio generado en la reducción del costo de los productos defectuosos como también la cantidad generada anualmente como se aprecia en la Figura 3-21 y Figura 3-22.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-21: Costos de Scrap mensual año 2018 - 2019

Mes	Cantidad de piezas SCRAP - Año 2018	Cantidad de piezas SCRAP - Año 2019
Enero	0	5
Febrero	6	3
Marzo	5	5
Abril	3	3
Mayo	4	2
Junio	3	8
Julio	4	4
Agosto	0	2
Septiembre	5	1
Octubre	8	2
Noviembre	6	0
Diciembre	0	2
Total	44	37

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-22: Detalle de piezas Scrap año 2018 - 2019

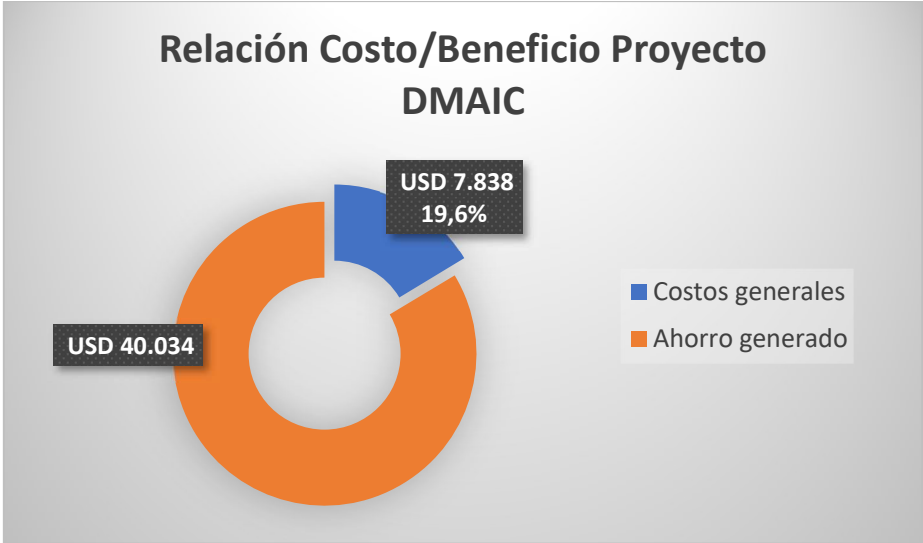
Se evidencia también una reducción del 16% de rebaja en la cantidad de piezas producidas con defecto, como también una baja en el promedio mensual de Scrap generados.

Concepto	2018	Objetivo	2019	Ahorro
Costo Scrap	USD 63.551	USD 48.288	USD 23.517	USD 40.034
Promedio Scrap	USD 5.296	USD 4.024	USD 1.960	62%

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-23: Cuadro resumen proyecto DMAIC 2019

Expuesto lo anterior, Figura 3-23, el ahorro generado fue de 40.034 USD, es decir se redujo en un 62% el costo asociado a este concepto. Ahora bien, la relación en que mejor reflejada se vio el beneficio de la implementación de esta herramienta para el proceso de fabricación es el costo total para llevar a cabo el proyecto en contraste con el ahorro generado al concluir el ciclo de DMAIC, como se muestra en la Figura 3-24, el proyecto llevado a cabo sólo necesito de un 20% aproximadamente para originar una ganancia libre de 32.197 USD.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-24: Costo – Beneficio de la mejora

CONCLUSIONES DE LA MEJORA IMPLEMENTADA

1. Con el análisis de la implementación de la metodología DMAIC en el proceso de fabricación de partes, se visualiza una mejora considerable del 62% de reducción entre el año 2018 y año 2019, obteniendo una reducción en costos de 63.551 USD a 23.517 USD, con un ahorro total de 32.197 USD lo que permite establecer un escenario con mayor beneficio de lo esperado al comienzo del proyecto, se superó el objetivo planteado.

2. El desarrollo de la implementación DMAIC permitió identificar variables críticas del proceso de fabricación de partes, mejorarlas y/o controlarlas, contribuyendo a un mayor involucramiento por parte tanto de los trabajadores como de la alta dirección generando una mejora a nivel transversal.

3. El proyecto de mejora también permitió estandarizar formas de trabajo, fomentar buenas prácticas y capacitar de manera integral a los trabajadores, nivelando sus conocimientos técnicos y de mejora continua, y a su vez permitiendo motivarlos a contribuir de acuerdo con sus requerimientos y necesidades para un proceso óptimo al momento de fabricar repuestos nuevos.

4. El cumplimiento del objetivo general de este proyecto fue cumplido por sobre lo establecido, lo que nos permitió poder alcanzar un nivel de mayor excelencia en calidad para con nuestros clientes, situándonos como proveedores de excelencia en nuevas licitaciones o contratos debido al nivel alcanzado con la implementación de DMAIC.

BIBLIOGRAFÍA

FLOWSERVE CORPORATION. Nuestra historia [en línea]

<<https://www.flowserve.com/es/about-us/this-is-flowserve/flowserve-history>> [consulta: Abril 2021]

HUMBERTO GUTIÉRREZ Y ROMÁN DE LA VARA SALAZAR. Control estadístico de calidad y Seis Sigma. 3ª edición. España: McGraw-Hill, 2013. 468 p. ISBN 6071509297

FLOWSERVE CORPORATION. Plataforma LMS – Curso Lean Manufacturing [en línea]

<<https://www.flowserve.com/es/about-us/this-is-flowserve/flowserve-history>> [consulta: Julio 2018]