

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Con estudios incorporados a la Secretaría de
Educación Pública

**SISTEMA DE ANÁLISIS DE DATOS PARA EL ÁREA
DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PRODUCTO
EN UNA MANUFACTURERA DE LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN INGENIERÍA**

P R E S E N T A

RODOLFO MONSALVO PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS:

MARÍA DE LOURDES GUADALUPE MARTÍNEZ VILLASEÑOR

MÉXICO, D.F. 2022

RESUMEN

El siguiente trabajo de suficiencia profesional tuvo como objetivo implementar un sistema de análisis de datos para el área de optimización de costos de producto en una manufacturera de la industria automotriz. Partiendo de un análisis de costos deficiente y descentralizado en el área de estimación de costos de una empresa automotriz, se revisó la literatura referente al análisis de datos, sistemas, y los procesos de consolidación y gestión de datos maestros a gran escala, con el propósito del diseño de una alternativa que permitiera consolidar y centralizar la información referente a la estimación de costos de piezas automotrices. Se analiza desde el suministro de la información de los proveedores, la creación y flujo de información de las estimaciones costo internas utilizando el sistema GMCOST descrito en el presente trabajo y la comparativa de ambas partes de la información para brindar al usuario una herramienta de análisis de costos robusta brindando beneficios en la eficiencia de los equipos involucrados. Finalmente, se planteó un caso práctico, donde se analizan e interpretan los resultados.

Palabras claves: estimación de costos, GMCOST, empresa automotriz

ABSTRACT

The following professional proficiency work aimed to implement a data analysis system for the product cost optimization area in a manufacturing company in the automotive industry. Starting from a poor and decentralized cost analysis in the cost estimation area of an automotive company, the literature regarding data analysis, systems, and large-scale master data consolidation and management processes were reviewed, with the purpose of the design of an alternative that would allow to consolidate and centralize the information referring to the estimation of costs of automotive parts. It is analyzed from the source of the information of the suppliers, the creation of internal estimates through the system GMCO\$T and the comparison of both parts of the information between each other to provide the users a robust and powerful cost analysis tool and gain efficiency benefits. Finally, a practical case was proposed, where the results are analyzed and interpreted.

Keywords: cost estimation, GMCO\$T, automotive company

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a la directora de esta tesis, Dra. Ma. De Lourdes Martínez por su dirección, guía y paciencia que me ha brindado a lo largo de este proceso, así como su amabilidad y flexibilidad por trabajar conmigo remotamente desde el otro lado del mundo con la mayor diferencia de horario posible.

Asimismo, agradezco la clara y valiosa retroalimentación brindada por el Dr. Félix Orlando Martínez y Dr. Octavio Lozada sobre este trabajo contribuyendo a una mejora en la calidad y presentación del resultado final del mismo.

Quisiera agradecer también a mi empresa actual y a los líderes con quienes trabajo, Eduardo Pichardo, James Yaklin y Tony Miller (entre otros) que me han brindado un espacio en donde he tenido la libertad de proponer e innovar y me han brindado la confianza para desarrollar e implementar mis ideas asignando los recursos necesarios para llevarlas a cabo. Al mismo tiempo, me han dado las oportunidades y experiencias a lo largo de mi carrera que han hecho de esta una etapa inolvidable e invaluable tanto en mi vida profesional como personal.

Agradezco a mis amigos Jesus Guzman e Yves Brito por la motivación y el apoyo brindado en los momentos difíciles que cruzamos durante el desarrollo de este trabajo.

Sobre todo, gracias a mi familia, a mis hermanas y especialmente a mis padres por brindarme los medios que me han traído a donde estoy, su apoyo incondicional en todo momento y su felicidad e interés genuino en compartir mis éxitos.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Pag. |
|--|------------|
| RESUMEN | ii |
| ABSTRACT | iii |
| DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS | iv |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | v |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES | 17 |
| CAPÍTULO II. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN | 19 |
| 2.1. Situación actual de cotización de proveedores | 26 |
| 2.2. Situación actual de estimación de costo interno | 31 |
| 2.3. Situación de comparativa de costos..... | 34 |
| 2.4. Análisis causa raíz del problema | 35 |
| CAPÍTULO III. | 41 |
| ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO | 41 |
| 3.1. Análisis de datos | 51 |
| 3.2. Pasos para un análisis de datos | 51 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1. Creé un plan de análisis de datos basado en la teoría a priori | 52 |
| 3.2.2. Creé una muestra analítica..... | 53 |
| 3.2.3. Realicé los análisis de acuerdo con el plan desarrollado en el Paso 1 | 53 |
| 3.2.4. Realicé análisis adicionales basados en los hallazgos iniciales..... | 53 |
| 3.2.5. Escriba sus hallazgos comunicando claramente qué análisis de datos fueron a priori y cuáles se agregaron más tarde. | 54 |
| 3.3. Modelo conceptual de un sistema..... | 54 |
| 3.3.1. Procesos de consolidación de datos maestros | 55 |
| 3.3.2. Procesos de armonización de datos maestros | 56 |
| 3.3.3. Procesos de gestión de datos maestros | 56 |
| 3.3.4. La necesidad de normalización se debe a varias razones: | 57 |
| 3.4. GMCO\$T..... | 57 |
| 3.4.1. Diseño a costo..... | 58 |
| 3.4.2. Cálculo de rentabilidad..... | 58 |
| 3.4.3. Análisis de precios de compra..... | 59 |
| 3.4.4. Costo de cotización..... | 59 |
| 3.5. Análisis financieros | 60 |
| 3.4.1. Análisis vertical | 60 |
| 3.4.2. Análisis horizontal..... | 60 |
| 3.6. Predictores de la fragilidad financiera de una empresa | 61 |

| | |
|---|-----------|
| 3.6. Costos de material de piezas de vehículos, factores que influyen..... | 62 |
| 3.7. Elementos de costos considerados en GM | 63 |
| 3.7.1. Material: materia prima y terminado | 63 |
| 3.7.2. Mano de obra directa | 64 |
| 3.7.3. Mano de obra indirecta | 65 |
| 3.7.4. Proceso de manufactura..... | 66 |
| 3.8. Otros sistemas de la empresa automotriz | 70 |
| 3.9. Six sigma | 71 |
| CAPÍTULO IV. SOLUCIÓN PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN | 74 |
| 4.1. Planteamiento de la solución | 75 |
| 4.2. Desarrollo de prototipo..... | 77 |
| 4.2.1. Consolidación de datos y automatización de procesos de análisis de cotizaciones de proveedor | 78 |
| 4.2.2. Consolidación de datos..... | 93 |
| 4.2.3. Automatización de procesos de análisis de GMCO\$T..... | 93 |
| 4.2.4. Comparativa de estimados internos y cotizaciones de proveedor | 94 |
| 4.3. Prueba de concepto | 97 |
| 4.4. Análisis de resultados de corridas con el prototipo | 103 |
| 4.5. Cronograma de trabajo de implementación del software con el equipo de Tecnología de Información..... | 106 |

| | |
|--|------------|
| 4.6. Flujo de información para el sistema de análisis de datos..... | 107 |
| CAPÍTULO V. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN..... | 110 |
| 5.1. Aproximación analítica..... | 111 |
| 5.2. Impacto en los negocios del sistema de análisis de datos PPCO..... | 114 |
| 5.3. Innovaciones alcanzadas con el sistema de análisis de datos PPCO..... | 114 |
| 5.4. Ejemplo de resultados de estimación de costos con PPCO..... | 115 |
| CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES..... | 125 |
| CAPÍTULO VII. SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS..... | 129 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 132 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pag |
|---|-----|
| Tabla n.º 1 <i>Posibles causas raíz del problema</i> | 35 |
| Tabla n.º 2 <i>Resultados obtenidos de la evaluación de criticidad y frecuencia de causas ..</i> | 36 |
| Tabla n.º 3 <i>Clasificación de algunos factores que afectan la comparabilidad de los valores de costo</i> | 62 |
| Tabla n.º 4 <i>Ejemplos de diferentes entradas y salidas en el proceso de automatización de limpieza de datos de números de partes</i> | 88 |
| Tabla n.º 5 <i>Automatización de limpieza de datos por región</i> | 90 |
| Tabla n.º 6 <i>Automatización de limpieza de datos de nombres del proveedor. Ejemplos....</i> | 92 |
| Tabla n.º 7 <i>Ejemplo de comparación para múltiples estimaciones</i> | 95 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|------|
| <i>Figura n.° 1.</i> Objetivos del caso práctico. | 15 |
| <i>Figura n.° 2.</i> Entregables del área PPCO (Program Product Cost Optimization) | 19 |
| <i>Figura n.° 3.</i> Problemas de la actividad de la estimación interna de costos..... | 22 |
| <i>Figura n.° 4.</i> Problemas de la actividad desglose de cotización de proveedores. | 23 |
| <i>Figura n.° 5.</i> Efecto de inconformidades del análisis en conjunto. | 24 |
| <i>Figura n.° 6.</i> Proceso general de desarrollo de piezas..... | 28 |
| <i>Figura n.° 7.</i> Diagrama Pareto de inconformidades del área de PPCO..... | 38 |
| <i>Figura n.° 8.</i> Diagrama Ishikawa de inconformidades del área de PPCO..... | 39 |
| <i>Figura n.° 9.</i> El modelo conceptual de un sistema | 55 |
| <i>Figura n.° 10.</i> Ejemplo de mano de obra indirecta..... | 66 |
| <i>Figura n.° 11.</i> Ejemplo de costo fijo y variable..... | 66 |
| <i>Figura n.° 12.</i> DPMO para niveles de sigma (σ)..... | 72 |
| <i>Figura n.° 13.</i> Fase de desarrollo de prototipo | 77 |
| <i>Figura n.° 14.</i> Formatos digitales permitidos por la empresa | 79 |

| | |
|---|-----|
| Figura n.° 15. Transición entre las bases de datos en Excel y el prototipo..... | 80 |
| Figura n.° 16. Proceso de ejecución del prototipo | 96 |
| Figura n.° 17. Resultados de prueba piloto | 100 |
| Figura n.° 18. Resultados de prueba piloto después de correcciones..... | 102 |
| Figura n.° 19. Línea base del proyecto..... | 107 |
| Figura n.° 20. Flujograma de información con Software GMCOST | 109 |
| Figura n.° 21. Enfoque analítico de los resultados..... | 112 |
| Figura n.° 22. Comparación de tiempos antes y después de software PPCO. | 113 |
| Figura n.° 23. Modelado de lampara delantera | 115 |
| Figura n.° 24. Gráfico de comparativa de costos | 116 |
| Figura n.° 25. Gráfico de variaciones de costos de la pieza HEADLAMP ASM-FRT | 118 |
| Figura n.° 26. Comparativa de componentes comprados en estimado interno de LA EMPRESA a la izquierda contra componentes comprados en Cotización de proveedor a la derecha..... | 120 |
| Figura n.° 27. Gráfico de variaciones de costos de material de todas las HEADLAMP producidas para la misma arquitectura en GM..... | 121 |
| Figura n.° 28. Gráfica 6σ para comparativa de costos. | 122 |

Figura n.º 29. Gráfica de oportunidades y riesgos de costos 123

INTRODUCCIÓN

El presente caso práctico se llevó a cabo en una empresa estadounidense de la industria automotriz a la que, para términos de este trabajo, nos referiremos como “La Empresa”, organización dedicada a la fabricación de vehículos, con una participación relevante en el mercado mundial, con ventas de nueve (9) millones de vehículos en el año 2020 (U.S. Securities and Exchange Commission, 2021). Está posicionada en el 4to lugar en cuanto a capitalización del mercado, justo después de Toyota, VW y el grupo Renault, Nissan y Mitsubishi en dicho año (Bunkley, 2009). El área de estudio se enfoca en las plantas de Estados Unidos de América, desde el punto de vista físico y/o geográfico. Desde el punto de vista operacional, el sector objeto de estudio es dentro de la dirección de finanzas, específicamente, en el área de optimización de costos o PPCO, por sus siglas en inglés (*Program Product Cost Optimization*) se llevan a cabo las funciones necesarias para mantener un buen control sobre el costo de los vehículos y por consecuencia, de las partes que los componen. El problema general de investigación es el procesamiento manual del análisis de la estimación de costos de piezas, lo que equivale a pérdidas de horas hombre útiles de trabajo de ingenieros, pérdida de información generada, análisis finales pobres o fidedignas, lo que lleva a toma de decisiones no asertivas, y otras causas que se detallarán durante el desarrollo de la investigación.

