

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD



PROYECTO DE INTERVENCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE ÓRDENES DE
VENTA SUCIAS EN EMPRESA TECNOLÓGICA EN JALISCO

Trabajo recepcional que para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD

Presentan: Edgar Alan Munguia Rivera

Asesor: José Juan Calzada López

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. Octubre 2019.

Contenido

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.....	0
Índice de siglas.....	3
Abstract.....	4
Agradecimientos.....	5
1. FUNDAMENTACIÓN DEL TRABAJO.....	6
1.1. Identificación y caracterización del problema a atender.....	7
1.2. Contexto de la propuesta de intervención.....	11
1.2.2. Contexto de la industria.....	11
1.2.1. Contexto de la empresa.....	13
1.2.4. Matriz de marco lógico.....	14
1.3. Objetivos de la intervención.....	16
1.4. Delimitaciones y área funcional a intervenir.....	16
1.5. Justificación y pertinencia del trabajo.....	17
2. Marco conceptual o de referencia.....	18
2.1. Estado de la cuestión.....	19
2.2. Conceptos y enfoques teóricos relacionados.....	20
2.3. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo.....	22
3. Estrategia metodológica o de intervención.....	23
3.1. Justificación de la estrategia metodológica.....	24
3.1.1. Consideraciones costo/beneficio de la estrategia.....	24
3.2. Herramientas e instrumentos.....	25
3.3. Muestra o sujetos de investigación.....	30
3.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención.....	31
3.4.1. Cronograma de trabajo.....	33
3.4.2. Imprevistos.....	34
3.5. Metas de información.....	34

4. Exposición de hallazgos	37
4.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición.....	38
4.2. Organización de la información obtenida	40
4.3. Impacto de la estrategia en la organización.....	53
4.3.1. Alineación con la estrategia general de la organización	73
5. Discusión final	74
5.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia.....	75
5.1.1. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes	77
5.2. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso	77
Índice de figuras.....	80
Índice de tablas.....	81
Bibliografía	82
Índice de materias	83
Anexos.....	85

Índice de siglas

DMAIC – Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.

PBI – Power Business Intelligence

TI – Tecnologías de información.

PEPSC – Proveedor, Entrada, Proceso, Salida, Cliente

AMEF – Análisis de modo y efecto de fallas

GCT – Gestión de la Calidad Total

RACI – Responsable, Aprobador, Consultado, Informado

ADP – Administración de Datos del Producto

INP – Introducción de Nuevos Productos

GO – Gestión de Órdenes

Abstract

Una empresa de tecnología en Jalisco tiene un área encargada de procesar órdenes de venta y darles seguimiento a través de los procesos y sistemas hasta el proveedor de manufactura, una porción de estas órdenes llega a una etapa avanzada del flujo con errores no detectados en los filtros previos, conocidas como órdenes sucias. Esta problemática genera retrasos en el cumplimiento de las órdenes, impacto en el flujo de efectivo de la compañía y en la satisfacción del cliente.

El objetivo del proyecto es establecer un proceso de medición de estas órdenes y complementar la estrategia actual de contener los problemas solucionándolos en el corto plazo con un análisis interdisciplinario basado en herramientas de calidad y estadísticas, que permitan identificar las causas que generan estos errores e implementar soluciones que incrementen la efectividad del proceso, para ello se hace una evaluación sobre las metodologías de solución de problemas o de mejora continua que podrían adaptarse mejor al escenario descrito.

Posterior a la selección de la metodología, se implementa un sistema de medición con la capacidad de proporcionar datos más limpios del año 2019 y en consecuencia se elaboran gráficas de tendencia, tablas de información, estadística descriptiva e inferencial, segmentación de datos para que el equipo de trabajo analice los resultados y delimite el alcance solamente sobre las causas que tienen mayor contribución al problema. Se diseñan en consenso un conjunto de soluciones para llenar los vacíos dentro del proceso, con estas implementaciones se realizan nuevas mediciones para observar el rendimiento del proceso mejorado.

Finalmente se verifica estadísticamente la mejora del proceso y se documenta la información relacionada al proyecto para asegurar la continuidad de la operación, además se emiten recomendaciones a mediano plazo para la medición del proceso, su evaluación estadística y realizar investigaciones adicionales para mejorar la otra porción de errores, fuera del alcance de este proyecto, que tiene una contribución importante al problema.

Agradecimientos

A mis padres por haberme dado las herramientas necesarias para llegar hasta aquí.

A Carmen y Renata por impulsarme a seguir adelante todos los días.

1. FUNDAMENTACIÓN DEL TRABAJO

Este trabajo aborda un problema desde la perspectiva de gestión de la calidad que ocurre en un proceso de negocios. Existen múltiples metodologías para desarrollar proyectos que contrastan por las herramientas que contienen, algunas se ajustan solamente para ciertos modelos, hay metodologías que funcionan mejor cuando la magnitud del problema es menor y otras cuando es mayor, también se podrán seleccionar con base en el objetivo que se haya planteado como puede ser mejorar un proceso o si se busca corregir una deficiencia, todos estos factores aunados a otros tantos deberán evaluarse para determinar la más adecuada y llevarla a cabo, teniendo en cuenta que no es un proceso típico de manufactura. La principal literatura consultada será sobre las metodologías de calidad, mejora continua y solución de problemas, haciendo énfasis en su aplicación, implementación y mejores prácticas para dirigir el proyecto, así como la información relevante de la industria.

El problema que se desarrolla en esta intervención ha sido señalado por la gerencia como prioritario debido a los costos en los que incurre, el impacto a la satisfacción del cliente y la afectación que se tiene al flujo de efectivo de la empresa, sin embargo, la métrica principal que determinará el éxito del proyecto será la disminución de la fracción defectuosa que se obtenga de las mediciones posteriores a la implementación de las mejoras.

Debido a que la naturaleza del proceso es multidisciplinaria, para la intervención se involucrará a diversas áreas cuya colaboración será determinante para el avance y éxito del proyecto, para ello se deberá acordar en la junta de arranque los roles y responsabilidades de cada grupo, así como los entregables que resulten de las reuniones recurrentes.

1.1. Identificación y caracterización del problema a atender

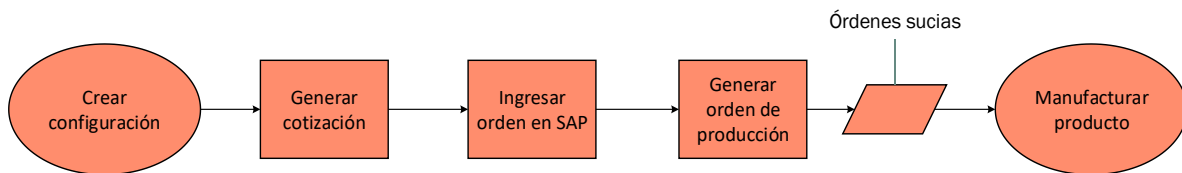
La industria tecnológica en el mundo es una de las más relevantes y mediáticas por su relación directa con la cuarta revolución industrial, que engloba entre muchos elementos, la Inteligencia artificial y el Big data. Estos dos ejes centrales de la industria traen consigo un enorme volumen de datos que requieren de algoritmos cada vez más complejos para procesarlos y de interconexiones a múltiples plataformas. La tendencia de las aplicaciones empresariales es la automatización de los procesos pasando por la digitalización y virtualización de cientos de actividades, desarrollo de nuevas interfaces, migraciones a mejores sistemas de almacenamiento, actualizaciones de programas como los de Planificación de recursos empresariales y Gestión de relaciones con clientes etc. Todo lo anterior ha ocasionado una demanda importante en la mayoría de los sectores de la industria tecnológica, entre estos, los equipos de almacenamiento de información, mejor conocidos como servidores. Un centro de datos se conforma del conjunto de servidores. Principalmente en compañías medianas y grandes, estos se construyen en ubicaciones estratégicas en todo el mundo para cumplir con algunos requisitos técnicos, más adelante se profundizará al respecto. La competencia en el segmento se ha acrecentado con antiguos participantes y nuevas empresas que han ido ganando terreno, algunos de los competidores más relevantes son; Dell, HPE, IBM y Cisco.

La empresa multinacional de Tecnologías de información ubicada en Tlaquepaque, Jalisco, es una de las subsidiarias más grandes del mundo, en ella se concentran diversas áreas que van desde finanzas, cadena de suministros, mercadotecnia, recursos humanos y

operaciones de venta. Dentro del área de operaciones de venta el documento principal con el que se trabaja es la orden de venta cuya función es transferir la información de los productos una vez que se realiza un pedido, algunos datos que se incluyen en el documento son: fecha de entrega del producto, lugar de embarque, nombre del cliente, número de orden de compra, monto de la orden, cantidad, configuración del producto, etc. La calidad debe asegurarse para cumplir con los requerimientos críticos del cliente además de entregar el producto en el tiempo establecido.

Existen divisiones que atienden distintas partes del proceso, las principales son: Procesamiento de órdenes, encargada de ingresar las órdenes de venta al programa de Planificación de recursos empresariales, Calidad y cumplimiento de órdenes, su función es gestionar y resolver las fallas que se presentan a lo largo del flujo de la orden junto con otros equipos de soporte, Gestión de órdenes, para dar seguimiento a la orden hasta que se cierra y el equipo de Atención al cliente quienes son la conexión entre Gestión de órdenes, planta y cliente final. El proceso que se dispara una vez que se realiza la venta de los servidores, inicia con la configuración del producto y la cotización, continua con el ingreso de la orden, posteriormente la generación de la orden en producción y finalmente la manufactura del producto y su embarque, como se demuestra gráficamente en la Figura 1.1.

Figura 1. 1 Diagrama de flujo de la orden



(Munguia, 2019)

Los Fabricantes de diseño original son compañías subcontratadas que absorben los procesos de su cliente y son propietarios del diseño de los productos, esto les permite diversificar su mercado penetrando en industrias fuera de la tecnológica como la textil, metalmecánica o servicios empresariales. Las prácticas de la industria tecnológica de tercerización de servicios tienen ya muchos años, específicamente en la manufactura de sus productos, por ello es necesario mantener una política de calidad de proveedores. Para el caso de esta compañía se hace con 2 Fabricantes de diseño original ubicados en Ciudad Juárez, encargados de generar el 90% de la producción para el mercado norteamericano, una de las restricciones que se tiene es que los proveedores no necesariamente producen todos los modelos disponibles, hay una planta enfocada en elaborar una amplia gama de productos más personalizados, para este trabajo el nombre designado será planta 1,

mientras que la otra enfocada en pocos productos pero de mayor volumen se le denominará planta 2, lo relevante de esta diferenciación es que las problemáticas que se detectan en ambas plantas son diferentes y deberán evaluarse de forma independiente para implementar soluciones a la medida.

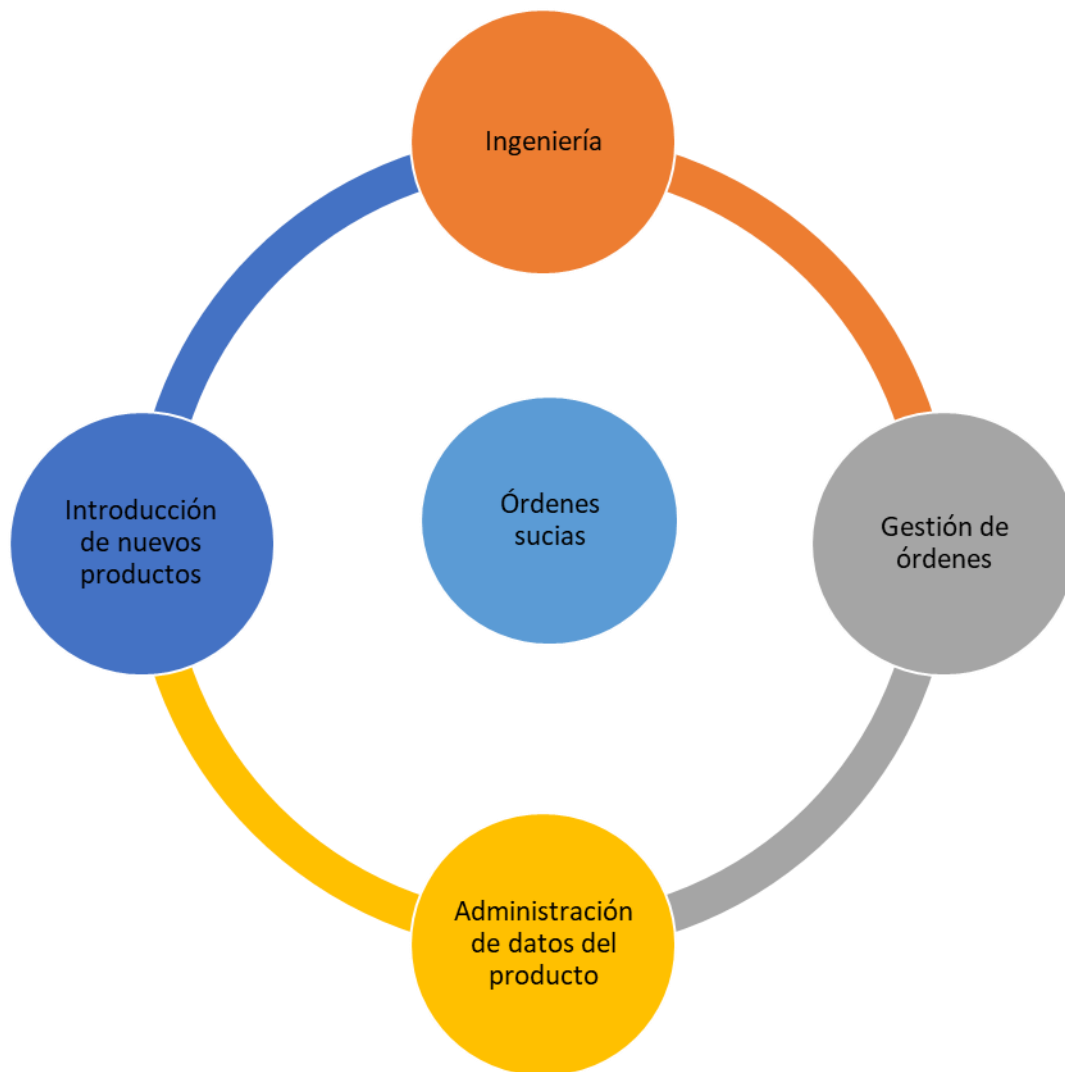
En la empresa existen áreas adicionales de soporte como el equipo de ingeniería que tiene contacto directo con los Fabricantes de diseño original y en conjunto con sus ingenieros se aseguran de que el producto cumpla con las especificaciones de diseño, desde el Firmware hasta la configuración solicitada por el cliente y la validación de funcionalidad, mientras que el equipo de Administración de datos de producto, se asegura de que la Lista de materiales sea correcta y finalmente el grupo de Introducción de nuevos productos que como lo indica su nombre se encarga de que los nuevos productos pasen las pruebas necesarias antes de liberarlos a producción.

El problema de la organización son las órdenes que llegan a planta con Orden de compra sin falla aparente pero una vez que son revisadas por el equipo de ingeniería, antes de iniciar la manufactura del producto, se detecta que hay uno o varios errores, a estas se les llama órdenes sucias. Hay varias formas de identificar órdenes sucias y va en función del tipo de error que se presente, algunas de estas son: validando la orden de producción contra las hojas de especificación, corriendo pruebas de software y verificando la configuración con la Lista de materiales.

Durante el año 2019 el volumen de órdenes bajo esta categoría representa el 8% de fallas. Los problemas pueden ser de distintos tipos, desde la configuración del producto hasta un error en el llenado de los datos en el sistema, en muchas ocasiones resulta en que deba reingresarse la orden y tenga que reiniciarse el reloj del tiempo de entrega con el cliente generando problemas de calidad, flujo de efectivo y satisfacción del cliente, además de los costos adicionales de los recursos enfocados a la solución de estos problemas que se resuelven, pero no desde su causa raíz.

En la Figura 1.2 se observan los procesos que giran en torno a las órdenes sucias:

Figura 1. 2 Procesos involucrados en las órdenes sucias



(Munguia, 2019)

Durante el flujo de la orden hay múltiples controles que tienen como objetivo detectar errores, detener el flujo del proceso por falta de alguna aprobación para configuraciones especiales, cuando hay un problema de fijación de precios etc. Sin embargo, estos no exigen que existan defectos una vez que llega la orden a planta. La complejidad de los productos y sus múltiples componentes son el escenario ideal para que exista una amplia variedad de problemas de calidad, aunado a la falta de categorización de errores estandarizada para elaborar gráficas de tendencia y detectar las fallas que ocurren con mayor frecuencia. En resumen, con los factores anteriormente mencionados sustentan la necesidad de un proyecto que pueda proveer al proceso de una estructura basada en

principios y herramientas de calidad para contribuir a la estrategia de excelencia operativa de la empresa.

1.2. Contexto de la propuesta de intervención

En el 2018 se implementaron una serie de mejoras en los reportes que contienen los datos de las órdenes sucias, la intención en ese momento era programar una serie de reuniones con los equipos involucrados para disminuir el volumen sin embargo dichas reuniones eran poco productivas y muy frecuentes lo cual impedía tener respuestas en poco tiempo, a la postre perdieron relevancia y participantes, aun así lograron sentar las bases de la información para realizar este proyecto, además de que se lograron definir los procesos causales de las fallas.

Las diferentes áreas que interactúan con el proceso descritas en el segmento anterior tienen ubicaciones diferentes, algunas se encuentran en Guadalajara y el resto pueden variar entre Estados Unidos y Puerto Rico, esto no es una restricción en si para el proyecto, pero si es otro componente que considerar para lograr sinergia y sincronización de esfuerzos.

1.2.2. Contexto de la industria

En la industria existen 5 características para operar y construir un centro de datos la ubicación, la estructura, la eficiencia de energía, las energías renovables disponibles y su tipo de almacenamiento. Actualmente para la ubicación la característica más relevante es la densidad de la red de fibra óptica, en el caso de la estructura, la instalación más común es la nube que permite concentrar los centros de datos en unas cuantas ubicaciones con sistemas redundantes en caso de falla, a estos servidores se les conoce como servidores espejo. La eficiencia de la energía se basa en sistemas para direccionar frio o calor al centro de datos y mantenerlo en la temperatura adecuada, como fuente de energía se balancea entre energías sucias y renovables. El 90% del almacenamiento de datos de las empresas siguen utilizando la unidad de disco duro como principal dispositivo. En la Figura 1.3 se puede observar la densidad de los centros de datos en el mapa mundial.

Figura 1. 3 Densidad de los centros de datos



(The Future of Data Centers, 2019)

A mediano plazo ya se visualiza el funcionamiento de los futuros sistemas de almacenamiento de datos en pro de seguir haciéndolos más eficientes, la ubicación de los centros podría orientarse a lugares más gélidos para reducir el consumo de energía, particularmente en la region nórdica que posee este tipo de clima y no es propenso a otros fenómenos naturales como los terremotos, adicionalmente las dimensiones tenderían a reducirse agregando la característica de portabilidad como elemento de ventaja competitiva de las empresas de tecnología. En cuanto a la eficiencia de la energía ya se incorporaría la Inteligencia artificial para regular los sistemas de temperatura además de la elaboración de nuevos materiales de enfriamiento. En los últimos años las empresas grandes de tecnología ya optan por energías renovables en lugar de energías sucias como la hídrica y la eólica. Los discos de estado sólido prevalecen sobre las unidades de disco duro en nuevas adquisiciones, esta tendencia ha provocado que sus precios vayan a la baja. Para representar el crecimiento de este segmento de la industria para 2025 se espera una cantidad de datos almacenados superior a 175 Zettabytes, dimensionado a términos de almacenamiento personal esto equivale a 175,000,000,000 Terabytes. (The Future of Data Centers, 2019)

De acuerdo al IDC (International Data Corporation), una firma estadounidense que provee servicios de consultoría, asesoramiento e inteligencia de mercado, en el 2018 el ingreso por el negocio de los servidores incrementó 38.6% en el primer cuarto del año, los embarques de servidores incrementaron 20.7% año contra año a 2.7 millones de unidades de igual forma al primer cuarto del año (Stolarski, Shirer, & Medvitz, 2018).

El líder del mercado lo encabeza Dell Inc. con una participación del mercado de 19.1% seguido de HPE con 18.6%, le sigue Lenovo, IBM y Cisco con una participación del 5.8%, 5.3% y 5.2% respectivamente. La región que más crece en términos de ingreso es Asia Pacifico (excepto Japón) con un incremento del 51.7% año contra año en el primer cuarto del 2018, le sigue Latinoamérica con 41.1% y finalmente Estados Unidos con 40.6%. La demanda de servidores tipo X86 incrementó 41.0% en el primer cuarto del 2018, mientras que el resto creció 15.5% (Stolarski, Shirer, & Medvitz, 2018).

1.2.1. Contexto de la empresa

La empresa multinacional de Tecnologías de información objeto de este proyecto se separa de Hewlett Packard (HP) en el año 2015 con el objetivo de aumentar la rentabilidad y cuotas del mercado a través de la reducción y eliminación de la complejidad de sus procesos, este cambio mayor también permitió enfocar las inversiones en sectores claves del negocio como el desarrollo de productos específicos, mejorar el flujo de efectivo, optimizar los sistemas contables, financieros, de cadena de suministros, ventas, mercadotecnia, etc. Generando entre otras cosas, ahorros en costos de operación.

La empresa tiene 4 negocios que se integran de diversas soluciones, y estas a su vez de otros productos para distintos segmentos del mercado, estas áreas son Software, Almacenamiento de datos, Servidores y Sistemas, Conectividad de red y Servicios Financieros (Figura 1.4), todas con alcance global siendo la región de América la más significativa en ingresos. Uno de los objetivos principales de la compañía es ofrecer a los clientes soluciones completas de Tecnologías de información que lleven a la firma de contratos con clientes líderes en su mercado y además ayuden a construir alianzas con socios clave por lo que la estrategia es cubrir todas las dimensiones de almacenamiento de datos de los clientes.

Figura 1. 4 Productos que aportan resultados satisfactorios



El reto de la empresa está en lograr el acercamiento a sectores menores para seguir creciendo, la tendencia de la industria de TI (Tecnologías de información) son los contratos más reducidos en términos de ingresos, por lo que las empresas en este rubro tienen que adecuarse a estas nuevas reglas, lanzando productos que sean flexibles, que optimicen recursos y sean efectivos, además de todo esto, internamente se requiere que sean producidos a un menor costo, como por ejemplo los servidores de infraestructura hiperconvergente, para organizaciones grandes esto implica un gran desafío por la complejidad de sus procesos. La calidad en este punto juega un papel fundamental, el incremento del desempeño de la operación desde la generación de la orden hasta que el producto sale de planta, es una métrica que debe considerarse para mejorar la rentabilidad de los contratos.