Como objetivo general de este proyecto se plantea desarrollar un sistema de análisis de datos para el área de optimización de costos de producto integrando conjuntos de datos de los sistemas de estimados de costo, cotizaciones de proveedor, volumen del programa, estándares de costos de La Empresa (CKM) e información de fabricación del proveedor (SQMS) para facilitar el análisis de costos de tal forma que las piezas alcancen precios justos para nuestra empresa.

Se desarrollarán tableros visuales en Power BI para permitir el análisis de datos integrados a través de medidas para responder a las preguntas y necesidades comerciales planteadas a continuación:

- ¿Cuáles son las principales oportunidades para la reducción de costos en los factores de costo de una parte?
- ¿Los proveedores cumplen con los estándares de costos internos (SG&A, ganancias, tasa de mano de obra, tasa de carga)?
- ¿Las estimaciones de los ingenieros de costos cumplen con los estándares de costos internos (SG&A, ganancias, tasa de mano de obra, tasa de carga)?
- ¿Cuáles son las métricas para realizar un seguimiento de la mejora continua (6-sigma) de los modelos de costos?
- ¿Cómo afectan los datos de producción (Run @ Rate) a los costos en el análisis?
- ¿Cuál es la diferencia entre el costo estimado y la cotización en cada subsistema vehicular (VPPS), programa, región, proveedor, o por compuerta en el proceso de creación de producto de La Empresa (GVDP)?

Dentro de los objetivos específicos se plantea (ver Figura n.º 1):

1. Integrar la información de la estimación de costos, de cotizaciones de proveedor, de los estándares internos de procesos de manufactura y calidad de proveedor de los componentes de todos los modelos de vehículos producidos en las plantas de Estados Unidos.
2. Automatizar el proceso para consolidar y resumir por factores de costos los desgloses históricos de proveedores.

3. Automatizar la estandarización de regiones, nombre del proveedor y número de parte.
4. Automatizar el procesamiento de la información para el análisis y la identificación de los factores de costos con importantes oportunidades de reducción de costos.
5. Estandarizar el análisis de los costos estimados y cotizados de piezas de vehículos.
6. Automatizar la comparativa entre estimados internos y cotizaciones de proveedores de piezas de vehículo de las plantas de Estados Unidos
7. Reducir el tiempo necesario para realizar análisis y comparaciones de costos con los desgloses de los proveedores.
8. Proporcionar métricas para rastrear la mejora continua de los modelos de costos internos a través de metodologías como 6-sigma.

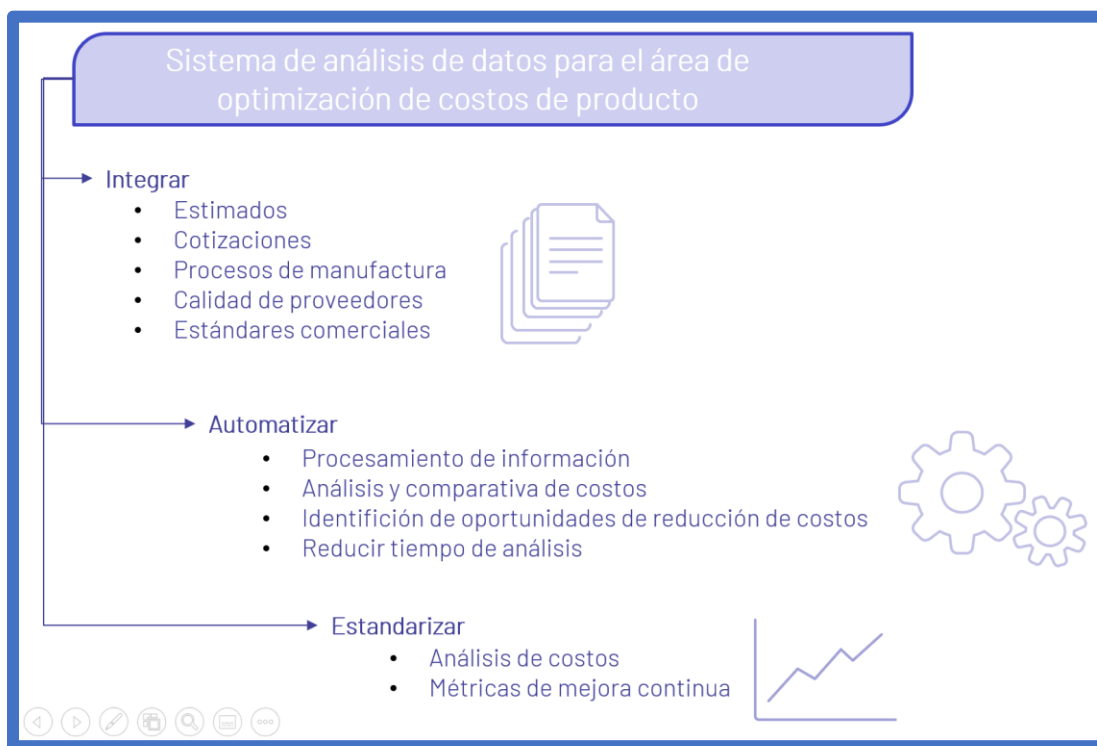


Figura n.º 1. Objetivos del caso práctico.

Metas del departamento de Finanzas a corto plazo

En cuanto al desarrollo del caso práctico, en el Capítulo I, se especifica dónde se originó el problema, se tocan datos referentes a la empresa en general, y la metodología con que se llevaba a cabo el procesamiento de la estimación de costos en el área.

En el Capítulo II, se realiza un diagnóstico situacional en donde se identifica el problema general y sus derivados específicos, los métodos o herramientas de análisis de la causa raíz del problema, métricas iniciales y conclusión del panorama actual.

En el Capítulo III, se plantea la teoría relacionada con la solución desde el punto de vista de operaciones y gerencial, así como el efecto que causa la mejora en su entorno económico, humano, social y al medio ambiente.

En el Capítulo IV, se describe detalladamente la solución propuesta y su implementación, la metodología usada, el desarrollo de la implementación en sus distintas fases.

En el Capítulo V, se exponen los resultados sobre las métricas iniciales y se analiza el efecto de la implementación con base a los objetivos planteados.

En el Capítulo VI, se concluye sobre la implementación con base a los objetivos planteados.

Finalmente, en el Capítulo VII, se realizan sugerencias para futuras investigaciones, tanto dentro de la organización objeto de estudio, como fuera de ella, para que la presente investigación actúe como base teórica y práctica, para estudios futuros con variables de estudio similares a los planteados aquí.

CAPÍTULO I.

ANTECEDENTES

La Empresa fue fundada en el año 1908, cuenta con 155.000 empleados a nivel mundial (al 31 de diciembre de 2020), su sede principal está ubicada en Michigan, Estados Unidos. En Estados Unidos, es un gigante del sector automotriz con más de 85.000 empleados en el Continente Americano. La Empresa ha representado más de un dólar de los cuatro invertidos en EE. UU., desde el 2010. Con 122 instalaciones, 4042 distribuidores, más de 31.1 mil millones de dólares invertidos en activos fijos y 8.8 mil millones de salarios pagados a los empleados, 2.216.641 vehículos entregados, 4200 concesionarios y con el manejo de 5.694 proveedores, se consolida como una de las empresas pioneras en el mercado.

En cuanto a las 122 instalaciones en EE.UU, cuenta con 11 plantas de ensamble, 25 plantas de estampado, propulsión, componentes y baterías, 19 centros de distribución de repuestos; y dos centros de desarrollo de ingeniería. Además, tiene múltiples ubicaciones de oficinas que incluyen centros de Tecnologías de la Información (TI), centros de atención telefónica y centros de servicio financieros. La Empresa produce al menos cuatro marcas distintas en todos los segmentos del mercado. Entregó más de 6,829,000 en todo el mundo en 2020. De esos vehículos, 2,547,33 se vendieron en los Estados Unidos, lo que demuestra la flexibilidad para manejar las interrupciones, al mismo tiempo que ejecuta el lanzamiento de nuestros nuevos SUV de tamaño completo y acelera las inversiones en vehículos eléctricos.

La investigación se aplica en el departamento de finanzas, en específico, en el área de optimización de costos o PPCO (*Program Product Cost Optimization*). El eje central de la problemática, son las operaciones para el procesamiento de información de las estimaciones de costo de un grupo de 250 ingenieros que generan estimaciones de costo sobre los componentes de los vehículos ensamblados en 11 ensambladoras de Estados Unidos y el procesamiento de la información de las cotizaciones de proveedor para dichos componentes.

El desempeño actual del área es crítico, con poca capacidad de respuesta en cuanto a tiempo y calidad de información ofrecida a los clientes internos. Entiéndase que el área realiza un análisis de manera manual y tarda en promedio 3.7 horas, la cual se detalla en el Capítulo II. De igual forma, está presente el procesamiento de información de forma manual, no estandarizada, y donde interviene mucho el hombre, dando cabida a un alto factor de error humano. Por consiguiente, el caso práctico, busca subsanar dichos errores a través de la integración de bases de datos de estimación de costo y cotizaciones de proveedores, así como de sistemas relevantes al costo del material de los componentes de un vehículo y el análisis de costos de manera automatizada.

CAPÍTULO II.

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para entender la cantidad de información que se procesa diariamente, el promedio de componentes en un vehículo es de más de 30,000 considerando componentes pequeños como tornillos y tuercas. Sin embargo, si consideramos los ensambles finales de componentes que conforman el vehículo estamos hablando de un promedio de entre 1,800 a 2,000 números de parte por vehículo que comprenden el costo de material total del vehículo y que requieren una estimación de costos. Considerando que en Estados Unidos se producen 27 modelos distintos del portafolio de la empresa, esto nos da un total de 48,600 partes que requieren estimaciones de costos y revisiones en al menos 4 compuertas en el proceso de creación de producto de la ensambladora mostradas en la Figura No. 2, dando un total de 194,400 durante el desarrollo de estos vehículos.

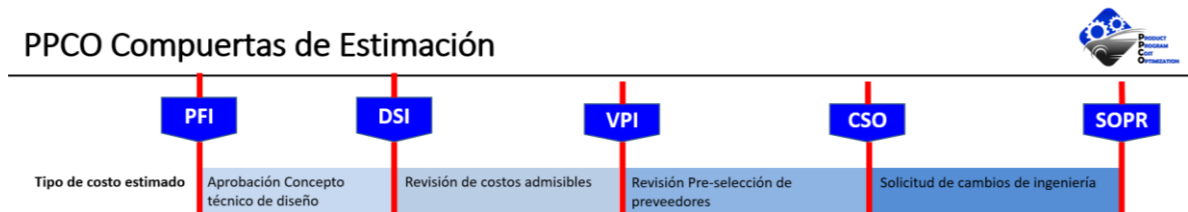


Figura n.º 2. Entregables del área PPCO (Program Product Cost Optimization)

Diferentes compuertas en el proceso de creación de un vehículo en donde el área de PPCO es involucrada para realizar estimaciones de costos.

Estas son muchas estimaciones de costo. Adicionalmente, cada componente puede presentar 3 o 4 diferentes cotizaciones de proveedores distintos. Aquí entra la actividad de licitación de proveedores, una actividad consecuente y de relevancia para la disminución de costos.

Como se puede observar, esta área maneja una cantidad enorme de información que resulta de mucho valor para la empresa, donde es utilizada para la negociación, contratación de nuevos proveedores y compra de nuevos componentes e incluso para definir con precisión el presupuesto para los vehículos futuros.

Estas estimaciones sirven también para la definición del presupuesto de los nuevos proyectos en etapas tempranas de desarrollo. Y es parte indispensable para el pronóstico de rentabilidad de la empresa para los siguientes años.

Dentro del área PPCO se manejan tres actividades principales: la estimación de costos interna de piezas de vehículos, análisis de cotizaciones de proveedores (*supplier quote breakdowns*) de partes, y la comparación de ambos costos. Este último con la finalidad de lograr el mínimo costo de adquisición.

Haciendo enfoque en la actividad de **estimación de costos internos de pieza**, se presentan los siguientes inconvenientes (véase Figura N° 3):

- El análisis y comparativa de costos de cada componente es hecho de manera manual, y diferentes formas de estimación de costo por cada uno de los 250 ingenieros del área.
- Estimaciones de costo hechas fuera del sistema oficial GMCO\$T.
- Estimaciones de costos no entregados de manera oportuna; todas las estimaciones deben ser integradas en el sistema para poder ser publicadas y analizadas en un tiempo requerido,

esta actividad se denomina “publicación”. Al no “publicar”, la información no es visible al público por lo tanto no puede ser analizada.

- Capacidad de repuesta de análisis y reporte de costos limitada.
- Identificación incorrecta de partes analizadas para la estimación de costos. Esto produce retrasos para reubicar la información y se pierde su trazabilidad.
- Largos tiempo de procesamiento de información por modelo de vehículo y general.
- El análisis de conjuntos agregados de partes a gran escala es limitado.
- El análisis de lectura transversal a gran escala requiere mucho tiempo.
- A veces se evita el análisis de extrapolación a gran escala.

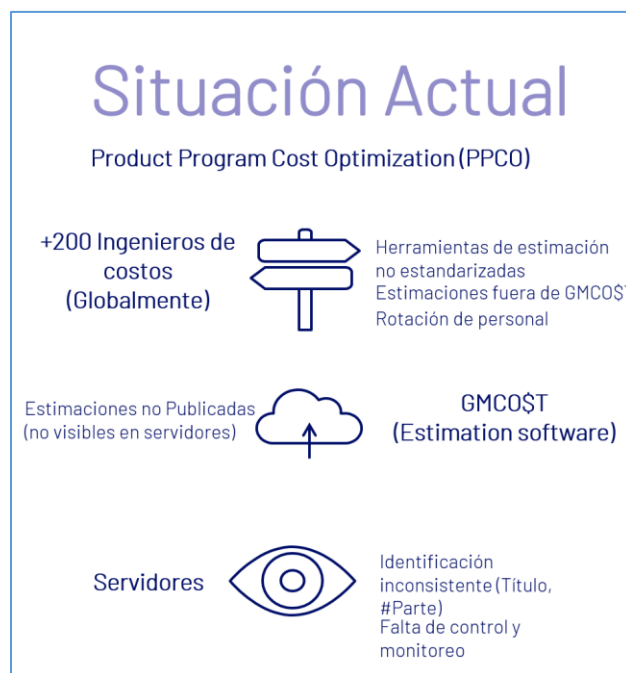


Figura n.º 3. Problemas de la actividad de la estimación interna de costos

Estadísticamente, un análisis de costo tomaba alrededor de 3.7 horas, desglosado de la siguiente forma: 1 hora en extraer la información, 1 hora en resumir los datos, 0.6 horas en verificar el resumen, 0.5 horas en comparar con las cotizaciones de proveedores y finalmente 0.6 horas en reportar el resultado. Si multiplicamos el tiempo por análisis total, por todas las partes de un vehículo, se tiene una enorme cantidad de tiempo en el procesamiento de la información.

Para dimensionar la situación descrita, estamos hablando de un promedio de 194,400 estimaciones de costo a lo largo de los ciclos de vida de los programas en desarrollo, que en promedio requieren estimaciones de costos en al menos 4 compuertas a lo largo del desarrollo del vehículo, tomando en cuenta un promedio de 27 modelos desarrollados simultáneamente que están compuestos de un promedio de 1,800 ensambles finales, considerando que existen partes compartidas entre diferentes plataformas y modelos. Esto es sin contar las iniciativas especiales que requieren estimaciones de costo adicionales.

Revisando la actividad de **las cotizaciones de proveedores** (*supplier quote breakdowns*), se presentan los siguientes problemas, considerando que cada proveedor suministra la información según sus operaciones internas, mas no como se requieren por el área de PPCO (véase Figura N° 4), así se tiene:

- Llenado de formato de cotizaciones manual, por lo general en tablas en Excel.
- Error humano por procesamiento manual de información.

- Inconsistencia en la información suministrada
- Formatos incorrectos por manipulación manual.
- Ausencia de control de gestión de calidad en el control de documentos.
- Existen 6 diferentes formatos en que los proveedores suministran la información.
- Rotación de personal. Debido a la ausencia de bases de datos, control y automatización, la información se almacena frecuentemente en los discos duros de los individuos que al rotar (dentro o fuera de la empresa) llevan consigo la información, lo cual se traduce en una pérdida de información al ser imposible su acceso.

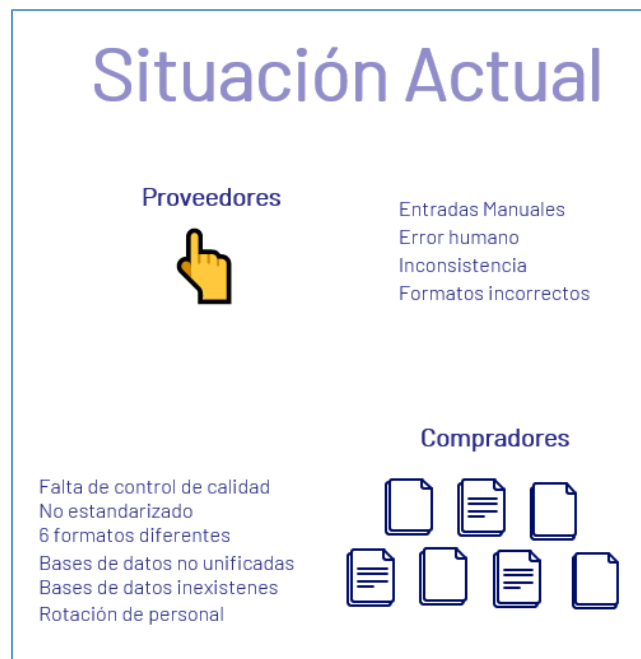


Figura n.º 4. Problemas de la actividad desglose de cotización de proveedores.

Factores humanos que ocasionan errores continuos en la información suministrada.

Al intentar hacer la comparación entre los dos grupos de información, en conjunto, presentan los siguientes retrasos o inconformidades (ver Figura N° 5) afectando el área objeto de estudio en:

- Los análisis a gran escala requieren tiempos prolongados
- El análisis macro o gran escala es limitado
- Falta de credibilidad en la información reportada y fricción interna con clientes del área
- Baja capacidad de repuesta para la fluctuación de precios de proveedores.
- Desperdicio de recursos de horas hombre e información fidedigna.
- Análisis pobres y, por ende, decisiones pobres.

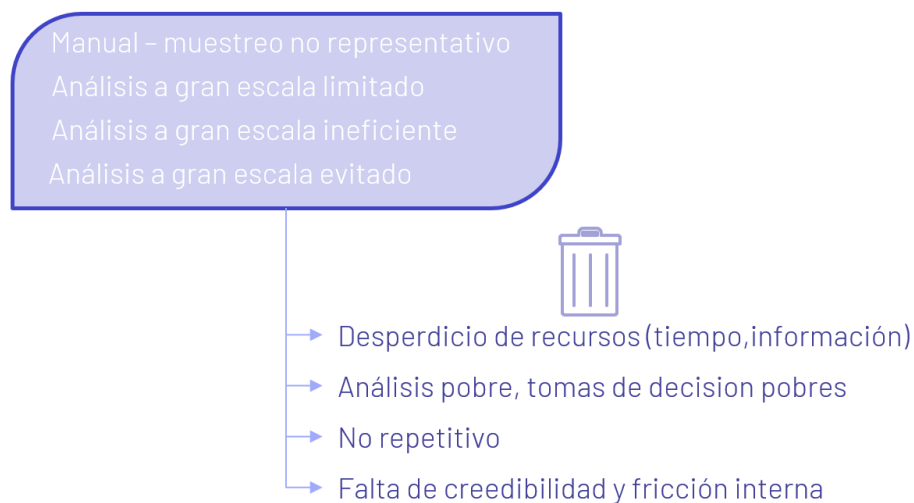


Figura n.° 5. Efecto de inconformidades del análisis en conjunto.

La pérdida de recursos, análisis pobres y falta de credibilidad de lo reportado.

El área de PPCO es fundamental para la correcta y eficaz administración de la empresa y de los proyectos, ya que brinda información tangible y real sobre el costo de manufactura del producto y el costo de inversión de este. Hacer las estimaciones precisas es muy importante, ya que de lo contrario el proceso de la creación de un producto se alimentaría de información errónea desde el inicio y podría resultar desastroso para el éxito de un producto en el mercado.

Toda esta generación y flujo de información es también un reto en cuanto a la gestión. El tipo de información con la que esta área trabaja es muy valioso, pero su potencial real solo puede ser explotado si su manejo es el adecuado que permita un acceso a ella de una manera fácil, rápida y confiable. Este es el mayor reto por el que esta área está pasando actualmente.

Planteado el problema del área, el investigador se ve en la necesidad de crear un modelo de integración de información para el procesamiento rápido de las estimaciones de costos de 194,400 piezas en total, así como la estandarización del proceso de estimación de costos de cada ingeniero involucrado, para solucionar los problemas en las tres principales actividades mencionadas. Se plantea la idea inicial de crear un modelo de integración de datos estandarizada para el manejo de *big data*, o de grandes cantidades de información. Se busca integrar y centralizar la información para la toma de decisiones.

Por consiguiente, surge la siguiente interrogante: ¿Es posible crear un modelo para la integración y centralización de la estimación de costos de piezas de vehículos en La Empresa?

El objetivo del área es generar estimados de costos que permitan fijar una referencia óptima considerando los factores ideales o un costo objetivo que sirva al área de compras (cliente interno del área PPCO) a contratar un componente por debajo al costo objetivo generado internamente. De esta forma, se toma la información como base para las negociaciones con los proveedores, con el fin de contratar el proveedor más competitivo y negociar el menor costo permisible. Ampliando la brecha entre el costo de adquisición de insumos e ingresos y la rentabilidad de la fabricación de un determinado vehículo.

2.1. Situación actual de cotización de proveedores

Como se puede observar en la Figura N° 6, partiendo del hecho que un proyecto es factible para su desarrollo (previa aprobación de las áreas de mercadotecnia, finanzas corporativas, planeación del producto administración de portafolio), se da paso a las áreas operativas para llevar a cabo el proceso de manufactura.

Es aquí en donde entra el equipo de desarrollo del producto, en el cual inmediatamente involucra al área de ingeniería para generar conceptos factibles para la producción de dicho proyecto, posteriormente, se involucra al área de compras para definir la estrategia de proveedores con capacidad de fabricar los componentes en cuestión.

El área de ingeniería genera un SOR (*Statement of Requirements*) el cual contiene todas las especificaciones técnicas del componente a desarrollar, así como los objetivos funcionales que este debe cumplir acompañado de los volúmenes de producción, línea de tiempo del proyecto, entre otros aspectos técnicos. Este documento es publicado a los proveedores potenciales que cumplen

con la estrategia de la empresa para el proyecto. Poco tiempo después, el área de compras genera un RFQ (*Request for Quote*) en el cual cada proveedor cotiza el componente de acuerdo con el SOR y con esta información comienza el análisis sobre el proveedor más competitivo siempre cumpliendo con la calidad esperada.

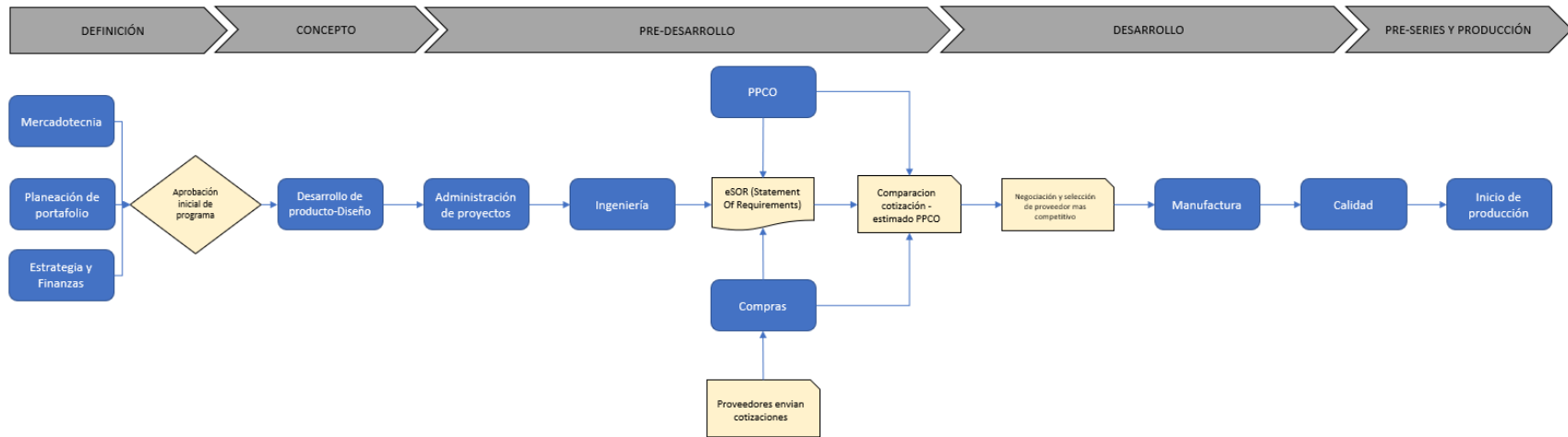


Figura n.º 6. Proceso general de desarrollo de piezas.