Sin duda una de las mayores amenazas no solamente para la empresa sino para todo el mercado y las empresas multinacionales es el entorno macroeconómico y el endurecimiento de las políticas proteccionistas, la geopolítica afecta directamente al crecimiento, las inversiones y el precio de la acción aun cuando se cumplan los resultados pronosticados para el año fiscal. A pesar de las estrategias de redireccionar órdenes hacia otros centros de producción fuera de la zona como Europa o Asia en caso de desastre ecológico o a raíz de la implementación de tarifas arancelarias entre México y Estados Unidos, la red de cadena de suministros es demasiado intrincada para producir todos los modelos, es decir, el plan B para mitigar estas amenazas no cubre toda la producción.

Como oportunidades se mantienen las estrategias de investigación e inversión en tecnologías que cada vez son menos nuevas, pero más relevantes como la Inteligencia artificial y el Big data particularmente en países desarrollados donde han acaparado gran espacio, las empresas dedicadas al negocio de infraestructura de TI deberán de ser casi por obviedad las pioneras en estas áreas.

1.2.4. Matriz de marco lógico

La matriz de marco lógico es una herramienta que sirve para sintetizar y controlar los diferentes tipos de objetivos, así como las actividades necesarias para alcanzar los resultados esperados, además de identificar los recursos necesarios para ejecutar las actividades, los requerimientos del proyecto, las métricas y el procedimiento para determinar las mismas (Sinnaps, s.f.). Esta herramienta comienza de lo general a lo particular comenzando con los objetivos, posteriormente los resultados y finalmente las actividades, como se observa en la Tabla 1.1.

Tabla 1. 1 Matriz de marco lógico

Jerarquía de objetivos	Metas	Indicadores	Fuentes de Verificación	Supuestos
Meta	Mejorar la calidad de las órdenes emitidas para Norteamérica de las plantas 1 y 2.	Índice de desempeño operacional.	Reportes de calidad.	Incremento del Índice de desempeño operacional.
Propósito	Reducir las órdenes sucias para las plantas 1 y 2.	Reducción del % de órdenes sucias.	Reporte semanal de ingeniería.	Reducir costos de calidad, acelerar el flujo de efectivo y mejorar la satisfacción del cliente.
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de órdenes con configuración incorrecta. - Reducción de órdenes con partes equivocadas. - Reducción de órdenes con partes faltantes. 	Reducción de la cantidad de órdenes sucias mensuales.	Reporte semanal de ingeniería.	Reducir las órdenes sucias emitidas a planta.
Acciones	<ul style="list-style-type: none"> - Medición correcta de los errores y visualización de los más comunes. - Determinar causas raíz para los errores más comunes. - Implementar soluciones a las causas raíz y validar efectividad. 	Volumen total segmentado por categorías de errores.	Documentación de categorías de errores, gráfica de Pareto, reporte de ingeniería.	20% de los errores que representen el 80% del problema.

(Munguia, 2019)

En conclusión, esta matriz permitió relacionar las actividades con el propósito original del proyecto y que este a su vez está alineado con el objetivo principal de la organización que es mejorar la calidad de las órdenes. Hacer este ejercicio da más claridad en la ruta que hay que seguir para tener un proyecto exitoso, se consideraron elementos que no habían sido previstos al inicio, específicamente la parte de la medición de los errores. Otro de los beneficios de la matriz de marco lógico es facilitar la comunicación en todos los niveles para su entendimiento a través de sentencias claras y una lógica en las actividades a realizar. Hay que tener en cuenta que la matriz no contribuye para elaborar los métodos ni los procedimientos para ejecutar las tareas, por lo que se tendrá que hacer uso de otras herramientas para estos entregables.

1.3. Objetivos de la intervención

En la empresa las ordenes se generan cuando se produce una venta de un servidor, las órdenes sucias que llegan a las plantas 1 y 2 para Norteamérica son 994 de un volumen total de 12,672 de enero hasta octubre de 2019 equivalente a un promedio de 8% de fracción defectuosa, estas representan \$205 Millones de dólares, en muchos casos no se corrigen y se reingresan órdenes nuevas provocando al menos 3 semanas de retraso, para que el producto sea embarcado al cliente, esto deriva en un problema de calidad, flujo de efectivo y de satisfacción del cliente.

El objetivo planteado desde la gerencia es la reducción del 30% de la fracción defectuosa de las órdenes sucias, de 8% a 5%. Posterior a la implementación de las mejoras se medirá durante dos trimestres consecutivos y se comparará con la base, es decir, los datos del 2019 hasta el momento anterior a la implementación de las mejoras.

1.4. Delimitaciones y área funcional a intervenir

El alcance del proyecto se delimita a las órdenes que se generan para Norteamérica, para la planta 1 y 2 de producción de los servidores, las áreas que están involucradas en el problema son Ingeniería, Introducción de nuevos productos, Administración de datos del producto y Gestión de órdenes.

Los productos que se impactarán con esta iniciativa son los servidores que se producen en las plantas 1 y 2 para todos los clientes de Norteamérica.

Los sistemas requeridos para la ejecución de este proyecto son los de configuración del producto, para cotizar el producto, y finalmente el sistema de gestión de órdenes. El reporte de ingeniería recaba los datos que se generan en las plantas 1 y 2 de órdenes sucias, a pesar de que no funciona como sistema soportado por el departamento de Tecnologías de información, se considera la fuente de información principal de este proyecto.

Los datos que se tomarán como base para visualizar el estado actual son de enero de 2019 hasta octubre de 2019 que es anterior a la implementación de las mejoras. Posterior a la implementación de las mejoras la expectativa es monitorear dos trimestres consecutivos para validar el éxito del proyecto.

El presupuesto se compone básicamente por los recursos que enfocan su tiempo en la ejecución de las actividades para este proyecto pertenecientes a las áreas ya mencionadas, Ingeniería, Introducción de nuevos productos, Administración de datos del producto y Gestión de órdenes. Adicionalmente se agrega al presupuesto el costo por el espacio de almacenamiento del tablero de control en el servidor, que es la herramienta principal para el seguimiento y análisis de los datos. No se tiene planteada alguna solución que involucre presupuesto del área de Tecnologías de información que requeriría un proyecto adicional y en consecuencia aumentaría significativamente el presupuesto y extendería el plan de trabajo.

1.5. Justificación y pertinencia del trabajo

Debido a las estrategias para reducir costos de la compañía, es fundamental detectar oportunidades y desarrollar los proyectos que contribuyan positivamente a esta directriz, la mala calidad de un proceso genera diferentes afectaciones a las finanzas, algunas pueden ser fácilmente cuantificables, pero hay otras que subyacen en el terreno cualitativo pero que al final derivan en reducción de ingresos como puede ser la mala publicidad por procesos lentos y deficientes.

Para una compañía de dimensión global es muy importante tener procesos eficientes, que puedan adaptarse a los cambios lo más ágilmente posible para mantenerse competitiva en una industria que pretende adelantarse a los tiempos, para ello es necesario reducir la complejidad, los defectos y aplicar soluciones que hagan eficiente el ciclo productivo. En la industria tecnológica aquel que no evoluciona se va rezagando en el camino hasta llegar a la irrelevancia, en ese punto quizá sea demasiado tarde para que la compañía pueda resurgir y mostrarse como innovadora.

2. Marco conceptual o de referencia

A principios del siglo XX la industria de la manufactura apostó por metodologías que hicieron más eficientes los procesos, la producción en serie a gran escala de Henry Ford en la industria automotriz fue un parteaguas para cambiar el modelo que hasta entonces se tenía de una producción artesanal. Durante estos años se desarrollaron nuevas formas de trabajo que se documentaron y se adoptaron por otras empresas con el fin común de ser competitivas, desde el estudio de tiempos y movimientos, base de la ingeniería industrial para buscar los procesos más simplificados y ágiles posible hasta Lean Manufacturing que elimina las actividades que no agregan valor a un proceso y que incluso puede impactar la cultura empresarial. La industria en general evolucionó todavía más, al transferir estos métodos de trabajo a áreas de servicio dentro de la administración de una empresa manufacturera o a empresas que pertenecen al giro de servicios como puede ser un banco, una aseguradora o una institución gubernamental.

De acuerdo a los casos documentados en el libro *Lean Manufacturing for Services* de Michael L. George, las oportunidades más grandes financieramente se encuentran en el área de servicios, para el caso de la manufactura el área de diseño del producto juega un papel fundamental en la calidad ya que una gran parte de las fallas que ocurren en producción se deben a un problema de diseño, si desde ese punto previo al lanzamiento de un producto se tienen los controles de calidad adecuados así como eliminar los procesos que no agregan valor, no solamente se acelera el proceso sino también hay un incremento en la calidad (George, 2003).

La premisa de este proyecto parte en mejorar un proceso dentro del área de servicios para reducir las fallas que ocurren en planta evaluando diversas metodologías e implementando la que se adecue al problema y al objetivo primario de este trabajo.

2.1. Estado de la cuestión

Hay 3 formas de impactar positivamente en la situación financiera de una empresa: atacar los costos, incrementar ingresos o acelerar el flujo de efectivo. El método para calcular los proyectos que tienen como objetivo adelantar el cobro de facturas o de retrasar el pago a proveedores, dentro de los límites del contrato, es aplicando entre el 5% y el 8% de costo de capital basado en los 365 días del año al monto que se está moviendo de fecha.

Para incrementar el ingreso se pueden ejecutar proyectos que eviten su fuga o que la prevengan, este tipo de iniciativas están relacionadas a errores de fijación de precios en el producto, descuentos incorrectos, penalidades al cliente que no se estén incluyendo en los contratos o que no se estén cumpliendo los niveles de servicio e incluso fallas en la generación de facturas, esta modalidad al igual que la anterior está fuera del alcance de este proyecto, aunque probablemente si puede existir un impacto en flujo de efectivo es complicado determinarlo por la variabilidad del valor de las órdenes, los defectos pueden ocurrir en órdenes de menor valor hasta las de mayor valor.

Los costos se abordan desde 3 perspectivas, el ahorro, la reducción o evitar los prescindibles. De acuerdo a lo que se expone en el libro *Lean Six Sigma for Service* los costos más bajos se logran cuando se incrementa la calidad y la velocidad al mismo tiempo (George, 2003), aproximadamente entre el 30 y 50% del costo en una organización de

servicios es causado por procesos lentos y re trabajos para satisfacer las necesidades del cliente.

Esto apoya la premisa de la intervención, al tener altos niveles de calidad contribuye directamente a la sanidad financiera de una empresa y mantiene una buena reputación ante el mercado, en este sentido las métricas de calidad son fundamentales para todos los procesos y su importancia radica en la visibilidad que tengan en la alta gerencia.

El análisis de procesos de negocio utilizando una metodología de mejora continua, cuyo origen es en la manufactura con poco tiempo de utilizarse en el área de servicios, es una forma de plantear los problemas y gestionar proyectos, sin embargo, muchos modelos estadísticos no se ajustan a los procesos típicos de negocio, por ello es necesario revisar literatura del área de servicios que muestren otros métodos más apropiados para este tipo de datos.

Existen casos de éxito en los que se aplicaron herramientas estadísticas y de calidad como parte de la metodología DMAIC dentro del área de servicios, tal es el caso de Grupo Mutual, una entidad financiera que frecuentemente en sus operaciones se quedaban sin fondos suficientes debido a que los clientes hacían retiros de efectivo más de lo que estimaban generando altos costos dentro de la compañía y clientes insatisfechos. Se decidió implementar ANOVA para evaluar la variación del flujo de caja en sus oficinas al mes, en dólares y moneda local, logrando identificar diferencias significativas de temporalidad. Con el uso de gráficas de control en tiempo real para monitorear el saldo en cada oficina y el análisis de capacidad del flujo de caja, lograron establecer un porcentaje de efectivo por sucursal lo cual mejoró el proceso significativamente, optimizando los fondos para llevarlos a donde se requería, además de incrementar el flujo de caja y la rentabilidad de la empresa, las necesidades de los clientes fueron satisfechas, este ejemplo retrata perfectamente como en un área de servicios, el uso de la metodología y sus herramientas puede tener un efecto positivo en las empresas (Minitab, LLC, 2020).

2.2. Conceptos y enfoques teóricos relacionados

Existen una gran variedad de metodologías de administración de proyectos para abordar el problema, para este trabajo el eje central del análisis es de procesos. Las metodologías consideradas para aplicar en el proyecto son Lean, DMAIC y Gestión de la Calidad Total (GCT). Los elementos que deberán evaluarse para la selección de la metodología más adecuada son las herramientas que contengan para identificar oportunidades, capacidad de visualizar los defectos y deficiencias del proceso, con enfoque multidisciplinario, es decir, que involucre a las áreas afectadas directa o indirectamente, para que contribuyan a la investigación de las causas raíz.

La metodología Lean es de hecho una filosofía de trabajo para eliminar los desperdicios y actividades del proceso que no agregan valor al producto o servicio ofertado, a través de una búsqueda sistemática de oportunidades de mejora por un equipo de trabajo. Tiene su origen en Japón durante el siglo XX, después de la segunda guerra mundial específicamente en la empresa Toyota que para ese entonces sus trabajadores eran 10 veces menos eficientes que los estadounidenses (Socconini, 2008). Después de varios años de

implementación de Lean, Toyota llevó sus índices de calidad a un nivel de excelencia ganando sobre todo reconocimiento a nivel mundial, este hecho fue otro parteaguas en la industria manufacturera, así como la producción en serie de Ford, cambiando la forma de observar procesos. Algunos de los métodos y herramientas de Lean son: la estandarización de trabajo, mediciones de capacidad y demanda, establecer flujos continuos sin interrupciones, migración de un sistema de tipo empujar a jalar, implementar soluciones a prueba de fallas (poke yoke), 5S que parte del principio de que el orden y la limpieza influye positivamente en la efectividad de un proceso, Gemba cuyo significado es ir al lugar donde ocurren las fallas y entender los factores que los rodean para solucionar el problema, entre otros.

De la metodología Six Sigma que tiene como objetivo reducir la variabilidad de los procesos y en consecuencia aumentar su desempeño operativo, se desprende DMAIC que es otra metodología estructurada enfocada en solucionar problemas a través de 5 etapas, dentro de cada etapa hay múltiples herramientas de calidad y estadísticas para definir el problema, medirlo, analizarlo para identificar una causa raíz o varias, para implementar soluciones adecuadas y pertinentes, evaluadas previamente por un equipo multidisciplinario, finalmente, para establecer controles del proceso y asegurar sostenibilidad en el tiempo. Así como la filosofía Lean, esta metodología fue implementada en el siglo XX con la diferencia de que en este caso la empresa pionera fue General Electric (GE), en el área de manufactura. En la actualidad es una metodología vigente que ha sido adoptada por muchas compañías que prestan servicios adecuándola a sus procesos con algunos ajustes pero la misma estrategia.

El mejoramiento de procesos y DMAIC parten de 9 principios fundamentales para aplicar en el trabajo y en las empresas.

“...los principios son los siguientes:

Principio 1: La vida es un proceso (Orientación de proceso)

Principio 2: Todos los procesos demuestran variación

Principio 3: 2 causas de variación existen en todos los procesos

Principio 4: La vida en procesos estables e inestables es diferente

Principio 5: El mejoramiento continuo es económico y ausente de inversión de capital

Principio 6: Muchos procesos contienen desperdicios

Principio 7: La comunicación efectiva requiere de definiciones operativas

Principio 8: La expansión del conocimiento requiere teoría

Principio 9: La planeación requiere estabilidad” (Levine, Gitlow, & Melnyck, 2015)

La metodología GCT parte de una lógica secuencial que tiene como objetivo lograr una mayor competitividad en la industria. El argumento parte de que mejorando la calidad tendría como resultado el decrecimiento de costos por la disminución de re trabajo y desperdicios, habría un uso eficiente de maquinaria y materiales por lo tanto se mejoraría la productividad y se ofrecería un producto o servicio a menor precio y mayor calidad, de

cumplirse estas variables harían a la empresa competitiva, algunos de los elementos de GCT son: establecer un departamento de calidad, soporte de la alta gerencia, priorizar el diseño del producto, administración del proceso y reporte de calidad (Kaynak, 2013). Todos los elementos mencionados ya fueron implementados en la empresa y son una parte fundamental en la operación, demostrando así su valor agregado en el servicio, se descarta utilizar la metodología GCT ya que no cumple con el enfoque de solución de problemas específicos y porque tiene un alcance a nivel organización.

2.3. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo

La herramienta que se utilizará para visualización de datos y generación de gráficas de tendencia, histogramas, gráficas de Pareto etc. es Power BI (PBI) que puede alimentarse de bases de datos de diversas fuentes, para fines de este proyecto las principales fuentes de información son los reportes de ingeniería con las órdenes sucias que provienen de las plantas 1 y 2, a pesar de que se tiene un proceso para la elaboración de estos reportes y difusión de los mismos, no existe un formato estandarizado aunque si hay coincidencias de información, esto dificulta ingresar la información a un servidor en una sola tabla y el hecho de tenerlos así implica más trabajo de desarrollo para unificar ambas bases de datos.

La información de Power BI se almacena en un servidor en la nube y la plataforma para la visualización de los datos es Web, por lo tanto, es posible que pueda ser consultado en cualquier lugar y a cualquier hora siempre y cuando el usuario tenga los permisos adecuados.

3. Estrategia metodológica o de intervención

Cada metodología tiene una forma especial para implementarse en los procesos. Se deben considerar varios elementos para la selección, entre ellos el paquete de herramientas que contiene, la magnitud del objetivo que se quiere lograr, presupuesto obtenido, si se tienen datos cualitativos o cuantitativos, capacidad de ajuste a las condiciones de la realidad etc. En estos detalles radica la importancia de conocer al menos 3 teorías que sean elegibles para utilizarse en una iniciativa, no todos los problemas pueden abordarse igual, ni requieren el mismo nivel de análisis, en muchos casos algunas fallas de causas especiales requieren de soluciones que están a la vista del equipo de trabajo, por lo que el tiempo de implementación se reduce considerablemente ni tampoco deben invertirse muchos recursos en ello, de lo contrario si se tienen causas comunes en el proceso que no son fácilmente identificables es probable que se requiera de un análisis minucioso y deban tomarse en cuenta aquellas metodologías especializadas en análisis de datos.

Por último, se debe considerar si hay un problema que esté afectando la eficiencia y efectividad del proceso o hay un buen funcionamiento operativo, pero se quiera llevar a otro nivel de calidad, simplemente para ser más competitivo. Es común la combinación de metodologías como parte de la calidad en una empresa lo cual también es aceptable, sin embargo, se requiere de mucho cuidado en el presupuesto y en el uso de los recursos para estas iniciativas, es importante diferenciar entre una y otra ya que probablemente la empresa pueda estar implementando herramientas que no necesita para un determinado caso o momento.

3.1. Justificación de la estrategia metodológica

De acuerdo con el análisis realizado a las metodologías consideradas para ejecutar este proyecto, la que tiene mayor afinidad por las herramientas disponibles, método para abordar el problema y sostenibilidad en el tiempo de las mejoras es la metodología DMAIC, sin embargo, esto no excluye que pueda integrarse otro elemento de otra metodología para complementar el proyecto.

La metodología DMAIC es ampliamente utilizada en la industria de Tecnologías de información para la solución de problemas de complejidad media a alta. En el proceso de órdenes sucias no se ha profundizado en su análisis ni tampoco se tienen los datos apropiados para hacerlo, de lo que si se tiene conocimiento es que hay diversas áreas involucradas que responden solamente para resolver casos específicos y la comunicación entre estas es a través de un sistema de tickets lo cual impide desarrollar el trabajo en equipo con enfoque multidisciplinario para observar las problemáticas, analizar su causa raíz e implementar acciones correctivas que impidan recurrencia. Finalmente, el reporte de ingeniería presenta áreas de oportunidad en cuanto a la calidad, formato y orden de la información entregada, las herramientas e instrumentos de esta metodología podrán contribuir a la corrección de estas deficiencias del proceso.

3.1.1. Consideraciones costo/beneficio de la estrategia

El desarrollo del proyecto hasta la etapa de analizar de la metodología de DMAIC será mayormente intelectual, el costo a considerar como se mencionó en la explicación del presupuesto es el tiempo destinado de los recursos al proyecto. Una vez que se hayan

determinado las causas en la etapa de analizar y se propongan soluciones, se tendrán que someter a evaluación para ponderar el esfuerzo y estimar el impacto potencial de implementarlas, para ello se utiliza la matriz de impacto esfuerzo de la metodología DMAIC que será descrita en la sección de herramientas.

Una de las ventajas que ofrece la metodología DMAIC es justificar la aplicación o no aplicación de las mejoras con base en un análisis cuantitativo y cualitativo, ejecutado por un equipo multidisciplinario, es decir, si el esfuerzo de implementar una solución es alto y el impacto bajo, lo conveniente es no continuar con la implementación o en su defecto diseñar otra solución menos costosa, es importante que al momento de comunicar estas decisiones se tenga un análisis de costo beneficio y de proceso, que pueda resistir los cuestionamientos de los afectados y de la gerencia.

3.2. Herramientas e instrumentos

Los conceptos y herramientas que se utilizarán a lo largo del proyecto pertenecen principalmente a la metodología DMAIC algunos de estos son: diagramas de flujo del proceso, diagramas PEPSC, prueba de normalidad, diagramas de Pareto, diagramas de Ishikawa o causa y efecto, AMEF y gráficas de control. Adicionalmente se considerarán los principios Lean que a pesar de no pertenecer a la metodología DMAIC se pueden integrar en el proyecto para potencializar los beneficios y robustecer las soluciones, algunos de los elementos de Lean son: Poke yoke que se enfoca en desarrollar mecanismos a prueba de errores, control visual, y Andon cuya definición se ampliará más adelante en este capítulo. Finalmente se revisarán otros elementos de administración de proyectos como la hoja del proyecto y la matriz de RACI para definir roles y responsabilidades.

En la Tabla 1.2 se resumen las herramientas que se pueden utilizar para cada una de las etapas de la metodología DMAIC.