Desde la evaluación ejecutiva hasta la manufactura de la pieza, se detalla las fases y áreas por la que se tiene que pasar para aprobar el desarrollo de una pieza

Las cotizaciones efectuadas por los proveedores son evaluadas, así como las revisiones técnicas entre la empresa y cada proveedor, para verificar que el producto ofrecido cumple con los requisitos de la organización. Este factor, junto al factor del precio de compra, son los criterios por evaluar para tomar la decisión del proveedor más factible por cada pieza.

El costo final del contrato se registra en un sistema ERP o de gestión empresarial. Sin embargo, los desgloses por factor de costo de cada cotización no son almacenadas en esta base de datos ya que el tipo es un desglose completo sobre la estructura del costo del componente en cuestión.

Una de las problemáticas surge cuando La Empresa utiliza un formato en Excel, donde definió los criterios relevantes para el análisis del costo, y en donde se exige a los proveedores que entreguen el reporte del desglose del costo de cada componente bajo dicho formato. Lo que sucede en la práctica, es que el documento es llenado por el proveedor de manera manual (o libre), por lo que no hay un control que impida introducir datos erróneos en los campos del formato.

Además, con el paso del tiempo, el formato se ha distribuido indiscriminadamente por lo que las copias de estos han perdido el estándar exigido, y en la mayoría de los casos, los formatos son modificados a conveniencia del proveedor o de la persona responsable de llenarlos. Esto incluye modificaciones como agregar o quitar columnas, agregar o quitar renglones, esconder celdas, modificar las fórmulas con las que el formato hace los cálculos suma y totales de material, porcentajes de márgenes de ganancia, manejo de material, etc.

Este problema genera demasiada inconsistencia en la información suministrada y pérdida de tiempo en reorganizar la información, para poder ser analizada. No se evidencia una estandarización del proceso, y tampoco se cuenta con la información correcta. Por el contrario, en la actualidad, se manejan 6 formatos distintos de desglose de costos de proveedores.

Una vez que los formatos son recibidos por el área de compras, el precio del contrato de la parte es introducido a las bases de datos de contratos en el ERP, pero el desglose del costo solo existe en dichos formatos de Excel.

Como solución en algún momento en la historia de este proceso se acordó que los compradores almacenarían todos los formatos de Excel de las parte de las que son responsables en discos compartidos en servidores con la seguridad adecuada de accesos y unificando lo más posible la fuente de la información, pero en la práctica, ya que siempre existe el factor de la resistencia humana, no sucede así, cada comprador almacena sus formatos de Excel en sus computadoras o carpetas individuales y cuando algún otra área los requiere son enviados por email, lo cual ha funcionado operativamente hasta ahora para hacer ciertas tareas de análisis, pero es un análisis muy focalizado y muy limitado.

Los formatos han evolucionado introduciendo mejores controles paulatinamente de acuerdo al aprendizaje gradual y la retroalimentación por proyectos como este, sin embargo es hasta que se propuso desarrollar un sistema que se lograría controlar la calidad de las entradas de los proveedores de una manera más consistente. Debido a que esta responsabilidad está fuera del alcance de este trabajo no se tiene una influencia directa en la solución de esta porción del negocio, sin embargo para neutralizar este efecto, se desarrolló una herramienta intermedia que además de

unificar y consolidar la información en bases de datos y automatizar la interpretación de la información también sirve como control de calidad al identificar errores en los formatos de los proveedores y notifica a los compradores para exigir las correcciones pertinentes. Esta herramienta se implementó en paralelo mientras que el sistema de compras es desarrollado e implementado, esto se revisará con más detalle adelante en la propuesta de solución.

Como podemos ver, el control y el manejo de la información de proveedor por el área de compras es muy pobre y representa muchos obstáculos para un análisis representativo, ya que el acceso a la información es extremadamente difícil y consume mucho tiempo y los puntos de referencia, cuando se lleva a cabo un análisis son muy pocos, además de no ser totalmente confiables por los problemas con la calidad de la información descritos arriba. Esto limita mucho la capacidad de análisis de la empresa y la identificación de tendencias haciendo muy ineficientes estas tareas. En este sentido la toma de decisiones estratégicas sobre qué proveedores contratar en el futuro, qué otros proveedores desarrollar en el futuro, la tendencia del mercado, definición de estándares de costos, etc., está basada más en suposiciones que en hechos o datos.

2.2. Situación actual de estimación de costo interno

El primer problema respecto a los procesos internos de estimaciones de costo es la falta de estandarización a través de los equipos de ingenieros de costos, quienes actúan de manera independiente e inconsistente de acuerdo con el método utilizado.

En algunos casos, los equipos de trabajo estiman costos de manera aislada, sin integrarse al proceso global a través del sistema oficial de La Empresa para estimación de costos llamado “GMCO\$T”.

Hasta el momento, se quiere analizar la información a gran escala, cuando se quiere hacer comparaciones entre poblaciones afines, cuando se quieren hacer regresiones tomando como referencia un muestreo representativo de datos, cuando se quiere ver la imagen completa de segmentos enteros de la organización o incluso de toda la organización. Al no tener esta unificación y estandarización, se convierte en relevante y determinante para un análisis real de costos y fomentar la optimización y mejora continua de la metodología de estimación.

Otro escenario inconforme es la exportación y almacenamiento de la información, la cual debe residir en un servidor al que se pueda acceder para extraer la información necesaria y hacer uso de ella. Actualmente el sistema de estimación de costos (GMCOST) no está conectado en tiempo real a un servidor accesible y centralizado. La manera en la que la información en el sistema de estimación es transferida del servidor local al servidor centralizado de la empresa es individualmente cada vez que un ingeniero de costos realiza un estimado este mismo tiene que llevar a cabo un proceso de “publicación” con el cual genera un reporte y da la instrucción al sistema a que exporte la información hacia bases de datos específicas que posteriormente serán transferidas al servidor centralizado con una frecuencia diaria por la noche, es hasta ese momento que la información es visible para nosotros para poder hacer uso de ella.

La deficiencia que se ha encontrado en este proceso es que es totalmente dependiente de una acción manual y humana ya que es responsabilidad de cada ingeniero exportar sus estimados a dichas bases de datos y además, para que esta herramienta de exportación funcione, se requiere una instalación previa de ciertos “drivers” en las computadoras de los empleados.

Debido a esto la exportación de costos estimados al servidor no es robusta y no captura la totalidad de las estimaciones existentes ocasionando pérdidas de información prematuras por factores como: ingenieros que olvidan exportar su información, otros que simplemente no pueden hacerlo porque su computadora no cuenta con los “drivers” instalados y en muchos casos se repite el factor de la resistencia.

Adicionalmente, debido a que el estado de la información es muy pobre por los factores mencionados anteriormente, su uso para análisis es muy esporádico.

La información no se monitorea sistemáticamente, por consecuencia los procesos relacionados a la publicación de las estimaciones no son reforzados y son frecuentemente ignorados. Esto ocasiona un ciclo de malos hábitos que resulta en bases de datos incompletas y no utilizables para el análisis de datos significativo.

Los procesos no son eficientes y no son reforzados para su ejecución por el equipo, las bases de datos están incompletas y con baja calidad de información. Al no ser útiles para análisis, las bases de datos no son monitoreadas ni frecuentemente consultadas y por consecuencia los ingenieros de costos no tienen ninguna motivación para cumplir los procesos, publicar y mantener la calidad de la información ya que “nadie” la utiliza.

Por último, incluso superando estos obstáculos y solucionando las deficiencias anteriores nos queda un último factor, este es la manera en que la información es identificada.

Esto quiere decir que, incluso aunque el equipo utilice en su totalidad el sistema oficial para estimar los costos y la totalidad de ellos exporte satisfactoriamente su trabajo a los servidores,

si la información no es nombrada e identificada de la manera correcta la información en el servidor se convierte en basura ya que no hay forma de segmentarla, identificarla, compararla y analizarla.

2.3. Situación de comparativa de costos

Después de haber revisado la situación actual por las dos ramas de la información (cotizaciones de proveedor y estimados de costo) podemos ver que debido al estado de la información presentada en la actualidad, el análisis de cada una de las ramas se vuelve muy deficiente y limitado, siendo principalmente manual a un nivel aislado, componente por componente (o en el mejor de los casos conjuntos pequeños de componentes) y el análisis a gran escala o por conjuntos o poblaciones grandes de componentes (ya sea por subáreas totales, programa, tipo de parte, proveedor, etc.) demanda muchos recursos en tiempo y personal. Por consecuencia esto ocasiona que al final la toma de decisiones estratégicas de los líderes en el área sea tomada con base en supuestos en lugar de datos sustentables.

Esto se replica en todos los niveles de la organización y en todos los vértices de la información desde el análisis de la información independiente de las cotizaciones de proveedor o de los estimados de costo y naturalmente también en el análisis de los dos grupos en conjunto, el cruce de la información entre proveedor y estimados internos resulta prácticamente imposible, por lo que su análisis comparativo replica exactamente las mismas limitaciones descritas en el párrafo anterior.

2.4. Análisis de causas y efectos

Con base en la situación actual de cada actividad, se decidió realizar un diagrama de Pareto, para validar los problemas más significativos. Para ello, en primer lugar, listamos las posibles causas más relevantes encontradas, consideradas inconformidades, las cuales se pueden observar en la siguiente Tabla N° 1.

Tabla n.° 1

Posibles causas raíz del problema

| Inconformidades del área de PPCO | |
|---|--|
| 1 | El análisis de lectura transversal a gran escala requiere mucho tiempo |
| 2 | Inconsistencia en la información suministrada |
| 3 | Existen 6 diferentes formatos en que los proveedores suministran la información. |
| 4 | Análisis de estimación de costo hecho de forma manual |
| 5 | Identificación incorrecta de partes en los análisis de costo |
| 6 | Rotación de personal, cuyo manejo de información diariamente procesa la información de forma individual, aislado del sistema, ocasionando islas de información faltante. |
| 7 | Ausencia de control de gestión de calidad en el control de documentos. |

Nota: las inconformidades son tomadas con base en la experiencia del investigador en el área objeto de estudio

Una vez listadas las inconformidades, se procede a asignarle un valor multiplicando la frecuencia con la que ocurre la inconformidad (donde 0 es nunca, 1 a veces, 2 casi siempre y 3 siempre) y el valor de su relevancia (tomando una escala del 0 al 10). La calificación es realizada por el investigador, con base en la experiencia directa en el área crítica. El resultado se ordena desde la inconformidad con el mayor puntaje hasta el menor. La siguiente Tabla, N° 2 muestra el resultado obtenido.