Tabla 1. 2 Herramientas de DMAIC

Define	Measure	Analyze	Improve	Control
<ul style="list-style-type: none"> • Project Selection Tools • PIP Management Process • Value Stream Map • Financial Analysis • Project Charter • Multi-Generational Plan • Stakeholder Analysis • Communication Plan • SIPOC Map • High-Level Process Map • Non-Value-Added Analysis • VOC and Kano Analysis • QFD • RACI and Quad Charts 	<ul style="list-style-type: none"> • Operational Definitions • Data Collection Plan • Pareto Chart • Histogram • Box Plot • Statistical Sampling • Measurement System Analysis • Control Charts • Process Cycle Efficiency • Process Sizing • Process Capability, C_p & C_{pk} 	<ul style="list-style-type: none"> • Pareto Charts • C&E Matrix • Fishbone Diagrams • Brainstorming • Detailed 'As-Is' Process Maps • Basic Statistical Tools • Constraint Identification • Time Trap Analysis • Non Value-Added Analysis • Hypothesis Testing • Confidence Intervals • FMEA • Simple & Multiple Regression • ANOVA • Queuing Theory • Analytical Batch Sizing 	<ul style="list-style-type: none"> • Brainstorming • Benchmarking • TPM • 5S • Line Balancing • Process Flow Improvement • Replenishment Pull • Sales & Operations Planning • Setup Reduction • Generic Pull • Kaizen • Poka-Yoke • FMEA • Hypothesis Testing • Solution Selection Matrix • 'To-Be' Process Maps • Piloting and Simulation 	<ul style="list-style-type: none"> • Control Charts • Standard Operating Procedures (SOP's) • Training Plan • Communication Plan • Implementation Plan • Visual Process Control • Mistake-Proofing • Process Control Plans • Project Commissioning • Project Replication • Plan-Do-Check-Act Cycle

(George, 2003)

La hoja del proyecto es una herramienta de administración de proyectos que tiene un uso frecuente en DMAIC, ahí se plasman las características más importantes del proyecto, como el nombre del proyecto, proceso que se va a intervenir, descripción del problema, alcance, objetivos cuantitativos (en algunos materiales se incluyen los objetivos cualitativos), riesgos y dependencias relevantes. La razón de uso de la hoja de proyecto además de clarificar y documentar las definiciones anteriores es acordar con las diferentes partes involucradas lo que se pretende desarrollar y evitar futuros conflictos por discordancias en las metas, esto ocurre con frecuencia en los liderazgos de los departamentos.

La matriz de RACI etiqueta a cada equipo que participa en el proyecto en 4 grupos: responsables, aprobadores, consultados e informados, esta herramienta es típica en la metodología de administración de proyectos y su objetivo es dar certeza acerca del papel que se espera de los equipos en cada una de las actividades que se enlisten en la matriz. Los responsables son las personas que ejecutan la actividad, los aprobadores también son responsables, pero la diferencia radica en que los aprobadores deben asegurarse de que la actividad se cumpla, de lo contrario ellos tendrán que rendir cuentas a la gerencia. Los

consultados son necesarios para llevar a cabo una tarea, ya sea para obtener retroalimentación o para validar la información, mientras que los informados solamente son notificados de lo que ocurre en la actividad.

El diagrama de flujo de alto nivel es quizás uno de los más importantes en un proyecto, ya que representa el mapa del proceso de principio a fin, permitiendo visualizar las áreas involucradas y su interacción entre sí. La principal aportación de esta herramienta es representar el estado actual y con este mismo proponer los cambios apropiados que simplifiquen el proceso y optimicen los recursos, a este segundo diagrama se le conoce como estado futuro del proceso, típicamente se presenta hasta la etapa de mejorar en la metodología de DMAIC.

La gráfica de Pareto es una de las principales herramientas de esta intervención para cuantificar y ordenar los errores más comunes. Esta herramienta es una gráfica en la cual se colocan en el eje X, los errores más comunes de un proceso y en el eje Y, el volumen de cada error en formato de barras, además se agrega en el mismo eje Y, una línea con el volumen agregado de cada error representado en porcentaje hasta completarlo al 100%. La premisa de esta herramienta, con base estadística, nos dice que el 20% de los errores representa el 80% del problema, es decir que si se ataca ese 20% bajaría drásticamente el porcentaje total de errores, técnicamente en un 80%. Es necesario considerar la calidad de los datos que se utilicen para generar esta gráfica, ya que de eso dependerá su confiabilidad y en consecuencia será la base para la toma de decisiones del equipo del proyecto.

El diagrama PEPSIC es otra herramienta de mapeo de alto nivel que identifica los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes de una compañía, uno de los elementos principales de esta herramienta es ligar las entradas y las salidas con los requerimientos del cliente. En la manufactura es muy común que los procesos trabajen en silos, es decir, cada operador o procesador es dueño de su estación, resulta más complicado de ver en el ámbito de servicios, el diagrama visualiza el proceso de principio a fin de forma general conectando los métricos definidos por el cliente con las salidas del proceso, si durante este ejercicio la relación entre ambas no es alta es probable que tengan que evaluarse los entregables producidos por la empresa y verificar si los métricos establecidos son los adecuados (George, 2003).

El plan de recolección de datos es una herramienta dentro de la etapa de medición que debe contestar las siguientes preguntas: ¿Qué se va a medir?, ¿Cómo se va a medir?, ¿Cómo se aplica el instrumento? y ¿Cómo se preparan los datos para analizarlos? La finalidad de tener definidos los datos que se van a medir es evitar costos y retrasos en el cronograma por retrabajos, se debe asegurar que las mediciones establecidas contribuyan al análisis del problema.

El histograma es una herramienta que agrupa los datos de una variable por rangos y los coloca en una gráfica de barras, la altura de las barras es proporcional a la frecuencia de los datos, visualmente es posible identificar la distribución a la que pertenecen los datos y si tienen algún tipo de sesgo o comportamiento específico. Tiene gran utilidad en la industria de manufactura para evaluar los resultados de un proceso.

La prueba de normalidad es una herramienta estadística que verifica si la distribución que siguen los datos es normal, de ser así para los siguientes análisis deberá evaluarse la funcionalidad de otras pruebas estadísticas para distribuciones normales. El valor P, arrojado en la prueba, funciona para aceptar que los datos proceden de una población normal cuando es mayor al nivel de significancia de 0.05 o 0.01, dependiendo la confianza que requiera la prueba, además de validar que gráficamente los datos se ajustan a la recta.

La gráfica de dispersión se utiliza para averiguar la relación entre dos variables continuas, X y Y en un plano. La relación entre ambas variables se puede dar de dos formas, positivas o negativas, es decir, cuando X tiene un valor creciente se asocia con un valor creciente de Y o viceversa cuando X tiene un valor decreciente se asocia con un valor decreciente de Y, este es uno de los análisis más básicos que existen en la metodología de DMAIC para visualizar la interacción entre variables.

El coeficiente de correlación de Pearson es una prueba estadística cuya función es determinar la relación entre dos variables, si el resultado es cercano a 1, entonces se tiene una relación lineal positiva, mientras que si es cercano a -1, la relación es lineal negativa, cuando el resultado obtenido es 0 o cercano a 0, la relación entre ambas variables es débil o no existe. El valor P obtenido determinará si la prueba es estadísticamente significativa cuando el resultado sea igual o menor al valor de significancia de 0.05. El coeficiente de correlación rho de Spearman tiene la función de averiguar si la relación es a un ritmo constante, los parámetros son los mismos que el coeficiente de Pearson.

La gráfica de caja muestra los tres cuartiles y los valores máximo y mínimo sobre un rectángulo, la función de esta herramienta es visualizar propiedades como la dispersión y la simetría, dependiendo que tan amplía sea la caja dentro del rectángulo entre cuartiles se podrá determinar en cual caen la mayoría de los datos. Los bigotes como se le conocen a las líneas que salen del inicio y final del rectángulo representan los valores máximo y mínimo.

La gráfica de control I para datos individuales es una herramienta que se utiliza para observar el comportamiento del proceso e identificar causas especiales de variación, típicamente cuando se tiene un volumen bajo de datos y la medición es costosa esta herramienta se convierte en una alternativa para aplicar. Las gráficas de control se pueden utilizar para representar costos, ingresos, niveles de productividad o índices de satisfacción del cliente.

El diagrama de Ishikawa o de causa y efecto es una herramienta de calidad que se realiza a través de un análisis con un equipo multidisciplinario, explorando y señalando las causas que generan los errores más comunes representados en la gráfica de Pareto. Después de tener identificadas y analizadas las causas específicas el siguiente paso es proponer, diseñar e implementar las soluciones que puedan mitigar y reducir los índices que están fuera de los límites de control, no sin antes haberlas evaluado en su relación de esfuerzo e impacto, las soluciones ideales son aquellas que requieran un esfuerzo menor y tengan un impacto alto, por el contrario, las menos deseables son aquellas que requieran un esfuerzo mayor y tengan un impacto bajo.

El control visual es una de las herramientas que no pertenecen a la metodología DMAIC, esta se ubica dentro de la metodología Lean y se conoce en la manufactura como Andon por el término en japonés que significa “lámpara”. Andon puede utilizarse con distintos elementos visuales, auditivos y de texto para señalar el estado del proceso en tiempo real, algunos ejemplos de su aplicación son: alertar cuando ocurre una falla, indicar si algún material se agota o está por agotarse, mostrar si el equipo está en mantenimiento e incluso indicar que la operación se está ejecutando sin contratiempos (Socconini, 2008). Esta herramienta se incorpora al proyecto con el objetivo de identificar cuando los volúmenes de órdenes sucias rebasan los límites de control a través del tablero de control desarrollado exclusivamente para este proceso.

El AMEF o análisis de modo y efecto de falla es un documento ampliamente usado en la industria manufacturera para los procesos, su objetivo es describir en cada etapa del proceso los errores potenciales que pueden ocurrir, su efecto y su probable causa raíz además de ponderar su repetibilidad, severidad y ocurrencia para calcular el número de prioridad de riesgo que determina que tan crítica es la falla, para números de prioridad de riesgo mayores a 90, la implementación de una acción correctiva es obligatoria, pero el número puede variar dependiendo las políticas de calidad establecidas en la compañía. Por último, al documento se le agrega un control del proceso que típicamente son inspecciones para prevenir y detectar errores, también se añaden acciones recomendadas, así como un responsable para mejorar la calidad del proceso.

Los procedimientos operativos estándar sirven para documentar las actividades paso a paso que deben seguirse para ejecutar el proceso ideal y obtener el entregable correcto. Existen ciertos lineamientos que hay que tomar en cuenta para asegurar la sostenibilidad en el tiempo de la documentación, como la historia de revisión que registra todos los cambios de proceso incluyendo la fecha y persona que actualiza el archivo, objetivo del documento y un respaldo, así como una ubicación que sea accesible para las personas que les compete. Ocasionalmente los departamentos se refieren a estos archivos como documentos “vivos” porque se requiere de la actualización constante para cambios procedimentales, esto puede representar un gran esfuerzo cuando no hay mucha madurez en el proceso, por los constantes cambios requeridos.

La matriz de impacto esfuerzo es de gran utilidad al momento de seleccionar la solución para asegurar que no solamente sea efectiva, pero también rentable en términos de recursos disponibles para llevarla a cabo, esta parte es clave dentro de la etapa de mejorar. Otra característica que se pondera en la herramienta adicional a los recursos es el tiempo estimado de implementación, si el problema es crítico quizás valga la pena considerar alguna solución que pueda establecerse temporalmente, mientras se ejecuta la solución final. La matriz funciona estableciendo un punto en el eje de las X que representa el esfuerzo, y en el eje de las Y se pondera el impacto marcando así la ubicación de la solución dentro de la matriz, el ejercicio se repite con las demás propuestas y a partir de lo que se obtenga, se toman las decisiones.

La prueba F para varianzas de dos muestras se utiliza para evaluar el supuesto de homocedasticidad entre dos variables, es decir, si existe homogeneidad entre las varianzas,

si el valor P es igual o menor a 0.05 entonces la diferencia es significativa y no se cumple el supuesto de homocedasticidad. La prueba F y la de Barlett es más exacta para comparar varianzas cuando los datos son normales, de lo contrario la mejor opción podría ser la prueba de Bonnet o prueba de Levene, esta última especialmente cuando se tienen tamaños muestrales pequeños y la distribución es extremadamente asimétrica (Minitab, LLC, 2019). Para efectos de este trabajo, dependiendo del resultado y si se comprueba la normalidad de los datos, se determina si es mejor opción aplicar una prueba T de dos muestras o una prueba de Welch, la primera funciona mejor con varianzas iguales, mientras que la prueba de Welch es más efectiva para varianzas desiguales.

La prueba de Welch es una prueba estadística que tiene como función evaluar la igualdad de medias cuando el tamaño de las dos muestras es diferente, para llevarla a cabo se necesita que los datos sean normales y una de sus características principales es no asumir la homogeneidad entre las varianzas. Si el valor P es igual o menor al nivel de significancia de 0.05 se puede concluir que existe una diferencia entre las medias de las dos variables.

La prueba T de dos muestras al igual que la prueba de Welch se utiliza para evaluar la igualdad de dos medias. Para que la prueba sea más exacta se requiere que los datos sean normales y las varianzas cumplan el supuesto de homocedasticidad. Si el valor P es igual o menor al nivel de significancia de 0.05 se puede concluir que existe una diferencia entre las medias de las dos variables (Minitab, LLC, 2019).

El plan de control es una herramienta en la que se asegura de que el nuevo proceso siga satisfaciendo los requerimientos a través del tiempo, típicamente se hace sobre el estado futuro del proceso (George, 2003). Algunos elementos que constituyen el plan de control son: el nombre del proceso, las características del producto y proceso, la técnica de medición o evaluación, el tamaño de la muestra, el método de control y el plan de acción en caso de contingencia.

3.3. Muestra o sujetos de investigación

Los objetos que se van a medir son las órdenes sucias generadas durante el flujo de las órdenes, estas al arrojar diferentes tipos de error, se asignan al grupo responsable, hay una distinción importante en esta acción ya que no necesariamente el equipo que resuelve es el equipo causal, para efectos de este proyecto los errores se categorizarán al segundo, debido a que es ahí donde se encuentra la causa raíz. La forma de medirlo es a través de las unidades reportadas a planta que no pueden producirse debido a que no son viables técnicamente, y durante el flujo de la orden el sistema y los equipos que la validan no detectaron error alguno. La información de estos errores es registrada y documentada en el reporte semanal de ingeniería, los datos relevantes que se incluyen son: descripción del error, proceso causal, planta afectada, número de producto, número de la orden y resolución, así como otros campos que tienen que ver con los detalles del caso como fecha de detección, fecha de cierre, identificador, responsable etc.

La siguiente Tabla 1.3 hace referencia a las mediciones que se llevarán a cabo durante el proyecto.

Tabla 1. 3 Plan de recolección de datos

Medida	Definición Operativa	Fuente y ubicación de los datos	Tamaño de la muestra
Volumen de órdenes sucias	Órdenes que fallan en producción porque no se pueden construir	Planta	Todas las órdenes emitidas
Volumen total de órdenes	Órdenes que se emiten a planta	SAP	Todas las órdenes emitidas

Medida	Quien recolecta los datos	Cuando se recolectan los datos	Como se recolectan los datos
Volumen de órdenes sucias	Área de ingeniería	Semanalmente	Reporte de Excel
Volumen total de órdenes	Gestión de órdenes	Semanalmente	SAP

(Munguia, 2019)

Como se puede observar la tabla 1.3 define y delimita los datos que deben medirse en términos de tiempo, ubicación y responsable, lo cual permite focalizar los esfuerzos a un punto específico del producto o servicio, de lo contrario al no realizar este ejercicio pueden medirse aspectos que no contribuyan para el análisis del problema planteado, derivando en costos innecesarios del proyecto más el tiempo desperdiciado, al tener que realizar nuevas mediciones.

3.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención

DMAIC se integra por 5 etapas, las iniciales en inglés de cada una de ellas (define, measure, analyze, improve, control) forma el nombre de la metodología. Estas 5 etapas se desarrollan secuencialmente, para iniciar una siguiente fase hay que tener la certeza de que la anterior fue concluida, elaborando los entregables esperados.

Existe una gran cantidad de literatura que sugiere que herramientas aplicar en cada etapa con algunas variaciones, no existe un mínimo indispensable en las herramientas que deben utilizarse, lo más importante es obtener las conclusiones sustentadas en datos confiables para dar por terminada la fase, aunque también es válido regresarse. La historia que se documente debe tener un sentido lógico, es decir, que haya un vínculo entre una etapa con la otra y se justifiquen las decisiones tomadas por el equipo. Por ejemplo, en la etapa de definir se espera obtener el objetivo principal, los puntos críticos para la calidad y los métricos del proceso, estas 3 definiciones son necesarias para iniciar la etapa de medir.

Otros elementos de la etapa de definir que se requieren son articular el problema que se presenta, definir los actores involucrados en el proyecto, elaborar el presupuesto a aprobar. En esta fase se pueden aplicar algunas herramientas para determinar que los métricos establecidos sean críticos para el cliente como el árbol de CTQ. También se pueden utilizar otras herramientas como la hoja de proyecto, RACI, diagrama de flujo y PEPSC descritos en el capítulo anterior.

Durante la etapa de medición se elabora el plan de recolección de datos, después de ejecutar el plan se valida el sistema de medición con una prueba de R&R, no requerido para este proyecto. Al igual que la etapa posterior de analizar, se pueden utilizar algunas herramientas estadísticas como la gráfica de Pareto, prueba de hipótesis, gráfica de histograma y análisis de capacidad. El objetivo final de esta etapa es obtener los datos precisos, confiables y suficientes que se requieren para realizar un buen análisis, y que permita elaborar las premisas iniciales que marquen la ruta a seguir.

En la etapa de analizar el objetivo es vincular las Xs con la Y del proyecto, es decir, identificar las causas que están ocasionando el problema inicial. Las herramientas que se utilizan durante esta fase son herramientas estadísticas que van desde análisis de regresión, prueba de F e incluso diseño de experimentos, además de otras herramientas comunes como lluvia de ideas y diagrama de causa y efecto. Gran parte del análisis que se realiza es entrelazando los procesos y con un enfoque colaborativo entre áreas, para determinar el origen de las fallas.

Para la etapa de mejorar se implementan las acciones correctivas a las causas identificadas en la etapa anterior, una de las formas de hacerlo es reuniendo al equipo multidisciplinario del proyecto, y a través de una lluvia de ideas diseñar las soluciones contemplando el impacto colateral a otras áreas, es importante este análisis porque al omitirlo puede provocar efectos graves que impliquen rediseñar la solución. Existen algunas categorías de oportunidades de mejora que son recurrentes para mejorar la eficiencia y la efectividad de un proceso, estas pueden identificarse en un diagrama de flujo o en un mapa de la cadena de valor, algunos ejemplos son: actividades que retrasen otras que agregan valor, actividades que generen interrupción, las actividades que impiden al personal alcanzar su máxima eficiencia y actividades que son muy parecidas o iguales a otras. La mayor parte de las veces, el ideal de un proceso con sobrecarga de trabajo es simplificarlo, dejando solamente las actividades que agregan valor, cuando se tiene un estado actual del proceso eficiente se puede mejorar aún más, desarrollando alguna automatización que reduzca la interacción humana. El resultado de la mejora debe evaluarse para validar el éxito o fracaso

de la implementación con los datos anteriores y los nuevos, hay diversas pruebas estadísticas que cumplen esta función como el ANOVA y la prueba T.

La etapa de control tiene el objetivo de monitorear durante los meses posteriores el comportamiento del métrico del proyecto, para alertar de que exceda nuevamente los límites de control, las gráficas de control X, R, I entre otras, deberán establecerse y revisarse de forma continua por el equipo operativo a cargo del proceso. Otro objetivo de esta etapa es documentar las herramientas de control y planes de acción para cada actividad del proceso en caso de incidencia, reduciendo el tiempo que se tarda en reaccionar el equipo operativo en implementar una acción de contingencia y posteriormente una acción correctiva.

3.4.1. Cronograma de trabajo

De acuerdo con los entregables de cada etapa de la metodología DMAIC, se establece un cronograma de cinco etapas más dos hitos del proyecto los cuales son la junta de arranque y la de cierre, cada etapa tiene los entregables que ya fueron detallados en el capítulo anterior.

La siguiente Tabla 1.4 muestra el calendario de fechas para cada etapa:

Tabla 1. 4 Cronograma de trabajo

	2019			
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Junta de arranque del proyecto				
Definir				
Medir				
Analizar				
Implementar				
Controlar				
Cierre del proyecto				

	2019 -2020			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Junta de arranque del proyecto				
Definir				
Medir				
Analizar				
Implementar				
Controlar				
Cierre del proyecto				

3.4.2. Imprevistos

El principal suceso que puede presentarse inesperadamente es la carga de trabajo de todos los equipos involucrados, considerando que es una actividad adicional a su operación diaria. Se puede prever que en los tiempos críticos del año fiscal como los fines de cuarto o el fin de año, aumenta el volumen de la operación significativamente, de antemano se descarta hacer implementaciones y reuniones durante estas fechas para avanzar con el proyecto.

Hay otros proyectos de la misma relevancia corriendo al mismo tiempo como la migración de operaciones de Estados Unidos a las plantas 1 y 2, que representa otro obstáculo en cuanto a la disponibilidad de tiempo de los recursos para esta intervención, la estrategia para mitigar esta limitante es establecer objetivos claros, con tiempos y entregables definidos, establecer la agenda de las reuniones para que el tiempo sea efectivo y asegurar que la calidad de los datos con los que se realicen los análisis sean confiables para evitar re-trabajo.

3.5. Metas de información

De acuerdo con el plan de recolección de datos que se van a medir para validar el objetivo principal de la intervención son: el volumen total de órdenes sucias y el volumen total de órdenes emitidas. La métrica está vinculada directamente con el objetivo, ya que, al haber un cambio en el volumen de las órdenes sucias, se puede determinar el éxito o no éxito del proyecto.

Uno de los elementos fundamentales para la medición del volumen total de órdenes sucias, que se consulta en el reporte de ingeniería, es la categorización de las fallas, debido a que la naturaleza de cada uno de los problemas puede tener diferentes causas entre sí. Estas categorías fueron desarrolladas por el equipo de proyecto para agrupar y cuantificar los volúmenes, además de evaluar su tendencia desde enero hasta octubre de 2019. Para la implementación ocurrida en noviembre del 2019 se llevaron a cabo entrenamientos para fortalecer y unificar el criterio de los ingenieros encargados de ingresar los casos en el reporte.

Las fallas más recurrentes se pueden observar en la siguiente Tabla 1.5:

Tabla 1. 5 Clasificación de fallas de órdenes sucias

Categoría	Definición	Comentarios	Proceso Causal
Error de BOM		Error relacionado con preparación de BOM	INP, ADP
Discordancia de CID		CID no coincide con BOM	Atención al cliente
Error en orden DEFOA		Errores relacionados a órdenes DEFOA	Fuera de alcance
Ingeniería	Consulta de ingeniería	Requerimientos específicos para ingeniería	Fuera de alcance
Ingeniería	Error de prueba	Unidad falló en pruebas	Fuera de alcance
Ingeniería	Error de imagen		Fuera de alcance
Ingeniería	Error de Solconfig		Fuera de alcance
Ingeniería		Engineering General issues	Fuera de alcance
Detención no removida			GO, Atención al cliente
Falta de actualización de AVL		Proveedor no agregado en el AVL	Fuera de alcance
Falta de MLB		Tarjeta madre faltante	INP, ADP
Error de empaque			Fuera de alcance
Preparación de producto incorrecta	Anidamiento	Preparación de producto incorrecta relacionada a anidamiento	INP, ADP
Preparación de producto incorrecta		Preparación de producto incorrecta	INP, ADP
Proveedor incorrecto	Plantas mezcladas	Preparación de proveedor incorrecta	INP, ADP
Proveedor incorrecto	Proveedor incorrecto	Preparación de proveedor incorrecta	INP, ADP
Configuración incorrecta	Parte como configuración	Orden BTO enviada como CTO	CPC, ADP
Configuración incorrecta	Parte extra	Regla faltante Error de Quote	CPC, SIC ,INP, ADP
Configuración incorrecta	Parte faltante	Regla faltante Error de Quote	CPC, SIC ,INP, ADP
Configuración incorrecta	Regla faltante	Regla no presente en reporte de SP	SIC
Configuración incorrecta	Servicio faltante	Regla faltante Error de Quote	CPC, SIC
Configuración incorrecta	Parte obsoleta	Regla faltante Error de Quote	CPC
Configuración incorrecta	Producto no soportado		INP, ADP

Configuración incorrecta	Parte incorrecta	Regla faltante Error de Quote	CPC, SIC ,INP, ADP
Configuración incorrecta	Cantidad incorrecta	Regla faltante Error de Quote	CPC, SIC ,INP, ADP
Configuración incorrecta	Error de blancos	Blanco faltante o extra	CPC, SIC ,INP, ADP
Escasez de material		No hay material suficiente para producir	Fuera de alcance

(Munguia, 2019)

4. Exposición de hallazgos

Los hallazgos por presentar son resultado del análisis realizado sobre el reporte de errores generado por ingeniería y modificado con las categorías estandarizadas para el seguimiento mensual, adicionalmente se incorpora en el tablero de visualización de datos otros elementos extraídos de múltiples bases de datos, estos son: código de identificación de la planta, ruta al mercado que indica si es venta directa o indirecta, familia del producto, descripción del producto y nombre de la cuenta.

La herramienta de visualización de datos funciona automáticamente y contiene información en tiempo real. Tiene permisos restringidos, solamente pueden acceder aquellos equipos que estén involucrados con el proceso de órdenes sucias.

Acercas del tema de unificación de criterios para determinar el equipo causal de la falla especialmente en los casos que pueden aplicar más de uno, se extendió el documento de clasificación de fallas de órdenes sucias, especificando los escenarios en los que puede aplicar uno u otro, este ejercicio se realizó con los equipos involucrados para que hubiera consenso en los criterios, es importante dar claridad a este proceso ya que al no hacerlo correctamente se puede caer en categorización incorrecta lo cual implica el tiempo adicional dedicado a auditar.

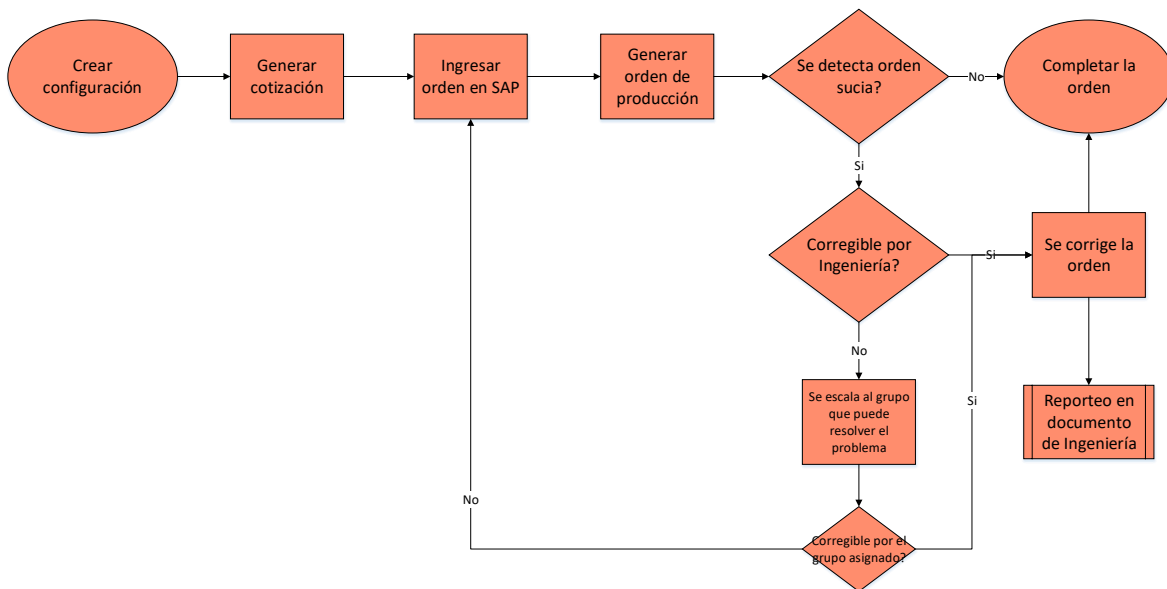
Las reuniones se realizaron en la semana del 23 al 27 de septiembre del 2019, los participantes fueron dos miembros del equipo de ingeniería de planta 1 y 2 respectivamente, el equipo completo de Administración de datos del producto, dos integrantes del equipo de Introducción de nuevos productos y finalmente el equipo del proyecto. El entregable de dicho trabajo fue la propuesta de categorías de órdenes sucias y otro de los documentos que fueron revisados y actualizados fue el archivo de procesos causales que ya estaba implementado, pero tenía que actualizarse para que fuera funcional en el proceso.

4.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición

El estado anterior del proceso para reportar las fallas por órdenes sucias era muy limitado para realizar un análisis completo de la problemática, los casos eran revisados aisladamente implementando acciones de contención para solucionar el problema en el momento, sin un reconocimiento de la tendencia y el vínculo de los errores presentes con los pasados.

El siguiente diagrama de flujo de segundo nivel (Figura 1.5) representa el proceso actual y su funcionamiento, solamente en la sección que se pretende mejorar, se excluye todo el proceso de escalación para casos que no se pueden resolver por el equipo de ingeniería en planta ni por el resto de los equipos de soporte.

Figura 1. 5 Diagrama de flujo del proceso actual



(Munguia, 2019)

Las ventajas del proceso actual es que existe el análisis de los casos para implementar acciones de contención, hay un registro de su información, se tiene un proceso de escalación y direccionamiento a los grupos de soporte. Las desventajas del proceso son que no existe un análisis de causa raíz de los casos para implementar acciones correctivas por lo que estos se repiten a lo largo de todo el año, el reporte no es eficiente, faltan datos importantes para algunos grupos de soporte, la información no es medible más que por cantidad de casos por grupo de soporte, no existen gráficas de tendencia para conocer el estado del proceso en determinada fecha, el reporte es en término prácticos, un acumulado de datos.

Para simplificar los procesos dentro del área de servicios es común encontrar la política de dejar de hacer un reporte por cierto periodo de tiempo y si nadie pregunta por él, lo más apropiado es no hacerlo más, esta situación es parte de lo que ocurría en el proceso de órdenes sucias, se reportaban los errores pero no había un flujo establecido para atacar la causa raíz ni mucho menos de proveer visibilidad a la gerencia, siendo que ahí se encontraba oculta una oportunidad importante para mejorar la calidad y las finanzas de la compañía.

Uno de los pilares del proyecto reside en la sistematización de esta actividad para obtener datos confiables que provean información en lugar de datos, el enfoque de la metodología DMAIC se representa mejor por la frase “lo que no se mide no se puede mejorar” a este concepto quizá le faltaría agregar el hacerlo de manera correcta y precisa.

Para esta intervención los elementos que contribuyeron para sistematizar el proceso son:

- La categorización de los errores elaborando la tabla maestra.
- Estandarización de la existente clasificación de procesos causales.
- Definición de criterios de la clasificación de los errores.
- Establecer la métrica de errores en las órdenes por unidad y porcentaje.
- Implementar tablero de control para visualizar la tendencia de los datos.

4.2. Organización de la información obtenida

Para esta intervención se involucraron cuatro equipos, Administración de datos del producto, Introducción de nuevos productos, Ingeniería, más el equipo del proyecto, de los cuales ingeniería tiene como función detectar los casos, corregirlos y reportarlos, este grupo funge como el último filtro para que las órdenes se elaboren correctamente, los equipos restantes están directamente involucrados en las órdenes sucias e incluso en algunos casos pueden determinarse como procesos causales de las mismas.

Como se puede apreciar en la Figura 1.6, se presenta en la junta de arranque del proyecto llevada a cabo el 4 de septiembre del 2019 la hoja del proyecto con el objetivo de comunicar el contexto del problema, meta, patrocinadores, alcance, riesgos, dependencias y actores fundamentales de la iniciativa.

Figura 1. 6 Hoja del Proyecto

Hoja del Proyecto	
Título del proyecto: Reducción de órdenes de venta sucias en Norte América	Proceso: Calidad y cumplimiento
Dueño del proceso: Gerente del departamento de calidad y cumplimiento	
Descripción del problema: Las órdenes en planta 1 y 2 son recibidas aparentemente sin errores, cuando se revisan se identifica que tienen una o más fallas que no fueron detectadas por el sistema o por los usuarios. Los errores más comunes son relacionados a Solconfig, BOM, pruebas y configuraciones. En el proceso no existe el análisis de datos o una metodología de identificación de causas raíz para reducir las órdenes sucias. El volumen total es de 994 de 12,672 desde enero hasta octubre del 2019 equivalente a 8% de fracción defectuosa en promedio y representando hasta 205 Millones de dólares.	
Fecha Inicial	01/09/2019
Fecha Final	01/05/2020
Patrocinador del proyecto	Gerente del departamento de calidad y cumplimiento
Patrocinador ejecutivo	Director de la organización de gestión de órdenes
Gerente del proyecto	Edgar Munguia
Participantes	Experto del departamento de calidad y cumplimiento, Desarrollador de Software
Representante de finanzas	Representate del departamento de finanzas
Alcance	SI ES: Órdenes sucias, órdenes en fábrica con problemas de CID, configuraciones incorrectas, FAN inválido. NO ES: Retenciones, defectos de ingeniería, proyecto de cancelar y reingresar, estatus de editar e incompleto
Objetivos del proyecto	Cuantitativo: Reducir del 30% de la fracción defectuosa de las órdenes sucias para Norte América en planta 1 y 2 en un periodo de 3 meses despues de la implementación de las mejoras. Cualitativo: Mejorar la reputación de los procesos administrativos de la empresa
Riesgos y dependencias	Disponibilidad de datos, Disponibilidad del tiempo de equipos involucrados en el proyecto
Estrategia impactada	Excelencia operativa

(Munguia, 2019)

Esta herramienta es clave para arrancar un proyecto, los principales participantes deben revisarlo a detalle y aprobarlo, además de que sirve para acotar un proyecto y dar claridad en la ruta a seguir. La hoja del proyecto fue aprobada por la directora de la organización de Gestión de órdenes, además de los representantes de Administración de datos del producto, Introducción de nuevos productos e Ingeniería.

La matriz RACI del proyecto (Tabla 1.6) elaborada en la primera etapa de la metodología para asignar roles en los principales entregables a cada uno de los equipos involucrados es la siguiente:

Tabla 1. 6 Matriz RACI del proyecto

	Gestion de órdenes	Admon. de datos del producto	Introd. de nuevos productos	Ingeniería	Equipo del proyecto
Elaboración de plan de trabajo del proyecto	I	I	I	I	R / A
Comunicación y programación de reuniones de seguimiento	I	I	I	I	R / A
Elaboración del flujo del proceso	R	R	R	R	R / A
Creación y estandarización de categorías de los errores	C	C	C	C	R / A
Generar base de datos de 2019	I	I	I	I	R / A
Diseño y desarrollo del tablero de control	C	C	C	C	R / A
Ejecución de pruebas del tablero de control	R	R	R	R	A
Liberación a producción del tablero de control	I	I	I	I	R / A
Implementación y verificación del flujo del proceso propuesto	C	C	C	C	R / A
Monitorear progreso de la implementación	I	I	I	I	R / A

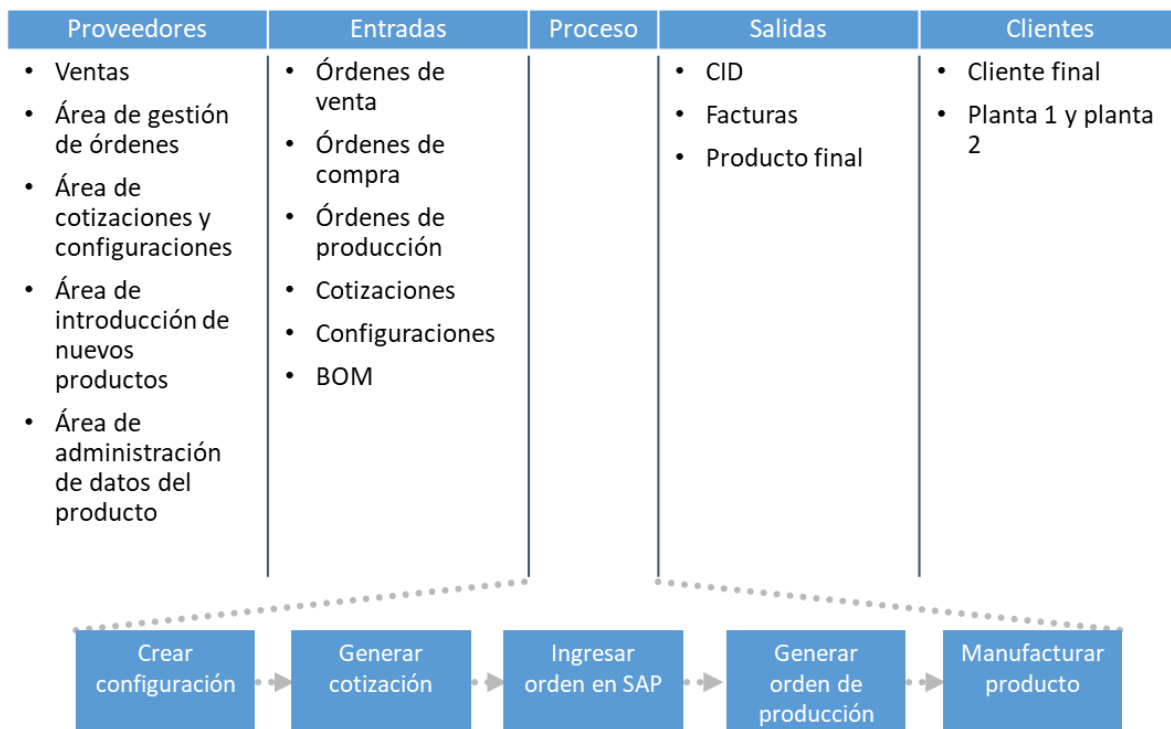
(Munguia, 2019)

Se puede observar en la matriz que los entregables están enfocados en establecer un proceso y obtener una base de medición, que permita desarrollar la metodología DMAIC,

prácticamente todas las actividades tienen como responsable al equipo del proyecto, en las tareas de elaboración de flujo del proceso y ejecución de pruebas del tablero de control se comparte la responsabilidad, el resto de las actividades varían para los equipos de soporte como consultados o informados, dependiendo en el nivel de participación que se requiera de su parte.

El diagrama de PEPSC se presenta desde la perspectiva del flujo de la orden, iniciando con la configuración del producto hasta la manufactura, además de considerar únicamente a las entradas más relevantes para esta intervención. En el siguiente diagrama (Figura 1.7) se visualizan los elementos que componen este proceso:

Figura 1. 7 Diagrama PEPSC



(Munguia, 2019)

En el diagrama de PEPSC se observa que los procesos involucrados en el proyecto son proveedores en distintas instancias del proceso, el área de cotizaciones y configuraciones es un equipo que puede aparecer eventualmente en caso de determinarlo como proceso causal en el análisis de causa raíz de las problemáticas.

Se realizó un ejercicio con los expertos de los distintos grupos de soporte para analizar el reporte completo del año 2019 y validar que la clasificación del proceso causal fuera

correcta, además se incluyó la categorización del error para que fuera medible, este trabajo se hizo en septiembre y octubre del 2019 con el objetivo de obtener una base confiable como punto de partida con criterios definidos, es decir, cuando se debe clasificar como determinado error o proceso causal según sea la naturaleza del caso.

Para iniciar el análisis se realiza un ejercicio para obtener los datos de estadística descriptiva de enero a octubre del 2019 de la cantidad de errores, los valores que nos arroja son la media, error estándar, desviación estándar, mínimo y máximo de los datos, cuartil uno y tres y finalmente la mediana. La siguiente Tabla 1.7 contiene los resultados obtenidos:

Tabla 1. 7 Estadística descriptiva

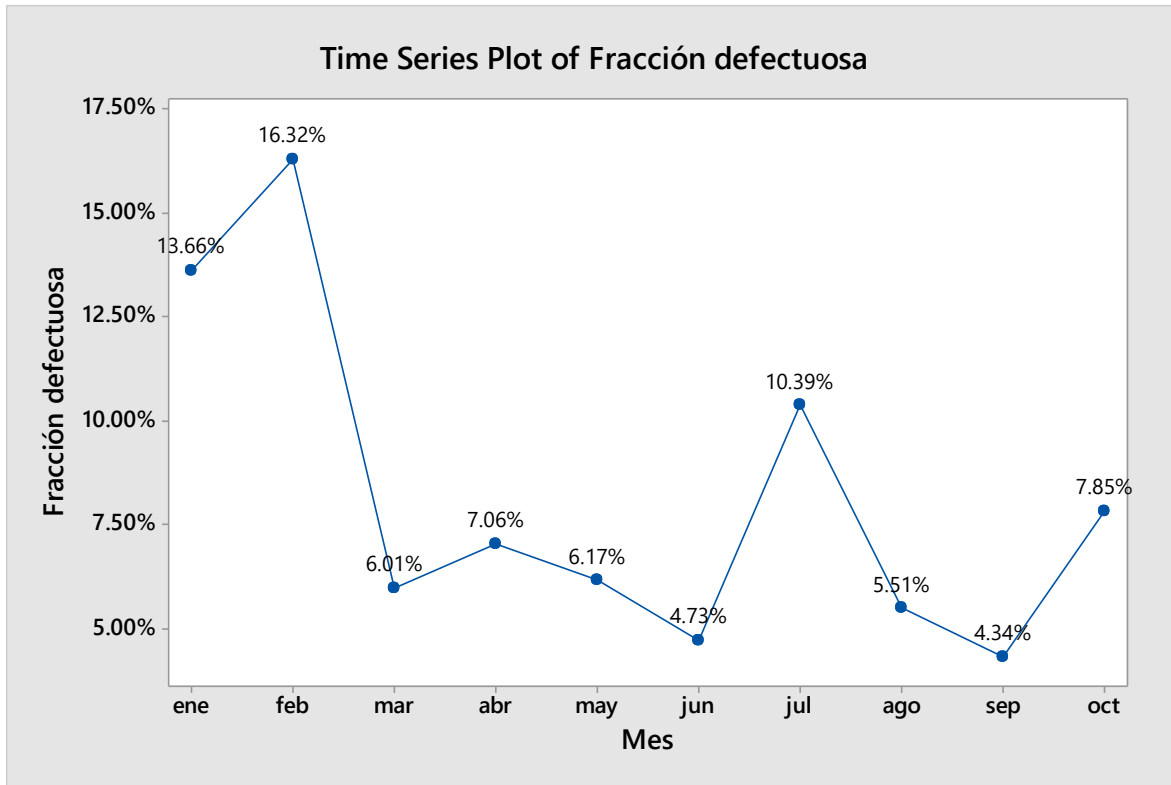
Variable	N	Mean	SE Mean	STD Dev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Errores	10	99.4	11.2	35.5	62	70.3	86.5	134	157

(Munguia, 2019)

Los valores relevantes obtenidos son que en promedio se tienen 99.4 errores por mes, el mínimo de errores obtenido en un mes son 62 y el máximo 157, el cuartil uno se establece en 70.3 y el cuartil tres en 134, la mediana se encuentra 86.5, este último dato menor a la media por lo tanto la distribución es asimétrica, sesgada a la derecha.

Para visualizar la fracción defectuosa de las órdenes sucias por mes, se realiza una gráfica de series de tiempo (Figura 1.8), es importante mencionar que se utiliza este concepto de fracción defectuosa para trabajar con la proporción de estos errores respecto al volumen de órdenes, no necesariamente un alto volumen de errores es mayor en un mes, aunque en el número si lo sea, si de la misma manera existe un alto volumen de órdenes, para ampliar la explicación, más adelante en el documento se puede observar que tipo de relación existe entre ambas variables a través de una gráfica de dispersión.

Figura 1. 8 Gráfica de series de tiempo

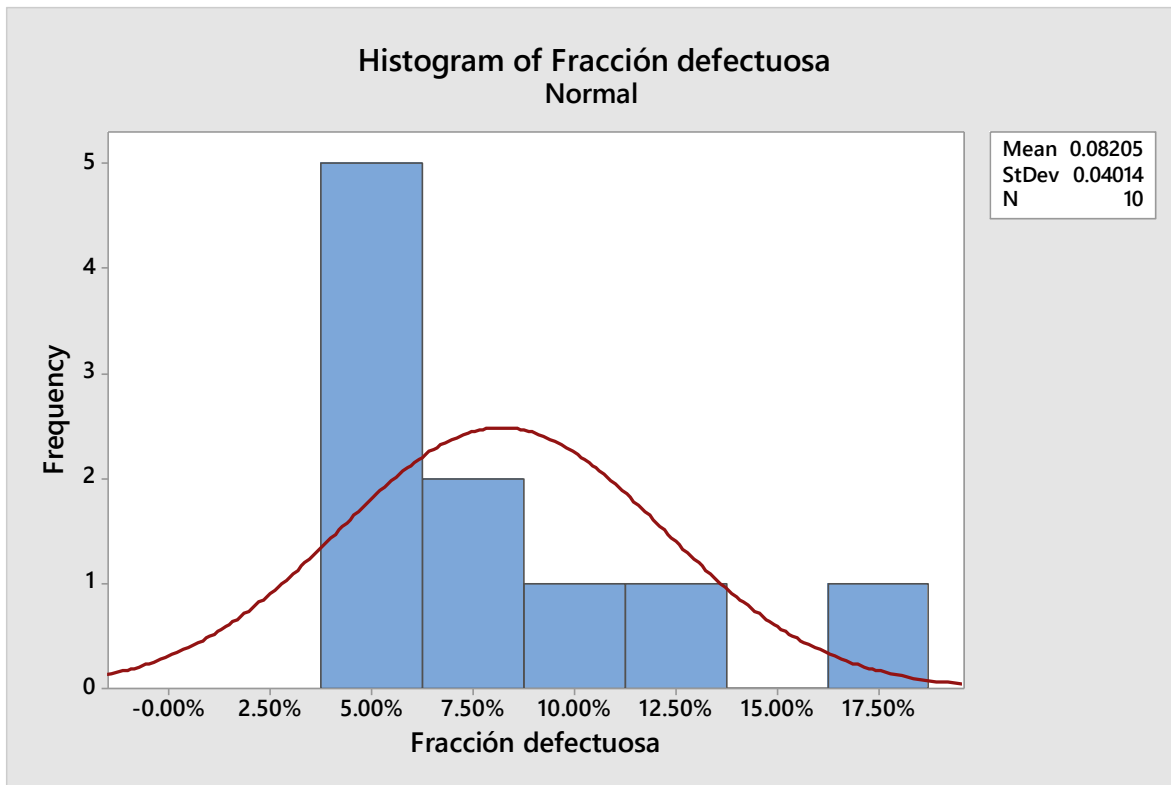


(Munguia, 2019)

Los valores significativamente altos ocurren en los meses de enero y febrero, le sigue julio con otro valor de volumen alto, es más notorio debido al bajo volumen de junio, el valor más bajo de todo el año. El resto de los meses se mantiene en el rango medio de los datos.