Tabla n.º 2*Resultados obtenidos de la evaluación de criticidad y frecuencia de causas*

| | Brainstorming | Criticidad | | | | Puntaje | Frecuencia | Frec acum | Pareto |
|--------------|--|-------------------|----------|----------|----------|----------------|-------------------|------------------|---------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | | | |
| 4 | Análisis de estimación de costo hecho de forma manual | 0 | 0 | 0 | 10 | 30 | 24,8% | 24,8% | 80% |
| 1 | El análisis de lectura transversal a gran escala requiere mucho tiempo | 0 | 0 | 0 | 9 | 27 | 22,3% | 47,1% | 80% |
| 2 | Inconsistencia en la información suministrada | 0 | 0 | 0 | 8 | 24 | 19,8% | 66,9% | 80% |
| 6 | Rotación de personal, cuyo manejo de información diariamente procesa la información de forma individual, aislado del sistema, ocasionando islas de información faltante. | 0 | 0 | 7 | 0 | 14 | 11,6% | 78,5% | 80% |
| 5 | Identificación incorrecta de partes en los análisis de costo | 0 | 0 | 6 | 0 | 12 | 9,9% | 88,4% | 80% |
| 3 | Existen 6 diferentes formatos en que los proveedores suministran la información. | 0 | 0 | 5 | 0 | 10 | 8,3% | 96,7% | 80% |
| 7 | Ausencia de control de gestión de calidad en el control de documentos. | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 3,3% | 100,0% | |
| Total | | | | | | 121 | | | |

Fuente: propia

Los resultados obtenidos permiten elaborar el diagrama de Pareto de la Figura N° 7. La herramienta permite obtener el 20 % de las causas que origina el 80 % de los problemas. En tal sentido, si se observa la frecuencia acumulada, se tienen las causas más relevantes para ser objeto de análisis, con la finalidad de depurar el 80 % de las inconformidades. Por consiguiente, se tiene que las causas de mayor relevancia son:

- Análisis de estimación de costo hecho de forma manual (24.8 %)
- El análisis de lectura transversal a gran escala requiere mucho tiempo (22.3 %)
- Inconsistencia en la información suministrada (19.8 %)

- Rotación de personal, cuyo manejo de información diariamente procesa la información de forma individual, aislado del sistema, ocasionando islas de información faltante. (11.6 %)

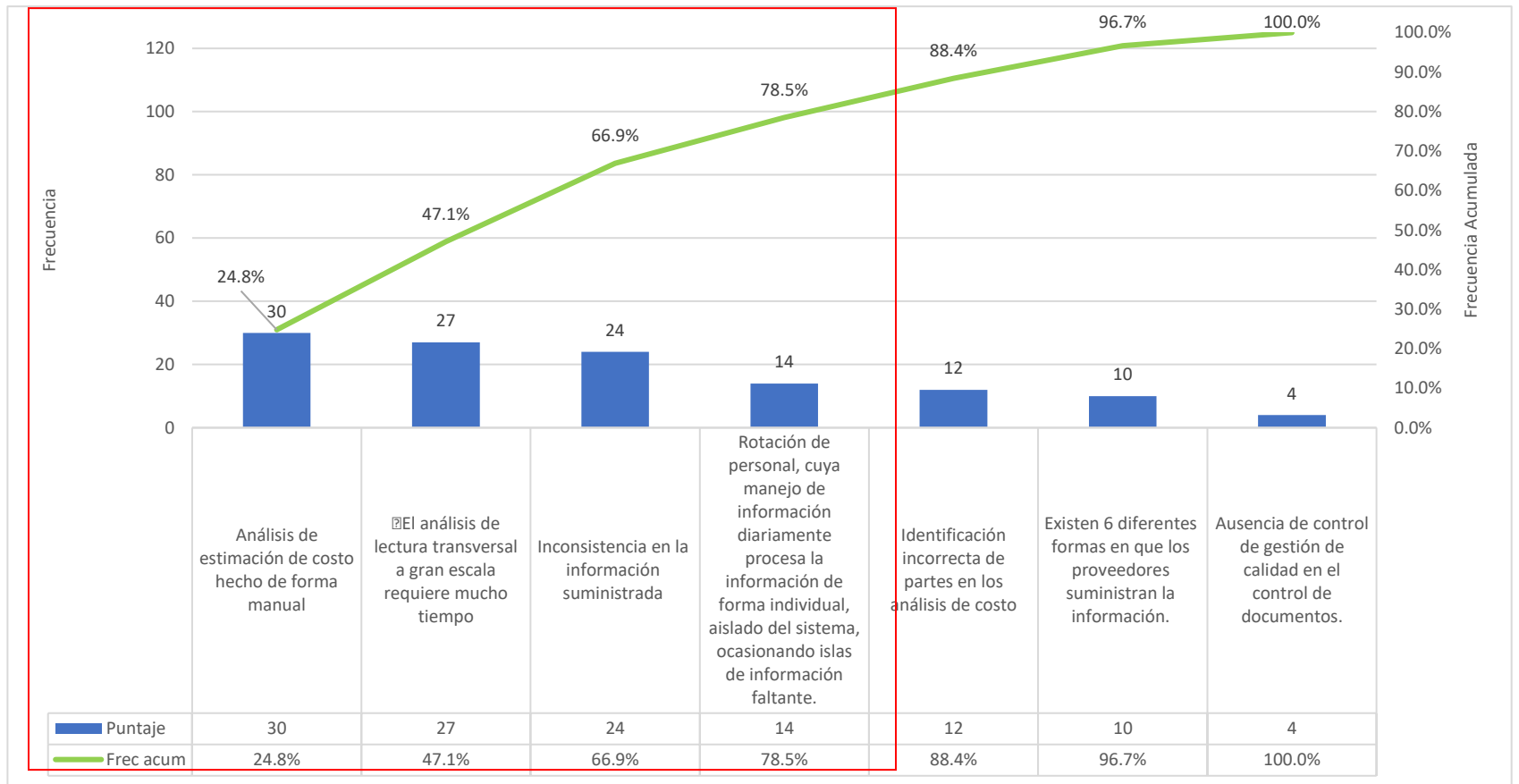


Figura n.° 7. Diagrama Pareto de inconformidades del área de PPCO.

El 80 % de las causas son atribuibles a el método de trabajo actual

Con base en las posibles causas se puede inferir que los actuales métodos de trabajo a nivel de software y de práctica humana no son los adecuados desde el punto de vista de ingeniería de métodos y procesos. Por consiguiente, se puede decir que el efecto global es: “Proceso de análisis de costos deficiente y descentralizado”.

Partiendo del efecto global descrito, se puede elaborar un diagrama Ishikawa más detallado, de las causas que la originan (ver Figura N° 8)

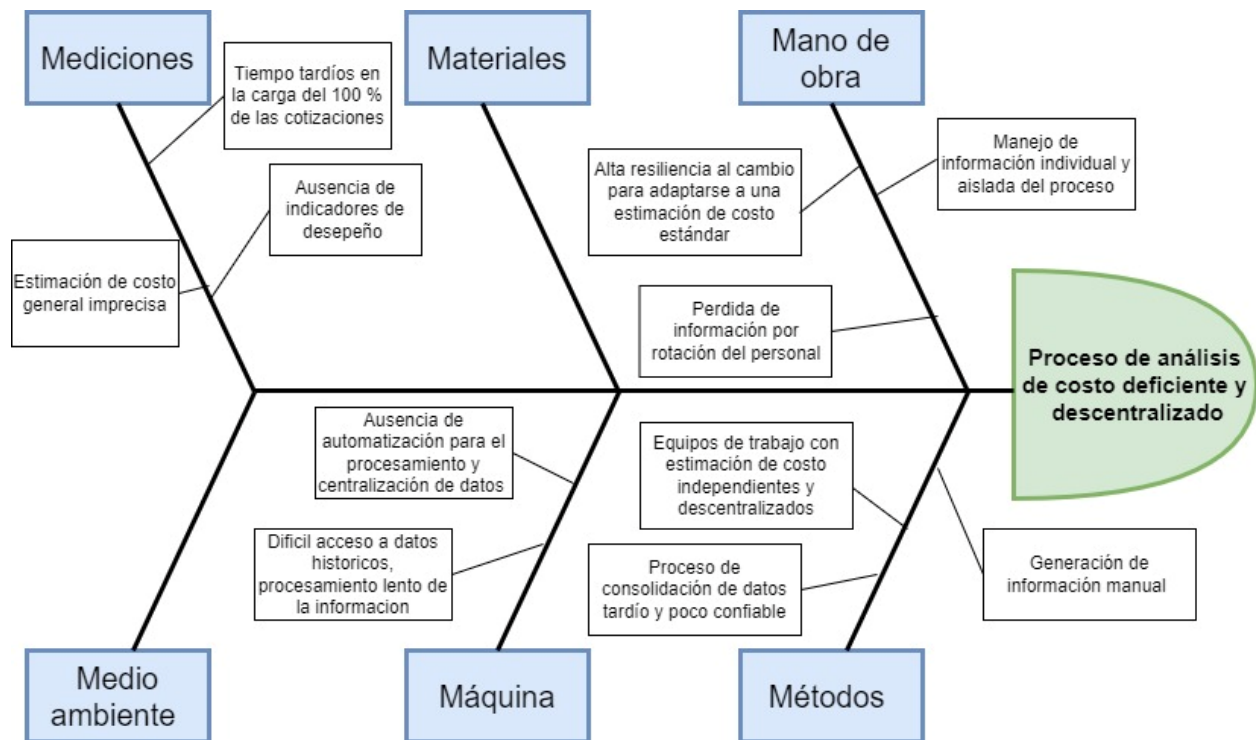


Figura n.° 8. Diagrama Ishikawa de inconformidades del área de PPCO

Tomando como base la herramienta de calidad 6M (mediciones, materiales, mano de obra, medio ambiente, máquina y métodos) la deficiencia se centra en los métodos de trabajo, las

mediciones y la mano de obra. Por lo tanto, el problema puede subsanarse a través de la automatización de los 3 procesos principales del área de PPCO.

CAPÍTULO III.

ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

En la búsqueda continua del crecimiento empresarial, muchos directores ejecutivos recurren a sus CIO y organizaciones de TI porque la tecnología es esencial para dos fuentes convincentes de crecimiento: la innovación y la integración. La innovación, por supuesto, consiste en hacer cosas nuevas que los clientes aprecien y valoren en última instancia, no solo desarrollando nuevas generaciones de productos, servicios, canales y experiencia del cliente, sino también concibiendo nuevos procesos y modelos comerciales. La integración hace que las múltiples unidades, funciones y sitios de grandes organizaciones trabajen juntas para aumentar la capacidad, mejorar el rendimiento, reducir la estructura de costos y descubrir oportunidades de mejora que no aparecen hasta que analiza las funciones (Cash, Jr., Earl, Morison, 2008).

Juntas, la innovación y la integración permiten que una empresa atraiga a más clientes y traiga más bienes y servicios al mercado. La innovación exitosa a menudo depende de la capacidad de coordinar esfuerzos a través de los límites o fronteras de la organización porque las innovaciones alcanzan una escala e impacto suficientes solo cuando se integran en las operaciones más grandes de la corporación.

Las empresas confían en la TI como catalizador, habilitador y componente de los nuevos productos, servicios, canales, procesos y modelos de negocio, así como la forma de alentar a los innovadores a colaborar. Y con su amplia experiencia trabajando en el corazón de las principales iniciativas de cambio empresarial de todo tipo (implementación de

infraestructuras comunes, bases de datos compartidas y sistemas empresariales y multifuncionales), TI es a menudo el centro de experiencia de facto de la corporación en integración empresarial.

La investigación realizada por Harvard Business School lo confirma. Desde hace varios años a algunos CIO se les pedía que usaran más de un rol ejecutivo. En 2006, Nicholas Vitalari de nGenera, Keri Pearlson de KP Partners y Espen Andersen de la Norwegian School of Management investigaron los roles de la organización de TI contemporánea en 24 corporaciones, a menudo globales, estadounidenses y europeas. Se encontró que 12 de los 24 estaban encargados de mejorar la integración horizontal del negocio, y un tercio estaba enfocado en las iniciativas de innovación y crecimiento de sus corporaciones. Algunos se centraron tanto en la innovación como en la integración. (Cash, Jr., Earl, Morison, 2008).

Los directores ejecutivos hoy en día están pidiendo a sus CIO y organizaciones de TI que desempeñen un papel más importante en la agenda de crecimiento al proporcionar las herramientas para la innovación colaborativa; participando en iniciativas de innovación de todo tipo, construyendo una plataforma integrada de procesos comerciales, información, sistemas y tecnología, y compartiendo su experiencia y conocimientos sobre cómo mejorar la “disciplina horizontal” de la corporación. Así que, aunque gran parte del trabajo tradicional de TI ha sido automatizado, convertido en mercancía y fácilmente subcontratado, los desafíos actuales de innovación e integración están atrayendo a TI más profundamente que nunca al sistema nervioso central de la corporación.

Pero el trabajo a veces implica desafíos abrumadores porque la innovación y la integración empresarial tienen algo más en común: ambos siguen siendo "actos antinaturales"

en la mayoría de las grandes corporaciones. Las empresas, especialmente las de gran tamaño como la del objeto de nuestro trabajo, son mejores para sofocar la innovación que para capitalizarla, mejores para optimizar las operaciones locales que para integrarlas por el bien de la empresa y sus clientes. Cuanto más grande y compleja sea la organización, más fuerte puede ser el *statu quo* para repeler tanto la innovación como la integración.