Se realiza una gráfica de histograma de órdenes sucias (Figura 1.9) para visualizar el rango de fracción defectuosa de mayor frecuencia y validar si gráficamente se ajusta a una distribución normal.

Figura 1. 9 Histograma de volumen de errores

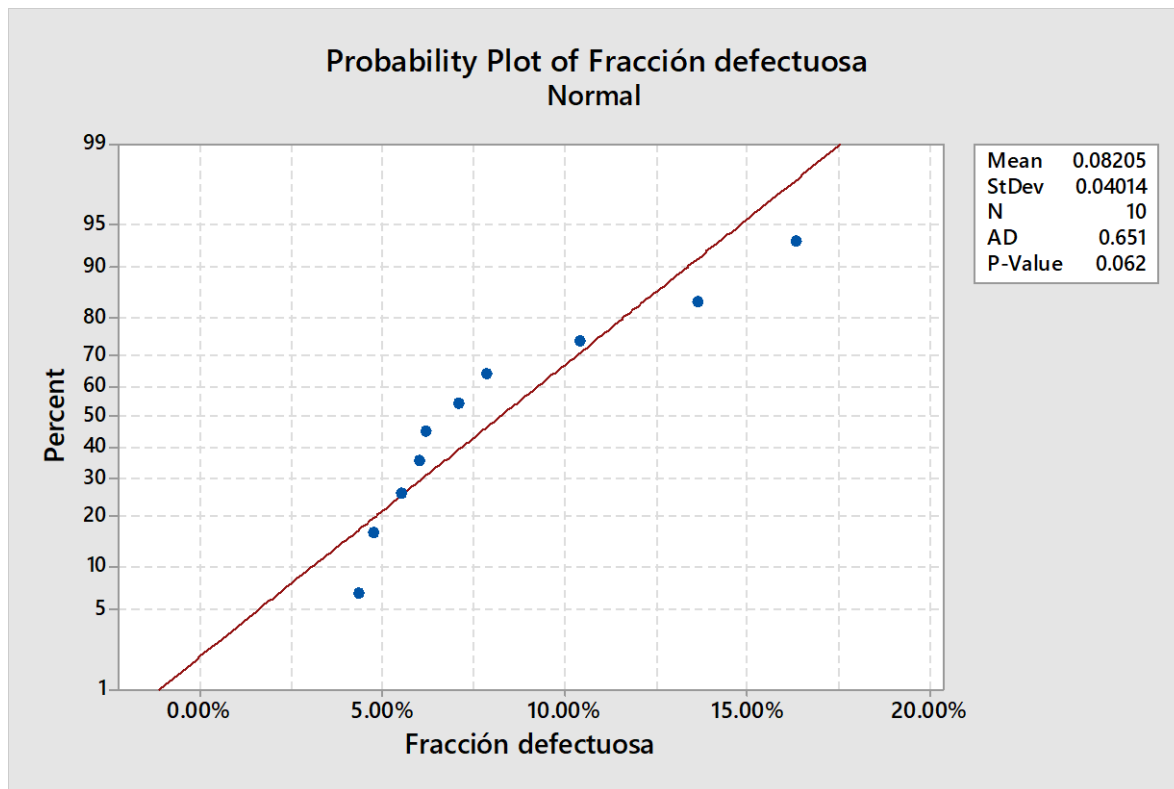


(Munguia, 2019)

Se puede observar que el rango más repetido es entre 3.75% y 8.75% de fracción defectuosa con una frecuencia de 5 y 2 respectivamente, a partir de ahí sigue una frecuencia constante de 1 en los rangos hasta alcanzar el máximo de 16% de fracción defectuosa por mes. La gráfica de histograma es una distribución normal sesgada a la derecha, como ya se había supuesto en los números arrojados en la estadística descriptiva, la frecuencia de los rangos recae en mayor medida en los volúmenes medios y bajos de errores, los datos son más dispersos en los rangos altos de fracción defectuosa.

De acuerdo con el resultado del histograma se infiere que los datos pertenecen a una distribución normal, sin embargo, es necesario realizar otra prueba estadística para verificar el supuesto. En el siguiente análisis se realiza una prueba de normalidad (Figura 1.10) con los datos de órdenes sucias. Los valores clave que arroja la prueba son el índice Anderson Darling y el valor P, para este último se utiliza un nivel de significancia de 0.05, este valor se utiliza como probabilidad para aceptar o rechazar la normalidad de los datos, cuando es mayor a 0.05 se tiene evidencia de que los datos proceden de una distribución normal.

Figura 1. 10 Prueba de normalidad volumen de errores

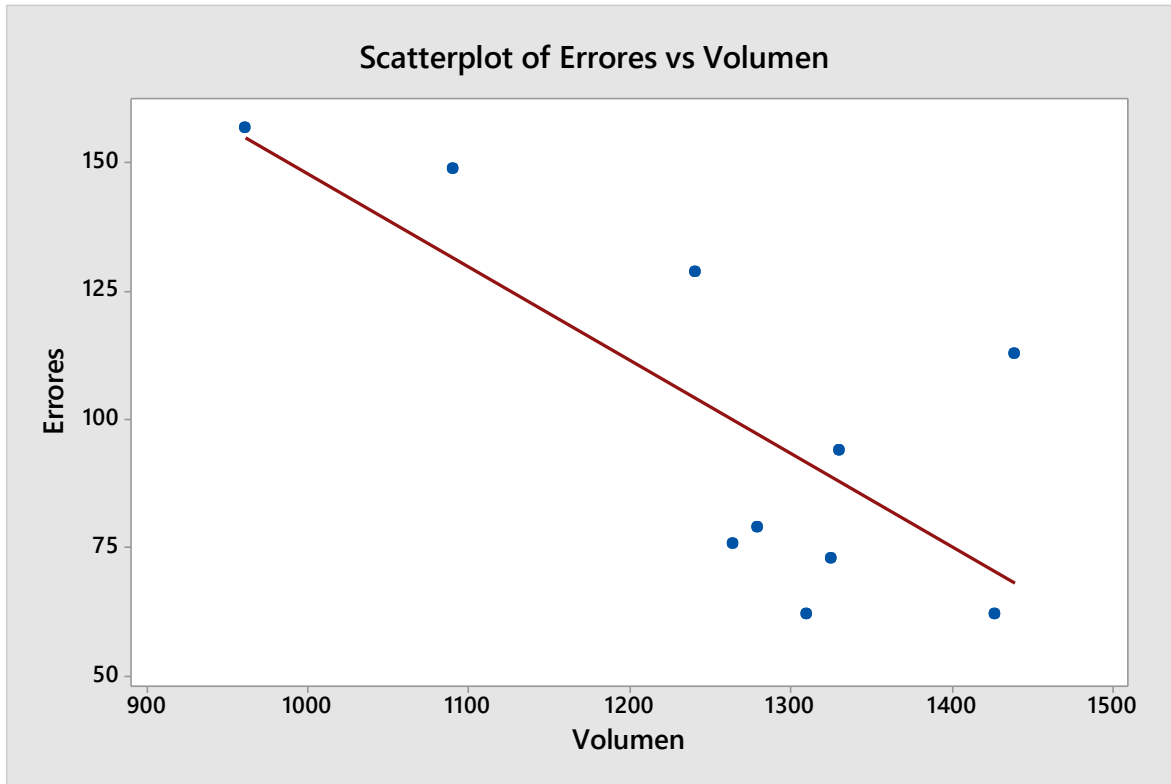


(Munguia, 2019)

Se observa en la prueba de normalidad, con los datos de órdenes sucias, que los valores en la gráfica parecen alinearse a la recta. El valor P arrojado es de 0.062, siendo ligeramente mayor al valor de significancia de 0.05 lo cual indica que los datos son normales.

Se hace un análisis de dispersión (Figura 1.11) para visualizar la relación entre las variables de volumen de órdenes y errores mensuales, el resultado determinará la influencia de una variable respecto a la otra, si la relación lineal es positiva significa que a mayor volumen de órdenes la cantidad de errores también aumenta, de lo contrario, si la relación es negativa, lo que nos indica es que a mayor volumen de órdenes los errores disminuyen proporcionalmente.

Figura 1. 11 Gráfica de dispersión



(Munguia, 2019)

En la gráfica de dispersión se puede observar que existe una relación negativa, como se mencionó en el párrafo anterior a mayor volumen de órdenes, los errores disminuyen proporcionalmente.

Para comprobar matemáticamente el análisis visual de la gráfica de dispersión, se corre un ejercicio para obtener el coeficiente de correlación de Pearson, que nos va a indicar la fuerza de la relación entre ambas variables, una relación lineal negativa fuerte debería acercarse al valor de -1, mientras que una relación lineal positiva a 1, entre más cercano se encuentre el valor a 0, menor será la intensidad de la relación.

Otro valor que se obtendrá de este ejercicio es el valor P para validar si la prueba es estadísticamente significativa, el resultado tendrá que ser igual o menor al valor de significancia de 0.05. La siguiente Tabla 1.8 contiene los datos obtenidos del ejercicio.

Tabla 1. 8 Coeficiente de correlación de Pearson

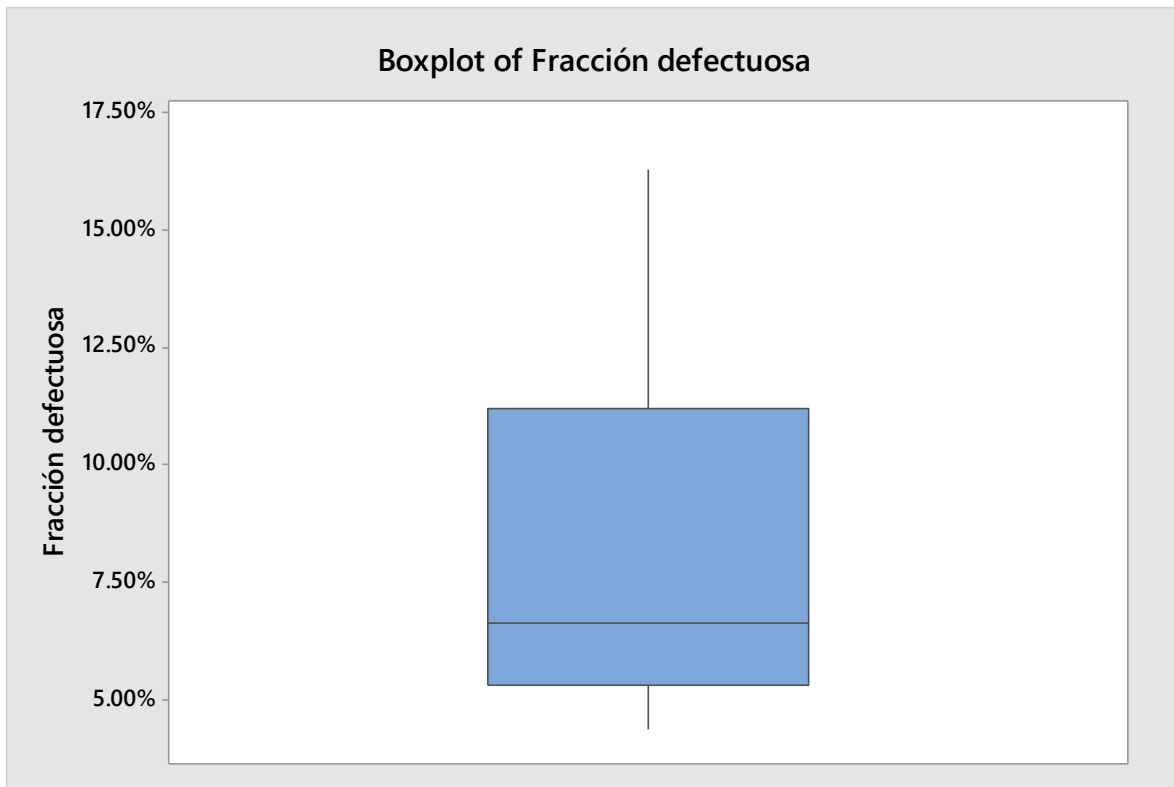
Coeficiente correlación de Pearson	Valor P
-0.74	0.01

(Munguia, 2019)

El resultado del coeficiente de correlación de Pearson es de -0.74 lo cual confirma una relación lineal negativa lo suficientemente intensa para considerarla como tal, mientras que el valor P de 0.01 es menor a 0.05 lo cual indica que la prueba es estadísticamente significativa. No obstante, existe una dependencia total entre ambas variables, no nos permite concluir si es a un ritmo constante ya que al ejecutar el análisis de rho de Spearman obtenemos un coeficiente de correlación de -0.58 y un valor P de 0.07, mayor a 0.05, lo cual no es estadísticamente significativo para afirmar que la correlación es diferente de 0.

Posteriormente, para complementar el análisis visual, se realiza una gráfica de caja (Figura 1.12) para determinar en el cuartil que caen el grueso de los datos, además de visualizar la dispersión de los datos.

Figura 1. 12 Gráfica de caja



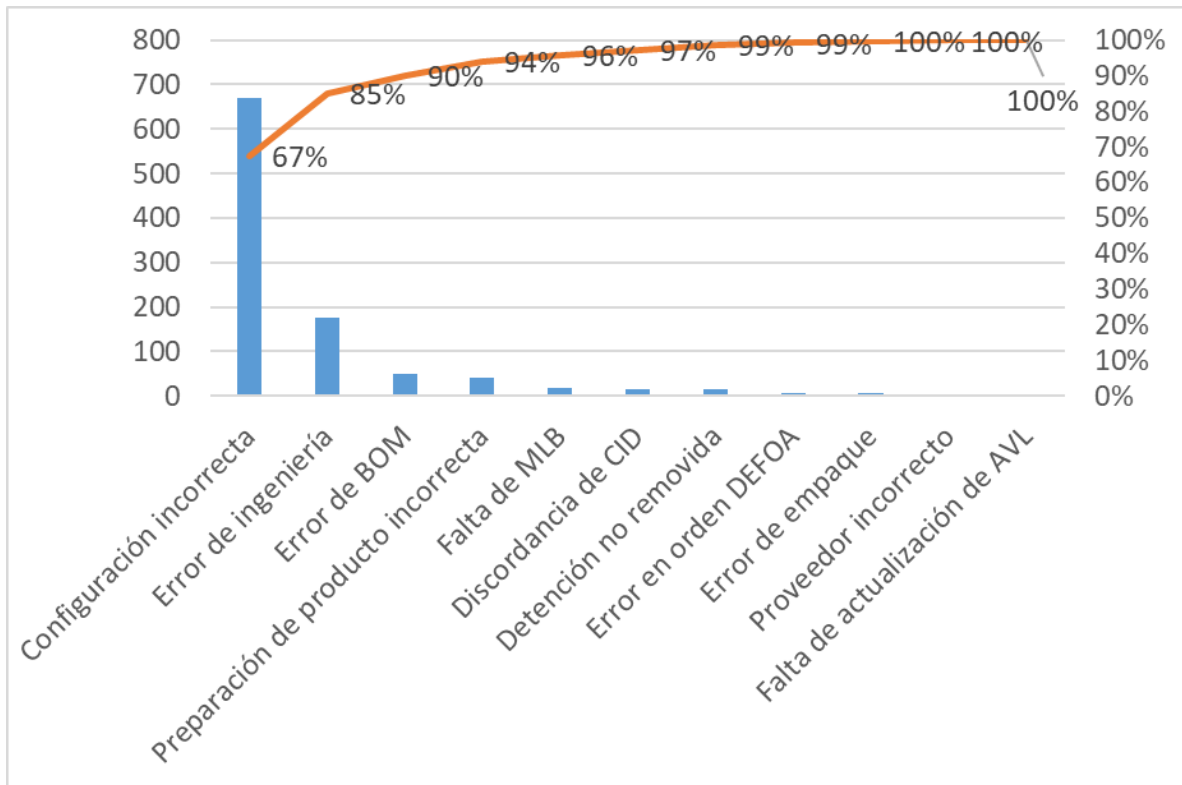
(Munguia, 2019)

Se observa que la mayor parte de los datos están entre la mediana (7%) y el cuartil tres (11%), considerando un mínimo de 4% y un máximo de 16%, el resto de los datos caen en el cuartil uno (5%) y la mediana, la mediana se encuentra ligeramente por arriba del total de datos, hay algunos meses en los que se disparan los errores alcanzando hasta el 16% del total de las órdenes, esto traducido en términos financieros tiene un impacto significativo para la compañía.

Para el monitoreo continuo se realizaron dos gráficas de Pareto, el primero muestra las categorías de los errores más comunes, con los datos de enero a octubre de 2019 agregando planta 1 y 2.

A continuación, se muestra en la gráfica de Pareto (Figura 1.13) descrito representando las categorías de los errores:

Figura 1. 13 Pareto categorías del error

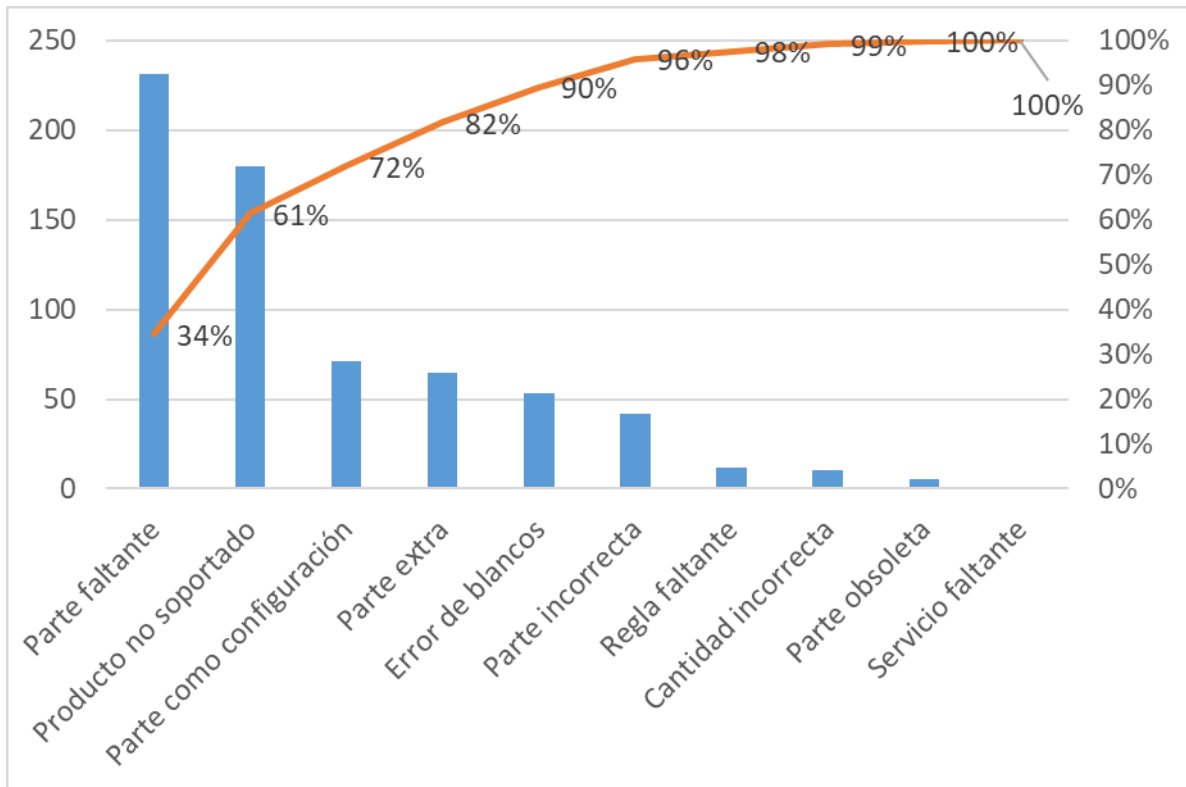


(Munguia, 2019)

En la primera gráfica de Pareto se visualiza que el error más repetido es configuración incorrecta alcanzando el 67% del volumen total, sumando el segundo lugar que es error de ingeniería se obtiene un porcentaje acumulado de 85%, ligeramente superior a la regla de Pareto que dice que el 80% de los errores es generado por el 20% de las causas, para este primer análisis se alcanza con dos categorías.

La segunda gráfica de Pareto (Figura 1.14) se realizó con el siguiente nivel de las categorías, la definición del error, las que se encuentran dentro del 80% de las fallas son configuración incorrecta y error de ingeniería. Las fallas ocurridas en ingeniería quedan fuera de alcance del proyecto debido a la complejidad que implica involucrar a los equipos que se encuentran en planta, para ello se requiere de otro proyecto de la misma magnitud visto desde la perspectiva de ingeniería.

Figura 1. 14 Pareto definiciones del error

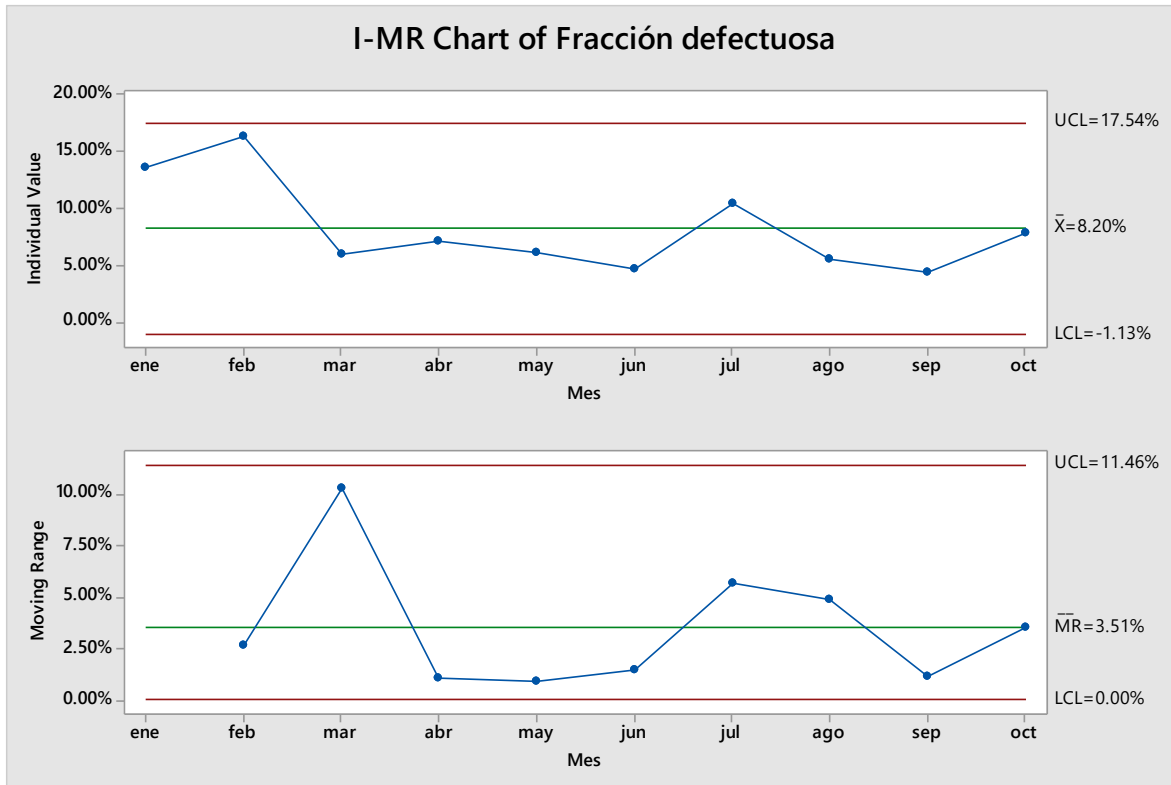


(Munguia, 2019)

En la segunda gráfica de Pareto se observa que la regla de 80% se cumple en la cuarta definición, en primer lugar, se encuentra parte faltante con el 34% seguido de producto no soportado con 27%, parte como configuración con 11% y finalmente parte extra con 10%, el total sumado de estas 4 categorías es 82%, el resto de las categorías se pueden excluir dejando sólo las relevantes cuantitativamente.

La siguiente herramienta estadística aplicada es la gráfica de control I para datos individuales (Figura 1.15), usualmente se utiliza cuando se tiene un volumen bajo de datos y las mediciones son costosas. El objetivo de utilizar esta herramienta para el proyecto es detectar causas especiales y visualizar el nivel del proceso.

Figura 1. 15 Gráfica de control I para datos individuales



(Munguia, 2019)

De acuerdo al resultado que arroja con los datos de muestra, los errores están dentro de límites de control, estos son calculados estadísticamente con los datos utilizados para la prueba que equivalen a tres desviaciones estándar de distancia de la media, a diferencia de la gráfica de series de tiempo, este nos permite ver que hay dos datos en lugar de tres que se despegan de la línea central, en el análisis de causa raíz se puede considerar la exploración de algún patrón cíclico propio del calendario o revisar si hubo algún evento como la introducción de un nuevo producto.

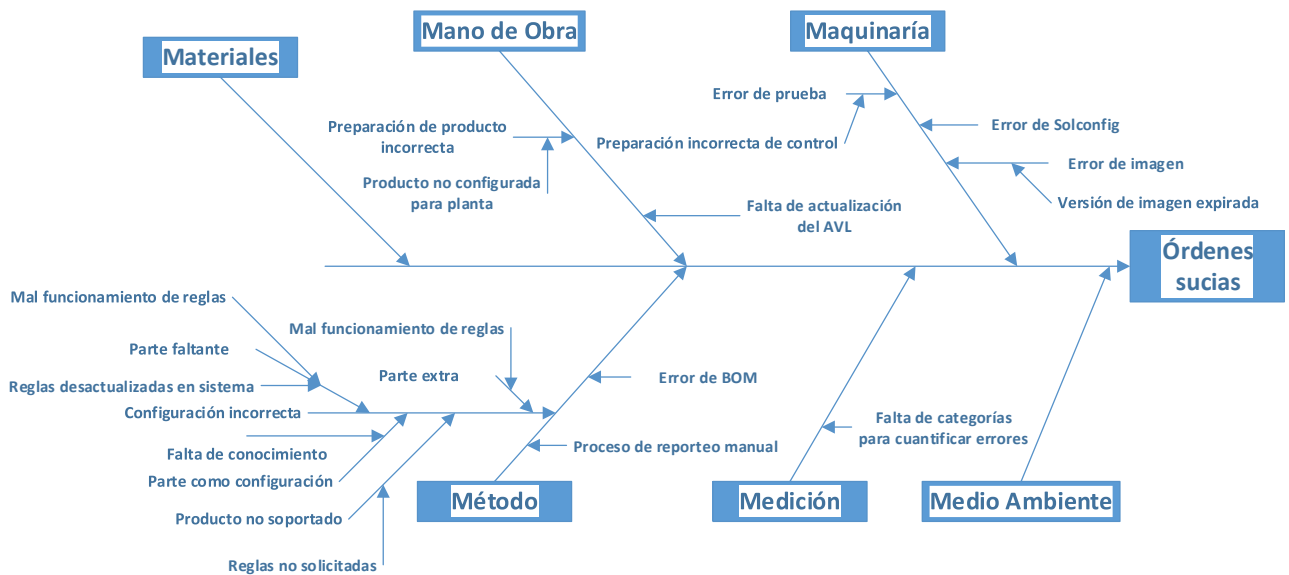
4.3. Impacto de la estrategia en la organización

Esta intervención se centrará en las categorías que alcancen el 80% de las fallas resultantes del Pareto de segundo nivel, aterrizando la categoría de configuración incorrecta en problemas concretos. Durante la etapa de Analizar llevada a cabo en el mes de octubre del 2019, se obtendrán las causas y se implementarán soluciones que disminuyan los casos de órdenes sucias y por lo tanto contribuir positivamente a la estrategia de excelencia operativa de la compañía. Como se mencionó en el capítulo anterior la segunda categoría

resultante en la gráfica de Pareto de primer nivel, que es error de ingeniería, queda fuera del alcance del proyecto.

Se realiza un diagrama de Ishikawa (Figura 1.16) para observar las causas que más afectan con base en la experiencia de los expertos de los procesos de ingeniería, introducción de nuevos productos, gestión de órdenes y administración de datos del producto, para complementar el análisis cuantitativo del Pareto con un enfoque cualitativo.

Figura 1. 16 Diagrama de Ishikawa



(Munguia, 2019)

Se observa que hay algunas coincidencias entre las causas identificadas por los mismos expertos de los procesos que saltan a la vista en los primeros lugares del segundo Pareto (Figura 1.14), por lo tanto, se seleccionan los problemas más repetitivos en la gráfica, parte faltante, producto no soportado, parte como configuración y parte extra, además de que se discriminan aquellas que están fuera del alcance del proyecto. Finalmente se amplía el análisis de causa raíz de cada problema por el mismo equipo y se obtiene la siguiente información en la Tabla 1.9:

Tabla 1. 9 Análisis causa raíz

Problema	Recurrencia	Causa potencial
Parte faltante	199	<ul style="list-style-type: none"> - Reglas para validación en sistema no funcionando como deberían lo cual genera partes extras o partes faltantes en el producto. - Reglas desactualizadas en sistema lo cual genera partes extras o partes faltantes en el producto.
Producto no soportado	159	<ul style="list-style-type: none"> - Reglas no solicitadas para validación en sistema, ocasiona que la planta no sea capaz de procesar la orden.
Parte como configuración	59	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de conocimiento para ingresar las configuraciones y productos individuales en el sistema.
Parte extra	47	<ul style="list-style-type: none"> - Reglas para validación en sistema no funcionando como deberían lo cual genera partes extras o partes faltantes en el producto. - Reglas desactualizadas en sistema lo cual genera partes extras o partes faltantes en el producto.

(Munguia, 2019)

Se identifica en el análisis que una parte importante de los errores son a causa del mal funcionamiento en las reglas de validación que se implementan en el sistema para verificar la viabilidad de la configuración o en las reglas para asegurar que los componentes del producto sean los adecuados cuando se ejecuta el proceso de explosión de materiales, cabe señalar que las reglas para la configuración y las reglas para la explosión de materiales se administran en sistemas diferentes. También hay un problema de comunicación para los productos no soportados, ya que en cambios de ingeniería no se solicita la aplicación de las reglas en el requerimiento, en consecuencia, la planta no es capaz de procesar la orden. Para el caso de parte como configuración, la causa probable es la falta de conocimiento de los agentes para ingresar configuraciones en el sistema.

Actualmente, el proceso de resolución de casos de órdenes sucias tiene un objetivo de contención y corrección del error, las fallas que surgen en el transcurso de la operación se resuelven al momento o lo antes posible para la orden que presenta el problema. El estado ideal del proceso es aplicar acciones preventivas en lugar de las correctivas, estas últimas se utilizan solamente como alternativa, para ello se realiza un ejercicio de lluvia de ideas

con el equipo para proponer soluciones que puedan mitigar las causas identificadas. Los perfiles de las personas que integran dicho ejercicio son de: programación de aplicaciones, calidad, proyectos y operativo.

A continuación, se presenta el plan de implementación de las mejoras propuestas (Tabla 1.10), se agregan parámetros que impiden realizar un segundo paso, si el primero no está concluido, por ejemplo, la asignación del proceso causal del error se limita a las opciones posibles dependiendo la categoría que se elija. Para el caso de las solicitudes para aplicación de reglas por cambio de ingeniería, se vuelve ahora un campo obligatorio para el equipo de Ingeniería de lo contrario no se procesará la solicitud. Con el establecimiento del proceso de simulación de reglas antes de su implementación, así como el control de actualizaciones, deberá prevenir el problema del mal funcionamiento en sistema. El entrenamiento para configuraciones en sistema se hará semestralmente tratando de mitigar la pérdida de conocimiento por rotación de empleados.

Tabla 1. 10 Plan de implementación de mejoras

	Duración	2019		2020
		Noviembre	Diciembre	Enero
1. Implementación de nuevas categorías estandarizadas.	12 días			
2. Complemento de datos en el reporte.	4 días			
3. Automatización de reporte.	5 días			
4. Implementación de herramienta de visualización de datos.	10 días			
5. Simulaciones de reglas para prevenir errores.	12 días			
6. Establecer como proceso la solicitud de la regla en cambios de ingeniería.	5 días			
7. Control de actualizaciones para las reglas.	10 días			
8. Entrenamiento para ingresar configuraciones en el sistema	2 días			

(Munguia, 2019)

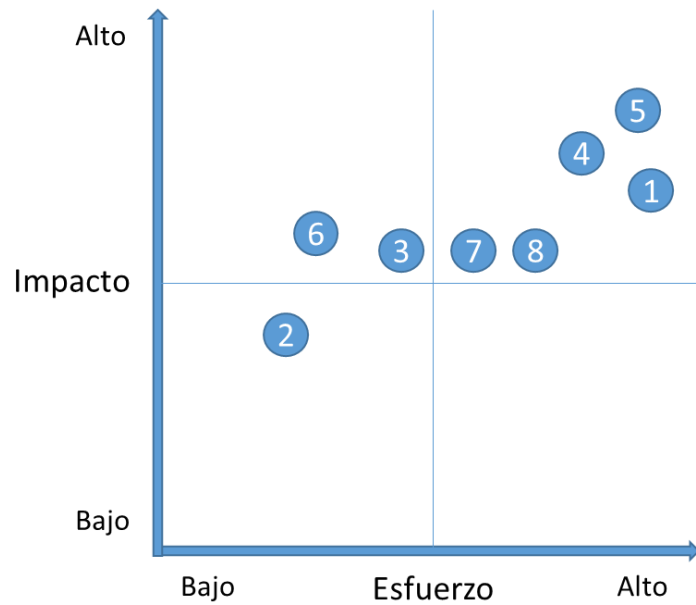
Las mejoras de categorías estandarizadas, complemento de datos en el reporte, automatización de reporte y la herramienta de visualización de datos están vinculadas con la clasificación y reporte periódico de los casos, fueron implementadas entre noviembre y diciembre del 2019, su objetivo es acelerar los tiempos de ejecución de las tareas que no agregan valor, automatizando el flujo de información y generando las gráficas, tablas e indicadores para el análisis sin intervención humana.

Las mejoras de simulaciones de reglas para prevenir errores, el proceso obligatorio para solicitar la regla en cambios de ingeniería, el control de actualizaciones para las reglas y el entrenamiento a los agentes que ingresan configuraciones en el sistema están dirigidas únicamente para atacar las causas identificadas de configuración incorrecta en la etapa de análisis, se pretende monitorear el comportamiento de esta categoría para validar su efectividad durante dos trimestres consecutivos y de acuerdo con los resultados, tomar decisiones sobre la ruta a seguir, fueron implementadas en el mes de diciembre del 2019 a excepción del entrenamiento para ingresar configuraciones en el sistema que se llevó a cabo en la segunda semana de enero del 2020.

En la siguiente matriz de impacto esfuerzo (Figura 1.17) se puede observar el análisis realizado para ponderar el nivel de impacto en relación con el esfuerzo requerido para cada una de las mejoras:

Figura 1. 17 Matriz de impacto esfuerzo

1. Implementación de nuevas categorías estandarizadas.
2. Complemento de datos en el reporte.
3. Automatización de reporte.
4. Implementación de herramienta de visualización de datos.
5. Simulaciones de reglas para prevenir errores.
6. Establecer como proceso la solicitud de la regla en cambios de ingeniería.
7. Control de actualizaciones para las reglas.
8. Entrenamiento para ingresar configuraciones en el sistema

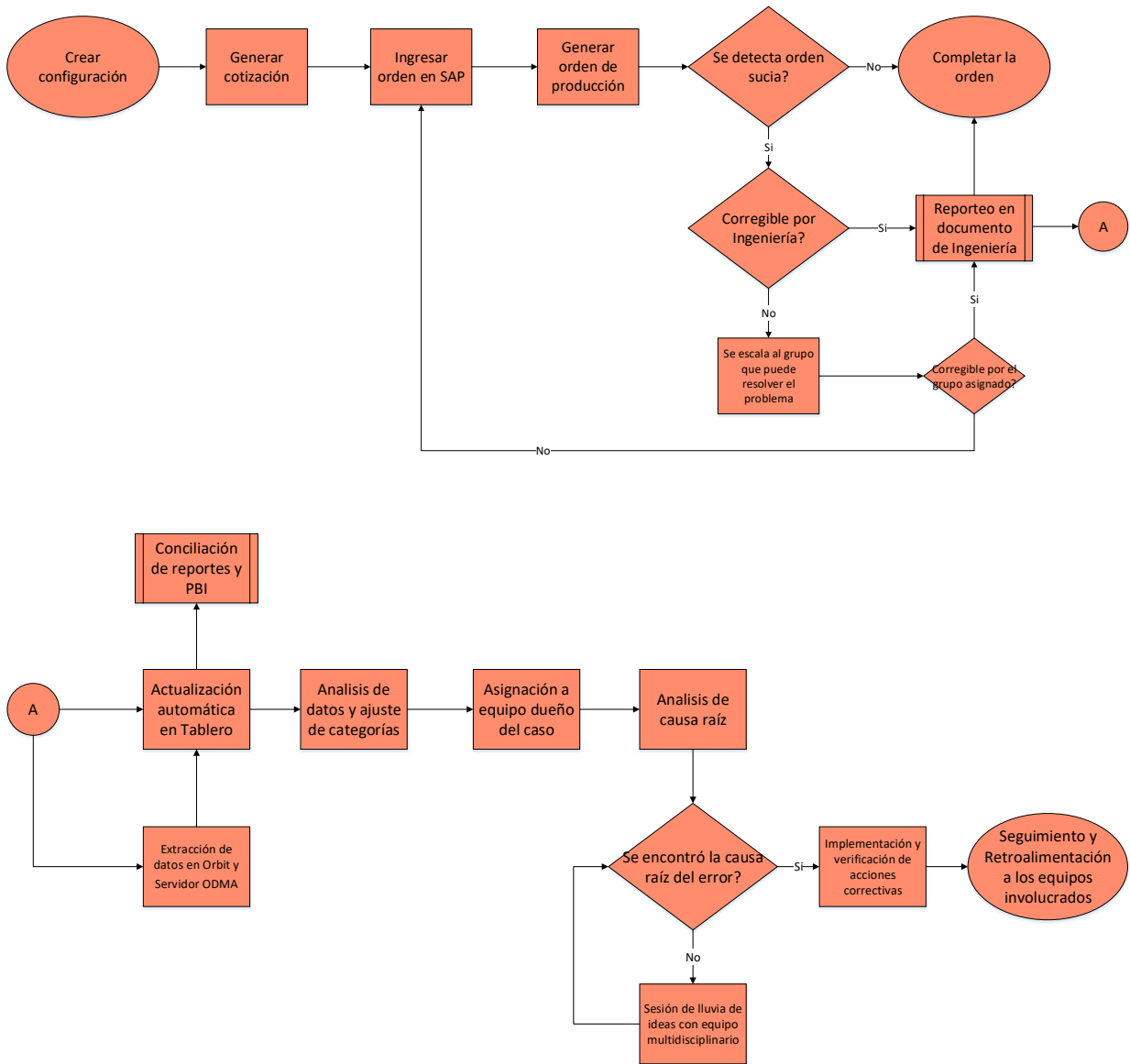


(Munguia, 2019)

Como se había detallado en el capítulo de Herramientas e instrumentos de este trabajo, el escenario ideal de la matriz es que las soluciones se encuentren en el cuadrante de impacto alto y esfuerzo bajo, de las acciones propuestas se tienen dos en dicho cuadrante, en el cuadrante de impacto alto y esfuerzo alto se tienen cinco y una en impacto bajo y esfuerzo bajo, no se coloca ninguna solución dentro de impacto bajo y esfuerzo alto, en caso de tenerse alguna en este cuadrante prácticamente se descartaría su implementación.

El proceso propuesto de segundo nivel (Figura 1.18) se muestra a continuación, el flujo ahora considera el proceso de corrección de los errores desde su causa raíz y no solamente acciones de contención, además de que ahora se pueden cuantificar los casos por su categoría y atacar aquello que está afectando en mayor medida a la operación. Las metodologías de calidad de solución de problemas son la base para construir el diagrama de flujo propuesto.

Figura 1. 18 Diagrama de flujo del proceso propuesto



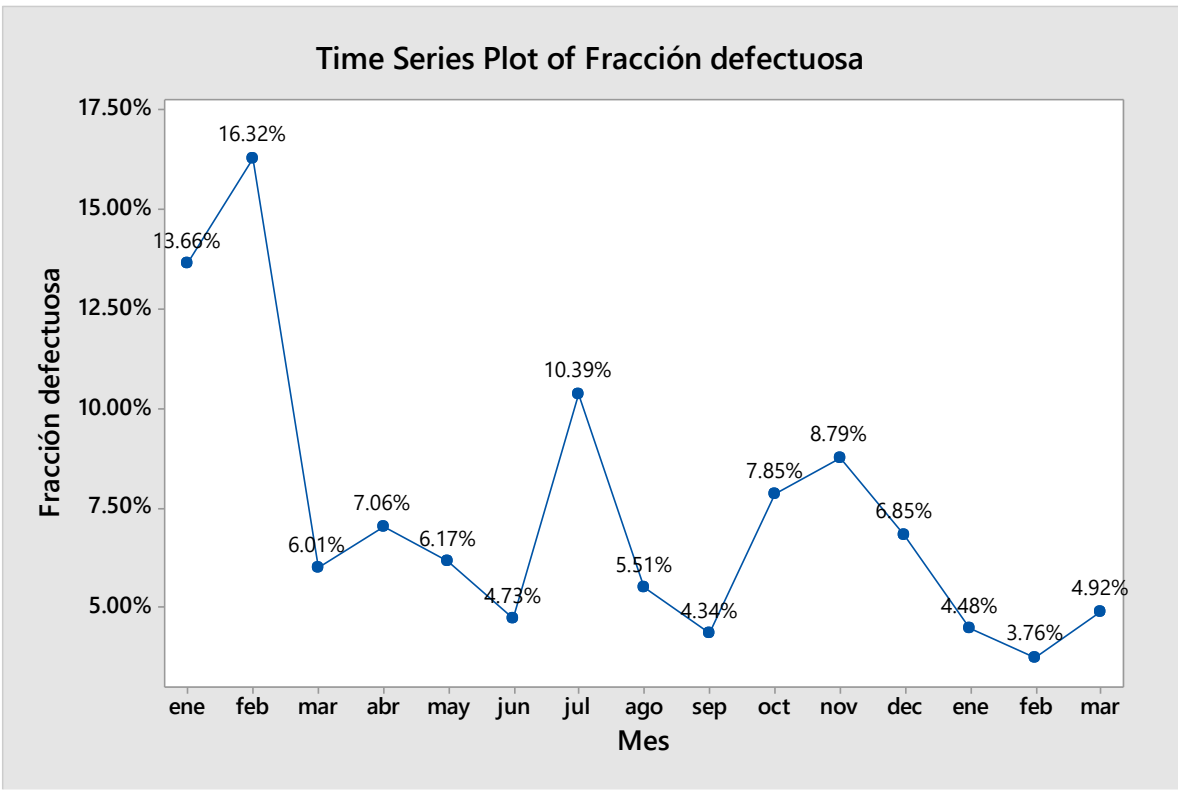
(Munguia, 2019)

Como se observa en el diagrama de flujo propuesto, la primera sección permanece igual, el enfoque es implementar acciones de contención para resolver el problema en el momento. Como se ha mencionado anteriormente algunos errores como los relacionados con la lista de materiales son resueltos por el grupo de Administración de datos del producto pero generados en el proceso de Introducción de nuevos productos, tomando este ejemplo en la segunda parte del diagrama de flujo, los casos de lista de materiales ahora son también

analizados por el equipo de Introducción de nuevos productos, donde se origina el error, para identificar la causa raíz e implementar acciones correctivas, de la misma manera este es el proceso con las otras categorías.

Se realizó la medición de las órdenes sucias para los meses subsecuentes, noviembre y diciembre del 2019 y lo correspondiente a enero, febrero y marzo del 2020, la implementación de las mejoras ocurre en noviembre para la estandarización de las categorías y el complemento de datos del reporte, en diciembre se implementan el resto de las mejoras salvo el entrenamiento para ingresar configuraciones en el sistema que se hace hasta enero, hay que mencionar que las primeras cuatro mejoras no tienen impacto en el proceso de configuración del producto, que es donde ocurre el mayor porcentaje de defectos. En la siguiente gráfica de series de tiempo (Figura 1.19) se incluyen los meses mencionados donde ya se puede visualizar el impacto de las implementaciones.