Por lo tanto, las grandes corporaciones necesitan agencias activas y habilitadas por la tecnología para promover la innovación y la integración, para superar los obstáculos, concentrar el esfuerzo y permitir que los actos antinaturales se vuelvan más naturales. Sin tales agencias, la innovación y la integración no se extenderán lo suficiente ni lo suficientemente rápido en una gran empresa para seguir el ritmo de los competidores más pequeños, jóvenes y tecnológicos, para quienes la innovación y la integración son mucho más naturales.

La innovación no llega fácilmente a las grandes corporaciones. Muchos establecen metas ambiciosas para obtener un porcentaje significativo de los ingresos de los productos, servicios y canales introducidos recientemente, solo para descubrir que su productividad en investigación y desarrollo realmente disminuye. La receta común para aumentar la innovación se centra predominantemente en generar y examinar nuevas ideas. Pero ese no es el problema: las grandes corporaciones generan muchas ideas. Demasiadas, de hecho. Aparecen en todas partes: en las interacciones con los clientes, trabajando con socios comerciales, solucionando fallas operativas. El problema es cosecharlos, asignarles los vastos recursos de la empresa y gestionar su desarrollo de manera coordinada y eficiente.

Nadie tiene el monopolio de la innovación en las grandes empresas. Ninguna unidad organizativa puede ser la innovadora. Además, demasiadas innovaciones están estancadas por la resistencia de los negocios habituales, y las corporaciones no pueden confiar completamente en un mercado libre de ideas emergentes para superar esa resistencia. Necesitan una agencia que reconozca y promueva la innovación, una que convierta la escala corporativa en un activo en lugar de un obstáculo para las iniciativas de innovación.

Existen 3 tipos de capacidades estratégicas de TI que son especialmente importantes para la innovación:

1. Conocimiento actualizado de las tecnologías emergentes y conocimiento de las tendencias, especialmente cómo las tecnologías están convergiendo para crear posibilidades radicalmente nuevas (por ejemplo, la capacidad de orientar con precisión los esfuerzos de marketing mediante una combinación de análisis de clientes y teléfonos celulares o PDA con capacidad de GPS). Para mantenerse actualizados, los miembros del grupo realizan investigaciones constantemente, mantienen relaciones de colaboración con proveedores y observadores de la industria, y observan cómo se adoptan las aplicaciones en otras empresas e industrias.
2. Dominio de los métodos de desarrollo de aplicaciones iterativas y experimentales, incluida la creación de simulaciones empresariales sólidas. Trabajar con socios comerciales para construir rápidamente prototipos tanto para prueba de concepto como para perfeccionamiento a través de pruebas.

3. Instalación con tecnologías de colaboración y diseminación de la información, que incluyen software grupal, sistemas de redes sociales, foros basados en intranet, intercambios de conocimientos y herramientas Web 2.0 como wikis y blogs.

Al mismo tiempo, la organización de TI es responsable de cubrir las siguientes funciones técnicas clave para fomentar la innovación:

1. Proporcionar herramientas tecnológicas e infraestructura para apoyar las iniciativas de innovación. Los principales entre estos son el software de conexión y colaboración, las bases de datos y los sistemas de gestión del conocimiento, y las herramientas analíticas. Son especialmente valiosos los directorios de información y los depósitos de módulos de aplicaciones que TI construye y difunde a los innovadores, quienes luego pueden recombinarlos para nuevos usos.
2. Proporcionar personal técnico calificado para todas las iniciativas de innovación sustanciales (si no desde el principio, tan pronto como los proyectos se muestren prometedores) para ayudar a optimizar el diseño del producto y anticipar problemas de escala.
3. Incorporar rápidamente la información, los sistemas, la tecnología y la lógica comercial de la nueva innovación en la infraestructura corporativa. Esto no solo permite que la innovación se ponga en funcionamiento y alcance la escala de producción, sino que también hace que los nuevos componentes comerciales estén rápidamente disponibles para futuras innovaciones.

Los clientes hoy en día esperan un desarrollo de productos receptivo, cumplimiento de pedidos, servicio y respaldo administrativo. Eso requiere que las operaciones de una empresa

sean coordinadas y transparentes internamente. Las empresas lo saben, pero con frecuencia se ven disuadidas de lograrlo por la arraigada mentalidad de silo, la falta de liderazgo ejecutivo y la dificultad y el costo de los proyectos de integración a gran escala.

En respuesta a la presión de integración, muchas corporaciones han comenzado a “federalizar” sus estructuras organizacionales y modelos operativos. Incluso (y a veces especialmente) donde las unidades de negocios tradicionalmente han sido altamente autónomas, las corporaciones están descubriendo que necesitan instituir procesos horizontales y servicios compartidos para mejorar la eficiencia operativa, maximizar el talento y la experiencia, y elevar el nivel de servicio al cliente, particularmente donde los mercados se superponen. Por definición, esto no puede ser dirigido ni facilitado desde ningún silo. Requiere un mecanismo corporativo que pueda superar la resistencia tradicional de los silos a través de su mandato y capacidades. Ese es el trabajo de un grupo de integración empresarial.

Las organizaciones de TI casi siempre tienen mucha más experiencia con la integración empresarial que con la innovación distribuida. La implementación de una infraestructura común, bases de datos compartidas y sistemas empresariales y multifuncionales requiere que las organizaciones de TI trabajen en toda la corporación de modo regular, de una manera que otros grupos rara vez hacen. El personal de TI tiene un conocimiento íntimo del funcionamiento de la empresa, incluidas las idiosincrasias y las interdependencias ocultas entre los procesos y los datos. Su trabajo requiere que adopten una visión sistémica de la información comercial y los flujos de procesos. Como dijo un CIO en las empresas estudiadas: “El equipo ejecutivo sabe cómo se supone que debe funcionar la integración

comercial, pero TI ve el nivel de detalle y puede aprovechar esa comprensión” (Cash, Jr., Earl, Morison, 2008).

Muchos de los híbridos de tecnología empresarial más capaces y experimentados en TI probablemente ya estén trabajando en iniciativas de integración de procesos e información.

Seis conjuntos de habilidades son fundamentales:

1. Familiaridad con los conceptos y métodos de diseño y mejora de procesos de negocio.
El pensamiento de procesos y sistemas es esencial aquí, incluido el reconocimiento de todos los intereses diversos y, a veces, en conflicto que la integración empresarial tiene que superar.
2. Experiencia con la implementación de sistemas multifuncionales, incluida la educación, capacitación, pruebas piloto y otras actividades asociadas necesarias para que los proyectos ambiciosos de cambio comercial tengan éxito.
3. Competencia en el análisis de la arquitectura, en particular, el reconocimiento de cómo las infraestructuras de TI actuales pueden tener que cambiar para facilitar la integración empresarial. Esto incluye comprender el potencial y las limitaciones de los sistemas ERP que ya están en uso y lo que se necesita para mantener la arquitectura tecnológica de la empresa, un paso por delante de las necesidades del negocio para una mayor integración.
4. Experiencia en gestión de la información, porque muy a menudo el primer paso para coordinar las actividades comerciales es racionalizar sus datos. Cuando los gerentes de diferentes unidades se dan cuenta de que pueden beneficiarse de un grupo más

grande de información común y consistente, se sienten motivados a proporcionar buenos datos desde el principio.

5. Experiencia con la gestión de programas: la planificación, coordinación y medición de los muchos proyectos y actividades involucradas en una iniciativa de cambio multidimensional. Crucial para el éxito son los mecanismos de gobernanza de programas entre organizaciones que contienen procesos integrados de resolución de conflictos.
6. Un talento para la gestión de relaciones: la combinación de conocimiento empresarial, conocimiento tecnológico y habilidades interpersonales y de influencia necesarias para abrir los ojos de las personas a las posibilidades y beneficios de la integración horizontal, para conseguir su compromiso de hacer que la integración suceda.

Las organizaciones de TI en la mayoría de las grandes empresas, incluidos los grupos de TI corporativos y de unidades de negocios, probablemente ya estén profundamente involucradas en la ejecución de proyectos de integración empresarial y en el desarrollo y mantenimiento de la información compartida, las aplicaciones y la infraestructura tecnológica de la que dependen estas iniciativas. A menudo, el trabajo más desafiante que realizan las organizaciones de TI (con sistemas empresariales, de integración de proveedores y orientados al cliente) es el apoyo a la integración horizontal en toda la empresa y cada vez más allá de sus límites. Pero pueden y deben hacer más. (Cash, Jr., Earl, Morison, 2008).

Estudios anteriores han buscado integrar y consolidar grandes cantidades de información o *big data*. Por ejemplo, (Prokhorov y Kolesnikb, 2018) hablan sobre el desarrollo de un modelo de sistema de consolidación de datos maestros (sobre el ejemplo del sector bancario)

manifiestan que uno de los problemas más críticos que se deben enfrentar al construir soluciones de integración en el campo de la automatización integrada de los procesos comerciales de una empresa es el problema de la gestión de los llamados datos maestros.

La gestión de datos maestros es un conjunto de procesos y herramientas para la definición y gestión continuas de los datos básicos de la empresa (incluidos los datos de referencia). Puede encontrar otro nombre: gestión de datos de referencia (Prokhorov y Kolesnikb, 2018). Los datos maestros son datos con la información más importante para el funcionamiento de un negocio: sobre clientes, productos, servicios, personal, tecnología, materiales, etc. Se modifican relativamente rara vez y no son transaccionales (Prokhorov y Kolesnikb, 2018).

El propósito de la gestión de datos maestros es asegurar que no haya datos repetitivos, incompletos o inconsistentes en varias áreas de las actividades de la organización. Un ejemplo de mala gestión de datos básicos es el trabajo de un banco con un cliente que ya usa un producto de préstamo, pero aún recibe ofertas para tomar dicho préstamo. El motivo de la mala conducta es la falta de datos actualizados de los clientes en el departamento de atención al cliente.

El enfoque básico de gestión de datos contempla procesos tales como la recopilación, acumulación, limpieza de datos, su comparación, consolidación, control de calidad y distribución de datos en la organización, asegurando su posterior consistencia y control de uso en diversas aplicaciones operativas y analíticas.

Por su parte, Zadeh et al (Zadeh et al., 2020) en su publicación sobre la integración de la información de la cadena de suministro y su impacto en el desempeño operativo de las empresas manufactureras en Malasia, considerando el papel de la fuga de información, los hallazgos de este estudio mostraron que la calidad de la información, la seguridad de la información y la tecnología de la información, tuvieron un efecto positivo en la integración de información de la cadena de suministro, con un poder explicativo del 47,2 % mientras que, a su vez, tuvo un efecto positivo en el desempeño operativo explicando el 17 % de la diferencia.

Podría decirse que esta investigación es el primer estudio que analiza simultáneamente el efecto de la calidad de la información, la tecnología de información y la seguridad de la información en la integración de la información de la cadena de suministro y el efecto moderador de la fuga de información en las relaciones entre la integración de la información de la cadena de suministro y el rendimiento operativo. Los resultados de este estudio indican que la seguridad de la información tiene el mayor impacto, seguido de la tecnología utilizada y la calidad de la información (Zadeh, et al. 2020).

Rebelo et al. (Rebelo et al., 2016) realizaron un caso práctico sobre la integración, flexibilidad y rendimiento operativo de la información de la cadena de suministro: búsqueda de archivos y análisis de contenido, en Portugal. El propósito fue el de presentar un estudio de caso sobre el despliegue de un modelo previamente desarrollado para la integración de sistemas de gestión.

El caso de estudio es desarrollado en un sitio de fabricación de una empresa internacional. La implementación de este modelo en un entorno empresarial real tiene como objetivo evaluar su viabilidad. El estudio de caso tiene en cuenta diferentes estándares de sistemas de gestión implementados progresivamente, a lo largo de los años, de manera independiente.

La implementación del modelo se apoyó en los resultados obtenidos de una investigación realizada de acuerdo con un diagnóstico estructurado que se llevó a cabo para recopilar información relacionada con la situación organizativa de la empresa. Los principales hallazgos son los siguientes: un sólido sistema de gestión integrado (IMS), objetivamente más esbelto, estructurado y manejable, además de factible. La disertación proporcionó una visión holística de la gestión global de la empresa; aclaraciones de las descripciones de trabajo y los límites, se lograron acciones y responsabilidades, se logró una mayor eficiencia en el uso de los recursos; más gestión coordinada de los tres pilares de la sostenibilidad ambiental, económica y social, así como los riesgos, brindando confianza y valor agregado a la empresa y a las partes interesadas.