Figura 1. 19 Gráfica de series de tiempo después de la mejora



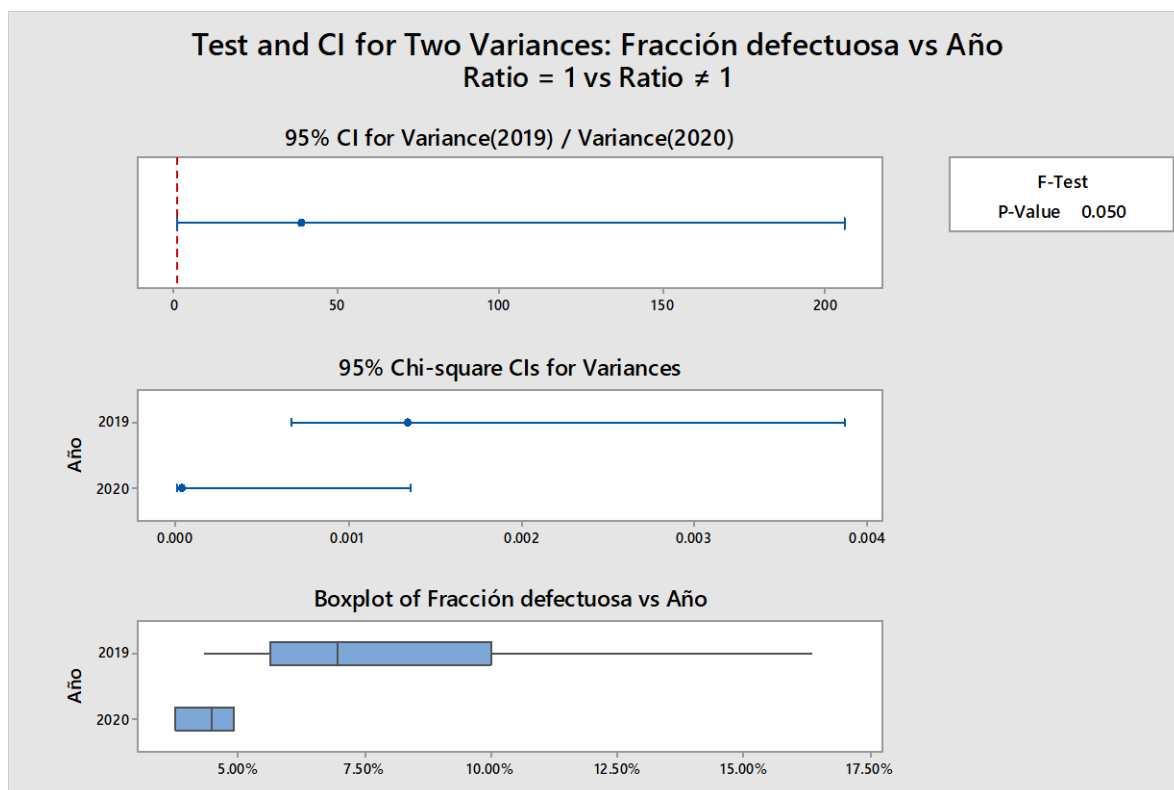
(Munguia, 2019)

Se puede visualizar en esta gráfica que, en los meses de enero, febrero y marzo del 2020 hay una disminución evidente de los casos presentados, después de tener un volumen alto

en los meses de octubre y noviembre del 2019 y una tendencia fluctuante en prácticamente todo el año. Se aprecia una disminución para el mes de diciembre, sin embargo, no es adjudicable a la implementación de las mejoras ya que estas fueron aplicadas durante dicho mes. El promedio de los últimos tres meses de fracción defectuosa es de 4%, por lo que se mantiene dentro del límite aceptable para la gerencia que es de 5%, la reducción se sitúa por arriba del 30% de acuerdo con el objetivo inicial planteado.

Para verificar si la diferencia después de la mejora es significativa respecto a los datos anteriores se requiere realizar una prueba estadística que pueda comprobar esta suposición, la prueba T es un opción viable para el escenario de este proyecto, se necesitan dos características para que la aplicación de esta herramienta sea aceptable, que los datos de las variables sean normales y las varianzas sean homogéneas entre sí, se confirmó el primer supuesto en la prueba de normalidad de los datos, solamente falta la validación del supuesto de homocedasticidad, para ello se ejecuta una prueba F para varianzas de dos muestras (Figura 1.20) con los datos de fracción defectuosa de las órdenes sucias, si el valor P es mayor al nivel de significancia de 0.05 entonces no se puede rechazar la hipótesis nula de que las varianzas son iguales.

Figura 1. 20 Prueba F para varianzas de dos muestras



(Munguia, 2019)

El resultado arroja un valor P de 0.05, igual a 0.05 por lo que se concluye que las variables no son homogéneas entre sí, si se realizara la prueba T a pesar de no cumplir este supuesto, podría dar un resultado falso positivo o falso negativo, debido a que la prueba es muy sensible tanto a la falta de normalidad como de homocedasticidad, por esta razón es necesario realizar el ejercicio con otra herramienta que pueda ajustarse mejor a las propiedades de estos datos.

La prueba de Welch permite evaluar la igualdad entre dos medias, a diferencia de la prueba T común la prueba de Welch es menos sensible a la falta de homocedasticidad entre las variables y tamaños de muestra pequeños, aunque no a la falta de normalidad, por lo tanto, se ajusta mejor al comportamiento de la fracción defectuosa de las órdenes sucias, si el valor P es igual o menor al nivel de significancia de 0.05 se puede concluir que hay diferencia entre las medias, en la Tabla 1.11 se muestran los resultados de la prueba.

Tabla 1. 11 Prueba de Welch

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

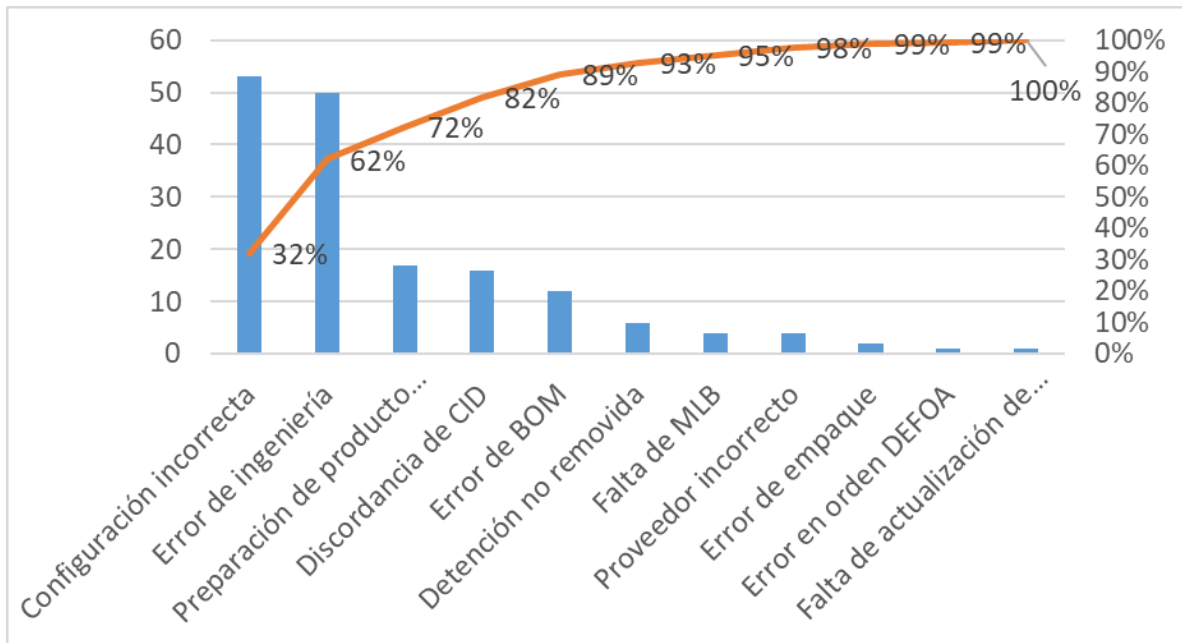
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	0.08	0.04
Variance	0.00	0.00
Observations	12.00	3.00
Hypothesized Mean Difference	0.00	
df	13.00	
t Stat	3.39	
P(T<=t) one-tail	0.00	
t Critical one-tail	1.77	
P(T<=t) two-tail	0.00	
t Critical two-tail	2.16	

(Munguia, 2019)

El resultado de la prueba de Welch es menor a 0.05 por lo que se concluye que hay diferencia significativa entre las medias de las muestras, este dato es importante para demostrar estadísticamente una variación a partir de la intervención y las mejoras implementadas durante este proyecto, de lo contrario el resultado probablemente hubiera sido mayor al nivel de significancia.

En la siguiente gráfica de Pareto (Figura 1.21) contiene los errores acumulados de enero, febrero y marzo del 2020, posterior a la implementación de las mejoras:

Figura 1. 21 Pareto categorías del error después de la mejora

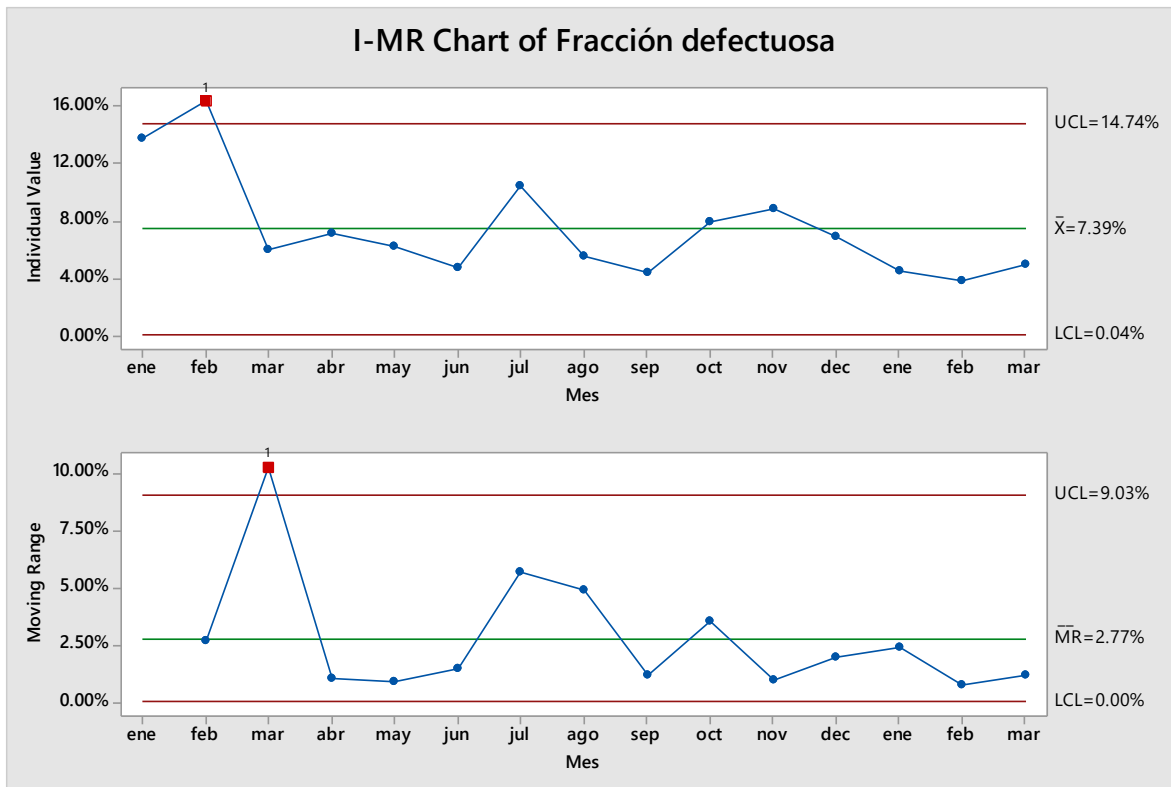


(Munguia, 2019)

Aunque configuración incorrecta, categoría en la que se centraron las mejoras, se mantiene en primer lugar de la gráfica de Pareto, se observa una disminución importante en el porcentaje de errores, representando el 32% de un 67% anterior del total de categorías, le sigue error de ingeniería, representando ahora un 30% del total de las fallas. Agregando preparación de producto incorrecta y discordancia de CID a las dos primeras suman 82% de todas las categorías.

Adicionalmente, se puede replicar una gráfica de control I para datos individuales (Figura 1.22), lo que se pretende observar en esta herramienta es la distancia de los nuevos datos obtenidos respecto a la media y los límites de control.

Figura 1. 22 Gráfica de control I para datos individuales después de la mejora

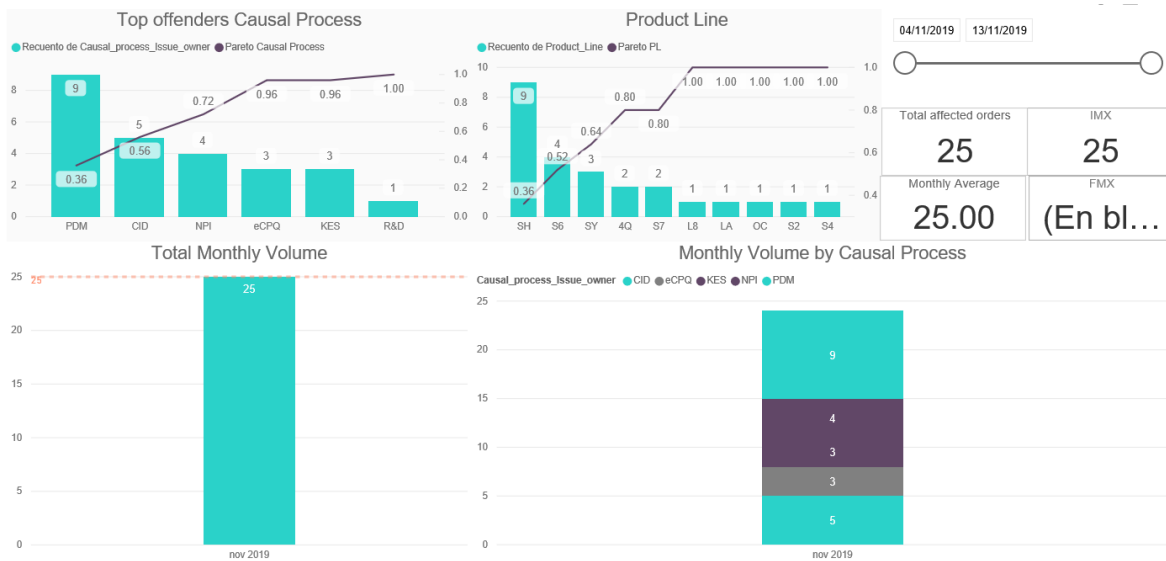


(Munguia, 2019)

En la gráfica de control I para datos individuales se puede ver que los datos de los últimos cuatro meses están por debajo de la media, como ya se mencionó anteriormente, diciembre no se adjudica a las mejoras implementadas. Al modificarse los límites de control con la integración de los datos nuevos, el valor de febrero del 2019 queda fuera de especificación, por arriba de las tres desviaciones estándar de distancia de la media.

El control visual (Figura 1.23) se implementó para mostrar en tiempo real el estado actual del proceso, además de generar las gráficas de Pareto automáticamente, extraer información de bases de datos de otros sistemas y cuantificar los volúmenes con capacidad de filtro de proceso causal, producto, categoría del error y ruta de mercado, además de que puede alertar cuando excede el límite superior permitido.

Figura 1. 23 Control Visual



(Munguia, 2019)

Todos los grupos involucrados en el proyecto pueden acceder para visualizar los casos que les competen, en una hoja separada permite ver los detalles de los casos en una tabla. En total se desarrollaron 3 hojas de visualización de datos con diferentes ópticas, niveles de detalle y gráficas como Pareto, series de tiempo, gráficas de control etc.

En el AMEF de proceso se documentaron las fallas potenciales que pueden ocurrir dentro del proceso de órdenes sucias, así como los efectos en caso de que ocurran, en la siguiente Tabla 1.12 se puede observar el detalle de estas:

Tabla 1. 12 Análisis de modo y efecto de falla

MODOS DE FALLA Y ANÁLISIS DE EFECTOS (AMEF de Proceso)									
Impresión #	1		Rev.	1					
Artículo:	NA			Responsabilidad de Proceso:	Ingeniería, ADP, INP, GO				
Modelo/Producto	Varios			Fecha	03/04/2020				
Equipo:	Calidad								
Función del Proceso/ Requerimientos	Potencial Modo de Falla	Potencial(es) Efecto(s) de Falla	S	C	C	O	Controles de Proceso Actuales -Prevención -Detección	D	R.
			e	l	u	Control		e	P.
			v	a	r			t	N.
			s	s				c	
Resolución de casos de órdenes sucias	Problema desconocido por el equipo de ingeniería	Retraso en la resolución de la orden sucia	3			3	Escalar a nivel 3 dentro del equipo de Ingeniería	2	18
Clasificación de las órdenes sucias	Clasificación incorrecta de las órdenes sucias	Retraso en la resolución de la orden sucia	4			4	Tabla de categorías con las descripción y delimitación de los errores posibles	6	96
Consolidación de casos de órdenes sucias	Error de servidor para actualizar la base de datos	Retraso para realizar análisis del reporte	3			5	Notificación de falla de PBI vía correo electrónico	2	30
	Datos de PBI no coinciden con datos generados por Ingeniería	Retraso para realizar análisis del reporte	5			3	Conciliación de PBI con reporte de Excel realizada por equipo de calidad	3	45
Análisis de datos y presentación de resultados	Presentación de resultados incorrectos	Análisis de causa raíz mal enfocado	5			1	Revisión del análisis por equipo de calidad	2	10
Análisis de causa raíz	Identificación errónea de causa raíz	Recurrencia y no disminución de volumen del tipo de error	5			4	Revisión de la causa raíz por equipo dueño del caso	4	80
Implementación de acciones correctivas	Diseño incorrecto de la solución	Recurrencia y no disminución de volumen del tipo de error	5			2	Verificación de la solución por equipo dueño del caso e Ingeniería	4	40

Número de AMEF: 1

Preparado por: Calidad

Fecha (Orig.) 03/04/2020

Fecha (Rev.) 03/04/2020

Accion(es) Recomendadas	Responsabilidad & Fecha Objetivo de	Resultados				
		Acciones Tomadas	S e v	O c c	D e t	R. P. N.
Evaluar la posibilidad de entrenar a los ingenieros por los especialistas que reducir las escalaciones a L3	TBD					
Auditoría de categorías realizada por el equipo de calidad	02/12/2019	Se establece en el diagrama de flujo la auditoría ejecutada por el equipo de	4	3	3	36
Implementar reporte manual para emular la visualización de datos de PBI	03/02/2020	Se tiene un reporte manual que con gráficas predefinidas para actualizarse cuando sea necesario	3	3	2	18
Simulación de reglas para PBI antes de implementarla	03/02/2020	Desarrollador documenta en su proceso la habilitación de simulaciones antes de implementar las reglas	5	3	1	15
Posibilidad de realizar auditoría cruzada por otro equipo	TBD					
Iteración de diagrama de flujo para resolución de errores	02/12/2019	Revisión periódica de la gráfica de control I	5	4	2	40
Iteración de diagrama de flujo para resolución de errores	02/12/2019	Revisión periódica de la gráfica de control I	5	2	2	20

(Munguia, 2019)

Típicamente para números de prioridad de riesgo o RPN arriba de 90 la aplicación de una acción para reducirlo es obligatoria, para este proyecto, se tomaron acciones para los números arriba de 30, aunque los últimos dos, análisis de causa raíz e implementación de acciones correctivas, ya estaban contemplados dentro del proceso mismo de resolución de problemas, como se mencionó en el capítulo 3.2 de Herramientas e Instrumentos, este documento previene las posibles fallas a través de un método de ponderación, cuando el proceso resulta muy riesgoso se ejecuta un plan de acción que pueda disminuirlo.

Así como se creó una RACI para definir las responsabilidades de cada uno de los equipos para el proyecto, presente al inicio del capítulo anterior, también se desarrolló una segunda para el proceso implementado enfocada a la solución de problemas, este es uno de los documentos (Tabla 1.13) que se queda para control de la operación, si bien podrá ajustarse en algún momento dado, se da claridad al momento de una escalación quien debe responder que.

Tabla 1. 13 RACI del Proceso

	Gestion de órdenes	Admon. de datos del producto	Introd. de nuevos productos	Ingeniería	Equipo del Proyecto (Calidad)
Reporteo de casos de órdenes sucias	I	I	I	R / A	C
Resolución y seguimiento de casos de órdenes sucias	C	C	C	R / A	C
Asignación de categorías a casos de órdenes sucias	C	C	C	R / A	C
Consolidación de casos de órdenes sucias	I	I	I	C	R / A
Actualización del tablero de control con nuevos casos	I	I	I	I	R / A
Análisis de datos y presentación resultados	I	I	I	I	R / A
Análisis de causa raíz de los problemas	R	R	R	C	R / A
Sesión de lluvia de ideas para atacar la causa raíz de los problemas (solamente en caso de ser necesario)	R	R	R	C	R / A
Implementación y verificación de acciones correctivas	R	R	R	C	R / A
Seguimiento de acciones correctivas	I	I	I	I	R / A

(Munguia, 2019)

Como se puede observar en la RACI del proceso, la metodología de solución de problemas se establece como una actividad continua, pero a una escala menor, cada equipo es responsable de resolver sus casos asignados y de ser necesario podrá involucrar a otros equipos para profundizar en el análisis, la mejor forma de asegurar la sostenibilidad de la estrategia de mejora continua es a través de los procesos, no de las personas, estas pueden rotar en cualquier momento pero los procesos se mantienen.

El plan de control se crea para documentar la forma en que se estará evaluando el monitoreo de cada paso del proceso, los elementos que incluye el documento (Tabla 1.14) son: el nombre del proceso, las características, métodos y plan reactivo.

Tabla 1. 14 Plan de control

PLAN DE CONTROL							
<input type="checkbox"/> Prototipo <input type="checkbox"/> Pre-Lanzamiento <input checked="" type="checkbox"/> Producción							
Número de Plan de Control 0001				Contacto/Telefono NA			
Número de Parte/Último Cambio de Nivel Varios				Equipo Ingeniería, ADP, INP, GO			
Nombre de parte/Descripción Varios				Aprobación/Fecha de Proveedor/Planta 03/04/2020			
Proveedor/Planta Inventec y Foxconn		Código de proveedor JK01, JK03		Otra Aprobación/Fecha (Opc.) NA			
PARTE/ NÚMERO DE PROCESO	NOMBRE DE PROCESO/ DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	MÁQUINA, DISPOSITIVO PLANTILLA, HERRAMIENTA S	CARACTERÍSTICAS		CRÍTICO A LA CALIDAD	MÉTODOS	
			PRODUCTO	PROCESO		PROD./PROC. ESPEC./ TOLERANCIA	TÉCNICA DE EVALUACIÓN/ MEDICIÓN
1	Resolución de casos de órdenes sucias	Reporte de órdenes sucias, Techdirect, Quix		Resolver caso de orden sucia	Si	Verificación de que la solución corrige el error	Auditoría cruzada dentro del equipo de Ingeniería
2	Clasificación de las órdenes sucias	Reporte de órdenes sucias		Clasificación del error de la orden	Si	Clasificación adecuada del error de la orden en base a la tabla de categorías	Auditoría de calidad
3	Consolidación de casos de órdenes sucias	SQL y PBI		Ejecución de modulos de actualización	No	Carga y visualización adecuada de nuevos casos de órdenes sucias	Conciliación de reportes con PBI
4	Análisis de datos y presentación de resultados	Reporte de órdenes sucias		Analizar tendencias, Pareto y otras gráficas	Si	Análisis adecuado del estado actual del proceso	Revisión del análisis por equipo de calidad.
5	Análisis de causa raíz	Reporte de órdenes sucias, Techdirect, Quix		Analizar causa raíz de la orden sucia	Si	Análisis adecuado de la causa raíz de la orden sucia	Revisión de la causa raíz por equipo dueño del caso
6	Implementación de acciones correctivas	Reporte de órdenes sucias, Techdirect, Quix		Implementar soluciones de las órdenes sucias	Si	Implementación adecuada de soluciones que eliminen las causas raíz de las órdenes sucias	Verificación de la solución por equipo dueño del caso e Ingeniería

Fecha (Orig.) 30/03/2020		Fecha (Rev.) 02/04/2020	
Aprobación/Fecha de Ingeniería del Cliente (Opc.) 03/04/2020			
Aprobación/Fecha de Calidad del Cliente (Opc.) 03/04/2020			
Otra Aprobación/Fecha (Opc.) NA			
MÉTODOS			PLAN REACTIVO
MUESTRA		MÉTODO DE CONTROL	
TAMAÑO	FREQ.		
100% órdenes sucias reportadas	Cada que se presente una orden sucia	Monitoreo 100% de órdenes sucias	Escalar el caso a L3 y seguimiento
100% órdenes sucias reportadas	Cada que se presente una orden sucia	Monitoreo 100% de órdenes sucias	Reclasificación de categoría incorrecta
100% órdenes sucias reportadas	Quincenal	Monitoreo 100% de órdenes sucias	Reporteo de órdenes sucias en Excel
100% órdenes sucias reportadas	Cada que se presente una orden sucia	Monitoreo 100% de órdenes sucias	Reunión para profundizar análisis con equipo multidisciplinario
100% órdenes sucias reportadas	Cada que se presente una orden sucia	Monitoreo 100% de órdenes sucias	Escalar con el siguiente nivel del equipo dueño del caso y seguimiento
100% órdenes sucias reportadas	Cada que se presente una orden sucia	Monitoreo 100% de órdenes sucias	Escalar con el siguiente nivel del equipo dueño del caso y seguimiento

(Munguia, 2019)

En el plan de control, todas las actividades exceptuando la carga y ejecución de los módulos de la automatización, son críticas a la calidad, esta conclusión deriva en la importancia para evaluar y auditar el trabajo realizado por las personas, además de mantener los criterios unificados a través de la tabla de categorías estandarizadas que describe detalladamente como clasificar el error.

4.3.1. Alineación con la estrategia general de la organización

Una de las estrategias de la empresa es entregar excelencia en el producto y servicio a través del ciclo de calidad. La organización promueve la calidad como un departamento adicional, tal como lo es finanzas o logística, es un elemento existente pero invisible hasta que algo sale mal. Los elementos que la integran son la cultura, los procesos, los sistemas y la gobernanza corporativa.

Las acciones que se llevaron a cabo para validar el alineamiento de esta intervención con la estrategia de calidad de la organización y el plan de funcionamiento son las siguientes:

- Identificar una falla del proceso.
- Determinar los procesos afectados por esta falla.
- Obtener datos detallados de los defectos de un periodo de tiempo.
- Cuantificar el impacto financiero por esta problemática.
- Transformar los datos de los defectos en información y después en premisas para elaborar la hoja de proyecto.
- Presentar problemática a gerencia con impacto financiero para aprobar y patrocinar el proyecto.

Todas estas acciones fueron necesarias para cubrir el vacío de calidad existente en el proceso de órdenes sucias y que se alinea totalmente con la estrategia de la empresa de excelencia operativa, para ello es esencial dar visibilidad a gerencia de la problemática, una vez evaluado por su parte, autorizar el proyecto. No se puede esperar un cambio si no se tiene la directriz de los líderes de la organización.

5. Discusión final

La metodología DMAIC se aplicó rigurosamente durante el proyecto en el sentido de cumplir con cada uno de los entregables requeridos para avanzar entre las etapas, algunas herramientas se fueron agregando en el transcurso, con base en los resultados de los primeros análisis realizados, por ejemplo, la gráfica de control P de Laney que tiene como propiedad ajustar la dispersión excesiva había sido considerada inicialmente, debido a que su aplicación es con números enteros y en este proyecto se priorizó la métrica de fracción defectuosa en lugar de volumen de errores no fue posible implementarla y en consecuencia se decidió utilizar la gráfica de control I para datos individuales. Otro caso es la inclusión de una prueba estadística para determinar que la mejora fue significativa, al inicio solamente se había tomado en cuenta el objetivo establecido en gerencia de reducir en un 30% la fracción defectuosa de las órdenes sucias, sin embargo, era importante demostrarlo en términos aceptables para la metodología, la mejor alternativa para llevarlo a cabo fue la aplicación de la prueba de Welch explicadas las razones anteriormente.

El enfoque de utilizar una metodología que permitiera abordar un problema, determinando un objetivo y un métrico principal, formando un equipo multidisciplinario, midiendo los datos para obtener el estado del proceso, analizando los datos con herramientas estadísticas para modelos de fallas o defectos, identificando las causas raíz e implementado soluciones a la medida, se ajustó satisfactoriamente a las expectativas iniciales, vale la pena reconocer el éxito de complementar con herramientas de la metodología de Lean para dar un giro a la perspectiva de varias soluciones, pasando de un esquema correctivo a preventivo y reduciendo el tiempo de detección para tendencias negativas en el proceso, cabe señalar que ninguno de estos beneficios se consideran como métricos de mejora.

En este punto del proyecto se puede decir con certeza que la piedra angular radica en la medición de los datos y su precisión, este proceso representó el mayor reto al tener que desarrollar un sistema de medición adecuado para cuantificar las fallas, uno de los entregables fundamentales es la documentación, guías y entrenamientos que habrán de mantenerse como documentos vivos, actualizándose conforme vayan surgiendo cambios en el proceso, el objetivo es asegurar la calidad y consistencia en los datos que se están generando, de igual forma los criterios deberán permanecer unificados para los equipos encargados en la clasificación de los defectos, así como los encargados de inspeccionarlos.

5.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia

En la contabilización mensual de las órdenes sucias existe una disminución de los casos presentados a partir de diciembre del 2019, en volumen y en fracción defectuosa, la prueba estadística de Welch nos indica que existe una diferencia significativa entre las medias de los datos del proceso anterior contra el nuevo, una prueba de T pareada podría arrojar mejores resultados si las varianzas de los datos fueran iguales, ya que esta herramienta es más adecuada para evaluar el comportamiento de una variable antes y después de la intervención de un factor adicional o varios, también se requeriría la misma cantidad de datos en este caso, el año completo para que la prueba sea posible.

En la gráfica de series de tiempo se puede visualizar una disminución en la fracción defectuosa, ya en diciembre había una ligera caída, sin embargo, no se considera como

efecto del resultado de las mejoras, porque la implementación ocurrió en ese mes, de la misma manera habría que señalar el impacto negativo en los meses de octubre y noviembre debido a una deficiente implementación de nuevos productos de alto volumen en la planta 1 y 2 lo cual ocasionó un incremento de volumen y de errores, aunque esto vaya a contracorriente con la relación lineal negativa entre ambas variables que se observó en el diagrama de dispersión y en el resultado del coeficiente de correlación de Pearson.

El impacto financiero, es un estimado a causa de la reducción de órdenes sucias dentro del rubro de configuración incorrecta, tomando como base los \$205 millones de dólares al inicio del proyecto, se establece un monto mensual de \$17 millones de dólares que representan las órdenes sucias, el alcance del proyecto es del 67% de dicho monto mensual, por lo que finalmente el impacto es sobre \$11 millones de dólares al mes.

La reducción calculada después de la implementación de las mejoras es del 35% en la categoría de configuración incorrecta, por lo tanto, el monto mensual final es de \$4 millones de dólares. Para calcular el impacto en flujo de efectivo se requiere el tiempo promedio en que se resuelve una orden sucia, que se calcula en 9 días. En la Tabla 1.15, se aplica la fórmula para determinar el impacto en flujo de efectivo expresado en dólares.

Tabla 1. 15 Cálculo de impacto en flujo de efectivo

	USD
Monto mensual de las órdenes después de la mejora	\$4,015,272.88
Tiempo reducido (Días)	9
<i>Impacto en Flujo de Efectivo</i>	<i>\$ 99,006.73</i>

(Munguia, 2019)

El impacto financiero en el flujo de efectivo es de \$99 mil dólares, por acelerar el ciclo de venta reduciendo el volumen de órdenes sucias, aunque el métrico principal del proyecto es la fracción defectuosa, es importante estimar el beneficio en términos económicos para la empresa, por la inversión de sus recursos en este proyecto.

Finalmente, otro elemento a tomar en cuenta para la medición es observar el sesgo que tienen los datos, como se había visto en el histograma, hay un claro sesgo a la derecha, la tendencia esperada es llevar la fracción defectuosa mensual a los rangos bajos, tomando como base inicial enero 2020 para monitorear los meses siguientes, el histograma debería visualizarse simétrico, por lo tanto, se podría concluir que el proceso está más controlado con la implementación de las mejoras.

5.1.1. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes

No obstante, desde un inicio se intente seguir el manual para ejecutar un proyecto con rigor académico, la realidad es el factor determinante, ejercer el control total sobre un proceso es utópico cuando existen tantos elementos en el entorno, es difícil estar preparado para todas las eventualidades, sin embargo, en una escala de preparación, es fundamental estar en el segmento más alto. Las áreas de oportunidad a tomar en cuenta para otros proyectos son las siguientes:

- Si se tienen datos cualitativos es necesario validar con los equipos expertos o dueños la claridad de las categorías para que no estén sujetas a múltiples interpretaciones.
- Revisar constantemente literatura o artículos que permitan tener otra óptica del problema, ya sea por temas administrativos o técnicos, puede haber modelos que funcionen mejor al que se está proponiendo.
- Centrar las discusiones en las soluciones en lugar de los problemas, se pierde mucho tiempo buscando culpables, discusiones por procesos rotos, conversaciones sobre temas que no contribuyen a la mejora.
- Buscar apoyo del patrocinador a tiempo cuando existan bloqueos para avanzar en el proyecto, muchas veces se requiere de una voz que tenga más peso dentro de la organización para hacer que las acciones se cumplan.
- Establecer horarios estrictos en las agendas de las reuniones para que sean más efectivas, es natural que las conversaciones se desvíen especialmente cuando hay problemas no previstos, pero se debe reenfocar la reunión en el punto inicial si no se cuenta con información suficiente.

5.2. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso

Las experiencias a lo largo de décadas en mejorar los procesos y proveer un producto de calidad además de satisfacción al cliente ha generado un ambiente idóneo para desarrollar nuevos métodos y herramientas innovadoras por empresas de diversas industrias desde la electrónica hasta la química y en las últimas décadas la industria de servicios, la acumulación de este conocimiento se ha logrado divulgar y hoy en día tenemos mucha literatura al respecto, contribuyendo a tener un marco teórico sólido con múltiples historias de éxito y fracaso, como se narra en el libro *Lead With Respect: A Novel of Lean Practice* de Michael Ballé y Freddy Ballé, que relata el viaje de una directora ejecutivo y como trabaja en implantar la cultura de mejora continua aplicando herramientas de la metodología de Lean en sus equipos de trabajo, pero más que el conocimiento técnico las lecciones significativas de este libro están en la inteligencia emocional acerca de cómo abordar un cambio de cultura organizacional, desde la cabeza del organigrama al último escalón, por ejemplo: priorizar el desarrollo del empleado, fomentar el trabajo en equipo, darles autonomía para la toma de decisiones, hacer los problemas visibles etc. Esta forma diferente de ver las cosas debe estar clara antes que la técnica y resulta en muchas ocasiones más compleja por el componente humano aunado a otros problemas como: falta de conocimientos, ceguera de taller o falta de motivación.

Existen muchas herramientas en el área de calidad para aplicar en un proceso o proyecto, además de conocerlas su relevancia radica en los criterios para usarla y en el requerimiento específico que exista en la organización. Los problemas de menor escala que potencialmente tendrán soluciones sencillas, pueden resolverse con métodos mucho menos extensos que DMAIC, algunos ejemplos son 8Ds, formato de A3, 4Qs que básicamente desglosan una situación entre cuatro y ocho elementos dependiendo el método que se use para poder resolverlo satisfactoriamente, en esencia comparten la misma base que DMAIC, formar un equipo de trabajo, describir el problema, representar el problema en un diagrama y en una gráfica, definir la causa raíz y verificar las causas, implementar acciones correctivas y estandarizar el proceso, sin embargo generalmente se requiere de menos evidencia y el análisis es más básico, las herramientas que predominan son de calidad más que las estadísticas y el enfoque está encaminado en el día a día de una operación. En contraste, los proyectos DMAIC están enfocados en situaciones de mayor envergadura que involucran líneas de proceso completas con la participación de diversos departamentos en la organización, se requiere evidencia contundente principalmente estadística para sustentar el análisis y validar las soluciones.

George M. L. en su libro *Lean Six Sigma for Services* cuyos conceptos y definiciones son el principal soporte teórico para este proyecto, hace hincapié en la importancia para las empresas de desarrollar una estructura en el organigrama para la implementación de Lean Six Sigma, incluso llegando a proponer un determinado número de Master Black Belts y Black Belts, especialistas en la metodología, con base en el tamaño de la organización o número de empleados, vale la pena aclarar que esto no necesariamente implica que a mayor número de Master Black Belts y Black Belts hayan en la empresa el beneficio será mayor, se hace énfasis en maximizar el beneficio de estos recursos, estableciendo objetivos alcanzables en términos financieros para que pueda retribuirse a la organización el costo de la implementación de la metodología, algunos de los ejemplos descritos en el libro incluyen gobiernos e instituciones públicas. Los directores y dueños de la empresa deberán estar convencidos de esta metodología para aplicarla dentro de su organización, ellos son la mayor fuerza de empuje para permear en los empleados el reconocimiento y uso de estos conceptos como una herramienta para mejorar sus procesos y su trabajo en general, ya sea que ellos funjan como líderes de los proyectos, después de pasar por un entrenamiento y una certificación o como participantes de los proyectos, liderados por un Black Belt.

El proyecto cumple los requisitos necesarios para implementar la metodología DMAIC a favor de lograr el objetivo propuesto, involucrando directivos y gerentes que abonaron a un mayor empuje en los niveles operativos. De haber utilizado un método de menor alcance como el formato A3, no hubiera permitido profundizar en el análisis estadístico como se logró, por ejemplo, con el coeficiente de correlación de Pearson y la prueba estadística de Welch para evaluar los resultados además de las gráficas que permiten observar los datos desde diferentes ópticas, ni desarrollar la serie de documentos que robustecen el proceso a futuro como la RACI, el plan de control o el AMEF, y si en un momento determinado los integrantes de los procesos o los participantes de este proyecto hayan rotado a otro departamento o compañía, la operación pueda continuar sólidamente por mucho tiempo.

Este proyecto fue fundamental para complementar el aprendizaje de la maestría, a pesar de haber ejecutado proyectos durante prácticamente todas las materias, estaban acotados al temario correspondiente del curso y por lo tanto mantenían cierta rigidez en el uso de las herramientas que no necesariamente aplicaban aunque en parte así funcione el mundo laboral, en esta ocasión se tuvo la libertad de utilizar lo que se consideró más útil, de indagar material nuevo, leer autores distintos, revisar otros sitios web, fortalecer conceptos ya aprendidos, aplicar herramientas no revisadas anteriormente y todo lo que conlleva el proceso de investigación para finalmente haber diseñado las soluciones que se consideraron más apropiadas para el problema planteado, el legado más significativo del posgrado es el criterio y el método para abordar las situaciones que se presenten en la práctica, una parte de la teoría termina por olvidarse, pero todo el proceso analítico se queda y eso sin lugar a dudas se integra en el ADN de los profesionistas.

Índice de figuras

Figura 1. 1 Diagrama de flujo de la orden	8
Figura 1. 2 Procesos involucrados en las órdenes sucias	10
Figura 1. 3 Densidad de los centros de datos.....	12
Figura 1. 4 Productos que aportan resultados satisfactorios.....	13
Figura 1. 5 Diagrama de flujo del proceso actual	39
Figura 1. 6 Hoja del Proyecto.....	41
Figura 1. 7 Diagrama PEPSC.....	43
Figura 1. 8 Gráfica de series de tiempo	45
Figura 1. 9 Histograma de volumen de errores.....	46
Figura 1. 10 Prueba de normalidad volumen de errores	47
Figura 1. 11 Gráfica de dispersión	48
Figura 1. 12 Gráfica de caja	50
Figura 1. 13 Pareto categorías del error	51
Figura 1. 14 Pareto definiciones del error	52
Figura 1. 15 Gráfica de control I para datos individuales.....	53
Figura 1. 16 Diagrama de Ishikawa.....	54
Figura 1. 17 Matriz de impacto esfuerzo.....	57
Figura 1. 18 Diagrama de flujo del proceso propuesto	59
Figura 1. 19 Gráfica de series de tiempo después de la mejora	60
Figura 1. 20 Prueba F para varianzas de dos muestras	61
Figura 1. 21 Pareto categorías del error después de la mejora	63
Figura 1. 22 Gráfica de control I para datos individuales después de la mejora	64
Figura 1. 23 Control Visual.....	65

Índice de tablas

Tabla 1. 1 Matriz de marco lógico	15
Tabla 1. 2 Herramientas de DMAIC	26
Tabla 1. 3 Plan de recolección de datos	31
Tabla 1. 4 Cronograma de trabajo	33
Tabla 1. 5 Clasificación de fallas de órdenes sucias	35
Tabla 1. 6 Matriz RACI del proyecto	42
Tabla 1. 7 Estadística descriptiva.....	44
Tabla 1. 8 Coeficiente de correlación de Pearson	49
Tabla 1. 9 Análisis causa raíz.....	55
Tabla 1. 10 Plan de implementación de mejoras	56
Tabla 1. 11 Prueba de Welch.....	62
Tabla 1. 12 Análisis de modo y efecto de falla	66
Tabla 1. 13 RACI del Proceso	69
Tabla 1. 14 Plan de control	71
Tabla 1. 15 Cálculo de impacto en flujo de efectivo	76

Bibliografía

- Ballé, M. B. (2014). *Lead with Respect*. Lean Enterprise Institute, Inc.
- George, M. L. (2003). *Lean Six Sigma for Service*. McGraw - Hill.
- Hewlett Packard Enterprise. (s.f.). *HPE Home*. Obtenido de HPE: <https://www.hpe.com/mx/es/home.html>
- Kaynak, H. (2013). *Total Quality Management and Just in Time Purchasing*. Routledge.
- Levine, D., Gitlow, H., & Melnyck, R. (2015). *A Guide to Six Sigma and Process Improvement for Practitioners and Students*. PH Professional Business.
- Minitab, LLC. (2019). *¿Debería usar el método de Bonett o el método de Levene para 2 varianzas?* Obtenido de Soporte de Minitab 18: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/tests-of-proportions-and-variances/bonett-s-method-or-levene-s-method/>
- Minitab, LLC. (2019). *Revisión general de t de 2 muestras*. Obtenido de Soporte Minitab 18: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/2-sample-t/before-you-start/overview/>
- Minitab, LLC. (2020). *Grupo Mutual*. Obtenido de Minitab: <http://www.minitab.com/es-mx/Case-Studies/Grupo-Mutual/>
- Munguia, E. (26 de 09 de 2019). *De creación propia*. Guadalajara.
- Sinnaps. (s.f.). *Metodología del marco lógico*. Obtenido de Sinnaps: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodologia-del-marco-logico>
- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing*. Tlanepantla: Norma Ediciones S.A. de C.V.
- Stolarski, K., Shirer, M., & Medvitz, S. (30 de May de 2018). *Worldwide Server Market Revenue Grew 38.6% in the First Quarter of 2018, According to IDC*. Obtenido de IDC: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43860318>
- The Future of Data Centers*. (24 de January de 2019). Obtenido de CBN Insights: <https://www.cbinsights.com/research/future-of-data-centers/>

Índice de materias

A

abstract · 4
alcance · Véase delimitación
Análisis causa-efecto · 2, 8
Antecedentes · 7
antecedentes históricos · Véase Antecedentes
asesores
 también "asesor" · 6, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

C

categorías de información · Véase Metas de información
Conceptos o enfoques teóricos · Véase Estado de la cuestión
cronograma · 14, 16
Cronograma de trabajo · Véase cronograma

D

delimitación · 9, 11

E

enfoques teóricos · Véase Marco conceptual o de referencia
especialistas que asesoren · Véase Asesor
estado de la cuestión · 10, 11
Estado de la cuestión · 2, 10
estados de la cuestión · Véase Estado de la cuestión
estrategia metodológica · 2, 12, 13, 17, 18
estrategias metodológicas · Véase estrategia metodológica

H

hallazgos · 2, 4, 7, 16, 18
herramientas · Véase Herramientas, Véase Herramientas
Herramientas · 2, 11, 13, 15
herramientas de recopilación de información · Véase Herramientas, Véase Herramientas
herramientas o instrumentos · Véase Herramientas

I

IDI I
 Primera asignatura relacionada con investigación, innovación y desarrollo, permite desarrollar aspectos metodológicos relacionados con el trabajo · 6, 7, 8, 9, 10, 13
IDI II
 Segunda asignatura correspondiente a la investigación, desarrollo e innovación · 10, 11, 12, 13, 14, 15
IDI III
 Tercera asignatura sobre investigación, desarrollo e innovación · 16, 17
Imprevistos · 2, 14
instrumentos de recopilación de información · Véase Herramientas

M

marco conceptual · 10, 18
Marco conceptual o de referencia · 2, 10
Matriz de marco lógico · 2, 8
Metas de información · 2, 13, 15
muestra · Véase Muestra o sujetos de investigación, Véase Muestra o sujetos de investigación
muestra o sujetos de investigación · Véase Muestra o sujetos de investigación
Muestra o sujetos de investigación · 2, 13

O

objetivos · 6, 8, 9, 13, 14, 15, 18

P

Palabras clave · 4
problema · 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19
proceso de aplicación o intervención · 13, 16
proceso de aplicación/intervención · Véase proceso de aplicación o intervención

T

TOG

Trabajo de Obtención de Grado · 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10,
12, 13, 14, 16, 17, 18, 19
tutor

Responsable del proceso de acompañamiento
directo con el estudiante · 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12,
13, 14, 15, 16, 17, 18, 20
tutores · Véase tutor

Anexos