3.1. Análisis de datos

3.2. Pasos para un análisis de datos

Haardörfer (Haardörfer, 2019) describe los cinco pasos generales que toman los buenos analistas de datos y cómo necesitan estar informados sobre los datos basados en la teoría. Los pasos propuestos para un análisis de datos riguroso son (1) crear un plan de

análisis de datos *a priori*, (2) crear una muestra analítica, (3) realizar análisis de acuerdo con el plan desarrollado en el Paso 1, (4) realizar análisis adicionales basados en hallazgos iniciales, y (5) escriba sus hallazgos comunicando claramente qué análisis de datos fueron *a priori* y cuáles se agregaron más tarde. Agregue tablas y hallazgos adicionales a los materiales complementarios.

3.2.1. Crear un plan de análisis de datos basado en la teoría a priori

Para los análisis de resultados principales, desarrollamos planes sólidos de análisis de datos durante la redacción de la propuesta antes de la recopilación de datos para demostrar la solidez de nuestra ciencia a los financiadores (Haardörfer, 2019).

Deberíamos tratar de desarrollar otros planes de análisis igualmente *a priori* tanto como sea posible, reconociendo si se desarrollaron nuevas ideas más adelante. Cualquier plan de análisis de datos debe reflejar claramente cómo los marcos teóricos dan forma tanto al enfoque como a la ejecución. En caso de análisis de datos secundarios, esto debe ocurrir antes de profundizar en los datos; podría suceder al solicitar acceso a datos.

¿Por qué necesitamos la teoría en las etapas de planificación del análisis de datos? Necesitamos al menos formular hipótesis sobre los mecanismos que hacen que una variable influya en otra. Idealmente, nuestros modelos nos permiten probar teorías, por ejemplo, mediante el uso de modelos de ecuaciones estructurales. Si bien sabemos que los planes de análisis de datos *a priori* deben modificarse debido a los

datos (por ejemplo, si no alcanzamos el tamaño de nuestra muestra, es probable que algunos análisis no sean posibles o significativos; si tuviéramos que abandonar una estrategia de muestreo aleatorio, es posible que debamos considerar que eso también cambia. Cualquier cambio debe ser a través de la lente de la teoría/nuestro marco teórico.

3.2.2. Crear una muestra analítica

¿Qué observaciones incluye o excluye? En otras palabras: ¿Quién está dentro y quién está fuera? ¿De quién son las voces que se incluyen y a quiénes silenciamos? Esas decisiones deben comunicarse claramente, incluidas las razones. Esta es una cuestión ética que merece nuestra atención y debería impulsarnos a cambiar nuestras normas para que la eliminación por lista se convierta en la excepción. En el mejor de los casos, cualquier observación excluida sería decidida por el equipo de estudio (Haardörfer, 2019)

3.2.3. Realizar los análisis de acuerdo con el plan desarrollado en el Paso 1

3.2.4. Realizar análisis adicionales basados en los hallazgos iniciales

El paso 3 casi siempre revela nueva información sobre los datos. Aquí es donde la toma de decisiones basada en datos entra en juego por segunda vez. Si bien las razones de este paso se basan en datos, todas las decisiones deben basarse en la teoría. Sin embargo, este es solo un componente importante del Paso 4.

¿Qué pasa con los datos faltantes dentro de la muestra analítica? Con demasiada frecuencia, los detalles sobre este paso no se informan lo suficiente en los manuscritos publicados. Con demasiada frecuencia, el Paso 4 se presenta como un Paso 1 ficticio y los autores informan los análisis del Paso 4 como *a priori*.

3.2.5. Escribir hallazgos comunicando claramente qué análisis de datos fueron a priori y cuáles se agregaron más tarde.

Según Haardörfer (Haardörfer, 2019) se debe comunicar claramente cómo llegamos a los hallazgos publicados. Es esencial para ayudarnos a comprender los hallazgos discrepantes en un momento en que la falta de replicabilidad ha desafiado la reputación del rigor científico.

3.3. Modelo conceptual de un sistema.

Las etapas de creación de un sistema centralizado de gestión de datos maestros con un único servicio de información regulatoria y de referencia se muestran en la Figura N° 9. De igual forma se describen a continuación cuáles son los puntos clave para su desarrollo (Prokhorov y Kolesnikb, 2018).

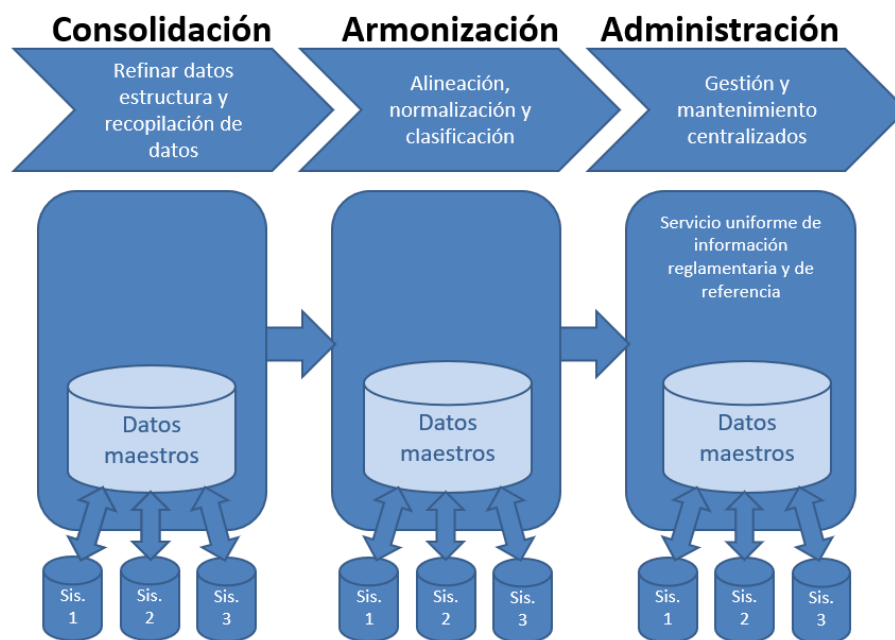


Figura n.º 9. El modelo conceptual de un sistema

Tomado de Prokhorov y Kolesnikb, 2018

3.3.1. Procesos de consolidación de datos maestros

- Análisis de datos básicos contenidos en varios sistemas.
- Se determinan las características generales de los datos básicos, su estructura y sistema de clasificación.
- Preparar el almacenamiento para la colocación de datos.
- La carga de registros de datos maestros similares/idénticos se controla a nivel de experto.
- Se realiza la verificación de los principales registros de datos y su normalización.

- Los datos de origen se enriquecen con la información necesaria.
- La información estructurada se coloca en un único almacén de datos.

3.3.2. Procesos de armonización de datos maestros

- Los datos se clasifican de acuerdo con ciertos criterios.
- Los datos se normalizan de acuerdo con las plantillas establecidas.
- Buscar y eliminar duplicados.
- Se apoya la creación de un modelo taxonómico de organización de datos.
- La información se está alineando con los estándares existentes.
- Se proporciona la sincronización de datos con los sistemas aplicados.

3.3.3. Procesos de gestión de datos maestros

- Se realiza la formación del servicio de información reglamentaria y de referencia y capacitación de los empleados.
- Se organiza el mantenimiento centralizado de los datos básicos.
- Se proporciona acceso basado en roles a los datos principales.
- Se organiza un proceso de verificación de nuevos datos entrantes.
- Se implementa una interfaz uniforme para el mantenimiento de datos básicos.

- Los datos principales se almacenan en un repositorio centralizado.

3.3.4. La necesidad de normalización se debe a varias razones:

- Presencia de dobles.
- Disponibilidad de registros con nombres no estándar.
- Finalización parcial de los detalles requeridos.
- Diferencias en la formación de nombres y la estructura de directorios en los sistemas de información.
- La presencia de registros irrelevantes.

3.4. GMCO\$T

Es el software utilizado por La Empresa como la metodología estándar y herramienta de estimación y administración para modelos de costo la cual cuenta con bases de datos estándar y verificadas sobre costos de materias primas, costos de mano de obra globales y costos de manufactura globales, así como la estructura de costos de los procesos de manufactura estandarizados.

GMCO\$T fue desarrollado por la empresa Siemens la cual permite que la administración de costos de productos de *Teamcenter* (nube centralizada de datos de La Empresa) ofrezca un enfoque de ingeniería de costos y valor en una etapa temprana del proceso de desarrollo al proporcionar transparencia de costos para productos y herramientas.

Este enfoque permite una base de decisión cuantificable para productos de costos optimizados. Con el cálculo integrado de la rentabilidad del producto en *Teamcenter* (nube centralizada de datos de La Empresa), puede asegurar las inversiones en productos al predecir los costos y precios futuros del producto durante todo el ciclo de vida del producto. La gestión de costos de productos proporciona un gemelo digital de los costos de sus productos y herramientas que le permite representar con precisión los costos planificados y simulados. La gestión de costos de productos aumenta la velocidad y la precisión de las respuestas a las solicitudes de cotizaciones, lo que ayuda a las empresas a ganar más negocios.

3.4.1. Diseño a costo

Puede representar toda la estructura de precios de sus productos en el cálculo de costos de productos de Teamcenter, y los ingenieros de costos pueden ver el impacto de los cambios relacionados con el desarrollo en el precio en cualquier momento. Puede identificar los generadores de costos al principio del proceso de desarrollo y sugerir soluciones alternativas. Con las oportunidades de simulación de costos en el cálculo de costos de productos de Teamcenter, como la comparación de tecnologías de fabricación, también puede reproducir diferentes escenarios para la fabricación.

3.4.2. Cálculo de rentabilidad

Con el cálculo de la rentabilidad, los ejecutivos pueden asegurar las inversiones en productos al predecir los costos y precios unitarios futuros durante

todo el ciclo de vida del producto. Puede desglosar de forma transparente los costos anuales, los ingresos y los flujos de efectivo y proporcionar la base para los indicadores relevantes, como la tasa interna de retorno, el valor actual neto y los períodos de recuperación. Con el cálculo del flujo de caja descontado, se puede determinar la rentabilidad de los proyectos y comparar proyectos para tomar las mejores decisiones de inversión.

3.4.3. Análisis de precios de compra

Con el análisis de precios de compra incluido con el cálculo de costos de productos de Teamcenter, como comprador u oficial de compras, se pueden ejecutar estimaciones de costos confiables de las piezas del proveedor en diferentes productos básicos ("cálculos paralelos"). El cálculo de costos de productos de Teamcenter también ayuda en las negociaciones de estructuras de costos y los talleres de ingeniería de valor con los proveedores. Con base en estas estimaciones de costos, se puede negociar precios objetivo futuros o precios de compra basados en detalles de costos confiables. Si se desea, puede establecer una política de libro abierto.

3.4.4. Costo de cotización

El costo de productos de Teamcenter ayuda a aumentar la velocidad y la precisión de las respuestas a las solicitudes de cotización, lo que ayuda a las empresas a ganar más negocios. Ayuda a negociar con sus clientes utilizando datos de costos "optimizados pero comprensibles" en formatos personalizados. Se puede usar y

explicar estos datos en conversaciones abiertas con los expertos en costos del cliente para establecer su precio. Al presentar una estructura de costos clara y un desglose plausible de los costos del producto, tiene una posición de negociación más sólida en las negociaciones de costos.

3.5. Análisis financieros

La herramienta que da sentido a los datos sobre la base de un proceso comparativo, en el momento en que se realiza sirve como base para control y el monitoreo financiero en la toma de decisiones. El control y monitoreo financiero en la toma de decisiones (Vidal, 2005)

3.4.1. Análisis vertical

Técnica que establece la relación existente entre las cuentas que componen un estado financiero del mismo período y una cifra base. Ayuda a juzgar la magnitud de los componentes determinando la importancia relativa de los mismos.

3.4.2. Análisis horizontal

Técnica que envuelve el uso de los estados financieros de dos o más períodos y proporciona indicadores de los cambios en cada cuenta a través del tiempo, permitiendo el reconocimiento de la mejora o deterioro en la situación de la empresa.

3.6. Predictores de la fragilidad financiera de una empresa

Para Vidal (Vidal, 2005) existen 3 indicadores fundamentales para medir el estado financiero de una organización.

- A. Los indicadores de endeudamiento analizados fueron pasivo/activo, obligaciones financieras/activo y egresos financieros/(ingresos operacionales + ingresos financieros). Los dos primeros miden el grado de apalancamiento de la empresa que, en el caso de ser alto, compromete la capacidad de pago a deudores ante choques negativos no esperados. El tercer indicador captura el efecto de los flujos de efectivo necesarios para cumplir con el pago de intereses y que puede dar origen a presiones financieras.

- B. Los indicadores de rentabilidad analizados fueron ingresos operacionales/activo, utilidad antes de impuestos/activo y utilidad antes de impuestos/ingresos operacionales. El primero mide la cantidad de ingresos que cada unidad de activo es capaz de generar, mientras que los dos últimos miden la rentabilidad del negocio una vez se han pagado los servicios de deuda y operación.

- C. Por último, los indicadores de liquidez analizados fueron activo corriente/pasivo corriente, disponible/pasivo corriente, $(\text{activo corriente} - \text{pasivo corriente})/\text{activo}$ y disponible/activos. Estos capturan la relación entre los activos fácilmente realizables y el endeudamiento de corto plazo, y el nivel de liquidez como proporción del activo de cada empresa. En la medida en que exista un amortiguador de liquidez que permita

mantener la operación sin afectar el pago a deudores, la empresa estará más lejos de un posible estado de insolvencia.

3.6. Costos de material de piezas de vehículos, factores que influyen

Friesa et, al (Friesa et, al 2018) establece que los costos de los componentes del vehículo dependen de una amplia gama de factores, que incluyen, por ejemplo, la región donde se fabrican los componentes, el volumen de producción o los mercados en los que se venden los componentes. En su mayoría, estos factores no se indican claramente junto con los valores de costo encontrados en la literatura, que dificultan la comparación entre los valores de costo de diferentes fuentes. La Tabla N° 3 contiene una lista de algunos factores importantes.

Tabla n.° 3

Clasificación de algunos factores que afectan la comparabilidad de los valores de costo

| Influencia de los costos de fabricación | Influencia de los precios minoristas |
|--|---|
| Costo de los materiales | Márgenes del minorista |
| Costos de energía | Impuestos regionales y/o locales |
| Costos laborales | Políticas de ventas |
| Volúmenes de producción | Decisiones gerenciales |
| Márgenes de los proveedores | |
| Costos de envío | |
| Curvas de aprendizaje | |
| Madurez de la tecnología | |
| Productividad/eficiencia | |

Tomado de Fritas, et, al 2018

3.7. Elementos de costos considerados en LA EMPRESA

Habitualmente, cada estimación puede tener situaciones únicas relacionadas con el producto, dependiendo de sus características para su fabricación. Sin embargo, podemos describir a continuación los costos más relevantes.

3.7.1. Material: materia prima y terminado

A. Materia prima - Materia (acero, resina, hilo, caucho, etc.) utilizada para fabricar el producto.

- Material virgen en su forma natural.
- Ciertos componentes pueden usar material triturado cuando la superficie no es de clase "A".
- Los programas de compra o reventa de LA EMPRESA se utilizan para lograr precios óptimos.
- LA EMPRESA tiene una base de datos de materiales estándar configurada en su herramienta de estimación denominada TcPCM (o GMCO\$T internamente), que identifica un costo estándar por unidad específica para cada materia prima de uso común. También hay una base de datos de piezas compradas que enumera el costo típico de los componentes comprados (Siemens, 2022).

- La chatarra del proceso debe tenerse en cuenta al calcular la masa.

B. Acabado:

- Comprado: componentes que compra un proveedor para completar un producto completamente ensamblado.
- Compra dirigida: piezas que LA EMPRESA indica a un proveedor que compre.

LA EMPRESA pagará un costo de manejo del proveedor por cualquier pieza comprada o de compra directa. Los costos de manejo están destinados a cubrir: marcado, logística, manejo de materiales, compras y gestión de proveedores. Para la mayoría de los productos, estos porcentajes deben ser del 5 % para piezas compradas y del 3 % para compras dirigidas. Sin embargo, hay casos en los que estos porcentajes son demasiado altos o bajos y se podría aplicar el manejo de tarifas planas. Por ejemplo, no cuesta más dinero manejar un interruptor de \$100 frente a un interruptor de \$5.

3.7.2. Mano de obra directa

Solo aquellos individuos que físicamente manipulan, manejan, operan o tocan la parte comprada por La Empresa en la línea de producción o máquina es considerada mano de obra directa. Los supervisores de estación no son considerados mano de obra directa a no ser que ellos físicamente corran la línea de producción.

En el caso de que los supervisores de estación o cualquier otro individuo otorgue soporte para operar mientras que el responsable de la operación pueda usar el baño, tomar un descanso, etc., no son considerados manos de obra directa.

TcPCM (o GMCO\$T) cuenta con índices de mano de obra por región y deben ser utilizados por los estimadores de costo de manera estándar de no ser que existan razones válidas y previamente acordadas con los equipos internos relacionados para llevar a cabo un estimado especial específico.

3.7.3. Mano de obra indirecta

Cualquiera que no contribuya directamente a la fabricación de un producto, pero que aún sea necesario para operar la fábrica (apoyo a la producción). Los costos de mano de obra indirecta no son fácilmente identificables con una tarea, proceso u orden de trabajo específico. Se denominan costos indirectos y se cargan a las cuentas de gastos generales. Se debe pensar en cuántas cabezas de mano de obra indirecta se necesitan realmente, ya que no es un porcentaje de la mano de obra directa (ver Figura N° 10).

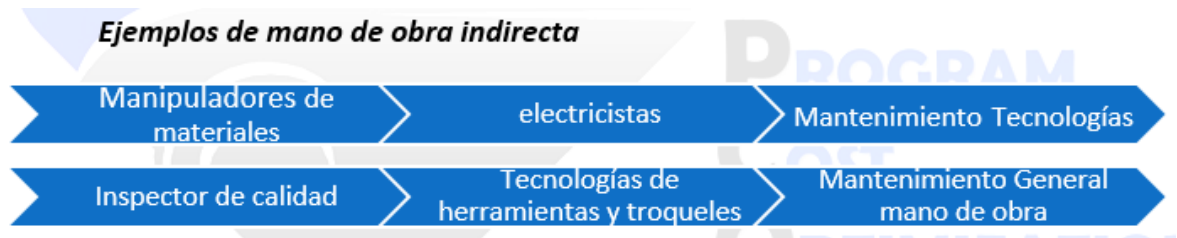


Figura n.º 9. Ejemplo de mano de obra indirecta

La clasificación del tipo de mano de obra varía según su participación directa o indirecta en la fabricación de los automóviles

3.7.4. Proceso de manufactura

A. **Carga fija y/o Variable.** La carga es todo el costo de la planta en el que se incurre con la planta, aparte de la mano de obra directa y el costo de los materiales directos. En la Figura No.11 se pueden encontrar ejemplos de cada fijo y variable.



Figura n.º 10. Ejemplo de carga fija y variable

Aquellos costos que no varían en periodos largos son considerados fijos. Caso contrario, son considerados costos variables

B. **Costo de reemplazo del equipo.** Al considerar el costo del equipo de fabricación, siempre considere el costo de reemplazo (equipo nuevo) para evitar subestimar un componente. Si durante el proceso de selección de proveedores, conoce la antigüedad y la depreciación del equipo de ese proveedor, está bien usar sus datos específicos.

- C. **Proceso de ensamblaje.** Según el tipo de componente, podría ser un proceso de ensamblaje con todas las piezas compradas o algunas piezas también se fabrican y se completan con el ensamblaje.
- D. **Tiempos de ciclo.** Se considera el tiempo total que lleva fabricar una pieza completamente ensamblada. El tiempo se puede dividir en 2 categorías; tiempo de ciclo de máquina y tiempo de ciclo manual. El tiempo de máquina es el tiempo total que tarda la máquina en completar una operación. El tiempo de ciclo manual es el tiempo que un operador pasa cargando, descargando, caminando hacia la máquina o para obtener piezas.
- E. **Automatizado y/o manual.** Un proceso automatizado se considera una máquina que opera por sí misma con poca o ninguna interacción. Un proceso manual es donde un operador usa sus manos para completar la operación. Ejemplos de operación manual serían coser, ensamblar, cortar, etc. Por ejemplo: Mano de obra directa automatizada = 0, Mano de obra directa manual >0
- F. **Equipo dedicado y/o compartido.** El equipo que se usa para una operación que puede usarse para otros OEM se considera equipo compartido. LA EMPRESA solo paga por el tiempo que usamos la máquina para nuestros productos. La verificación se puede lograr a través de los formularios Run at Rate. Corresponde al proveedor llenar el tiempo disponible en el equipo. Si el equipo está

completamente dedicado a La Empresa, la máquina se depreciará por completo al precio por pieza para ese programa o varios programas.

G. Turnos de planta 1,2,3. El número de turnos será estándar dentro del sistema TcPCM en función del proceso de fabricación. Si se conoce un proveedor/ubicación específica y se han verificado los turnos, está bien usar datos específicos de la planta.

H. En proceso /desecho de fin de línea. La chatarra en proceso es chatarra que ocurre dentro de la línea de fabricación. El desecho al final de la línea se produce cuando un defecto o una pieza no cumple con las especificaciones. El material no solo se considera chatarra, sino que también ha agregado pérdida en el tiempo de la máquina y cualquier mano de obra asociada a esa chatarra.

I. Material de empaquetamiento desechable y/o retornable.

- El material de empaquetamiento fungible puede considerarse el empaque interno dentro de un contenedor retornable de La Empresa o el contenedor mismo para llevar el producto a una ubicación de fabricación de La Empresa. Ejemplos serían cajas de cartón, separadores, bolsas de papel o antiestáticas.
- La Empresa también suministrará material de empaquetamiento retornable donde lo dejará en el proveedor durante una recolección. A veces hay divisores

internos y otros artículos que podrán reutilizarse y enviarse de vuelta al proveedor.

J. OEE (Eficiencia Global de la Máquina). Se considera un 85 % de uso estándar en el TcPCM. OEE es una métrica que identifica el porcentaje de producción planificada que es realmente productiva. La metodología de costos definió OEE que abarca todos los descansos, almuerzos, tiempo de inactividad, mantenimiento, etc., que está predeterminado en 85 % a menos que el equipo de CKM (*Cost Knowledge Management*) determine lo contrario.

K. Secuenciación. La secuenciación es cuando los componentes o piezas para una línea de ensamblaje llegan justo a tiempo según el programa de construcción a nivel del vehículo del OEM. Puede ocurrir en el proveedor o en un almacén de secuenciación de terceros.

L. ED&D (Diseño de Ingeniería y Desarrollo). Consta de algunos o todos los siguientes: operador de CAD, ingeniero de diseño, pruebas de VD (Validación de Diseño), pruebas de VP (Validación de Producción) y tal vez un ingeniero en el sitio. Estos no deben ser parte de los gastos de venta, generales y administrativos normales y deben enumerarse como un elemento de línea separado dentro de una estimación.

M. SG &A (Ventas, General y Administración)

- Suma de todos los gastos de venta directos e indirectos, así como de todos los gastos generales y administrativos de una empresa.
- Los gastos de venta, generales y administrativos se calcularán como un porcentaje basado en el costo de los bienes vendidos.
- Los gastos de venta, generales y administrativos incluirán el costo de manejo y no serán un elemento separado.
- Cada producto básico tendrá su propio porcentaje de gastos de venta, generales y administrativos en TcPCM.

N. Margen de ganancia (*profit*)

- Se calculará como un porcentaje basado en COGS (Costo de Bienes Vendidos)
- Cada commodity tendrá su propio porcentaje de beneficio en TcPCM

3.8. Otros sistemas de la empresa automotriz

- CKM (Cost Knowledge Managment): equipo dentro del área de “Global Purchasing and Supply Chain” en la empresa de la industria automotriz, es la que se encarga de analizar, recopilar y estandarizar la información de costos de manufactura en la industria por región como mano de obra por hora, tipo de cambio, costo máquina, costo de agua, luz y gas y generar documentos y bases de datos internas en La Empresa.

- GDM (Global Document Management): repositorio interno de la empresa automotriz para almacenar documentos relevantes para el negocio. El equipo de CKM almacena la información que genera en GDM
- SQSM (Supplier Quality System Management): el Sistema de Gestión de Calidad del Proveedor (SQMS) se utiliza para almacenar y comunicar los documentos y el estado del Proceso de Aprobación de Piezas de Producción (PPAP). Brinda la capacidad de crear planes de acción PPAP, rastrea su aprobación y cierre.

3.9. Six sigma

Gutiérrez (2010) define la **metodología Six Sigma** como una metodología de mejoramiento de procesos logísticos que busca una mejora continua por medio de eliminación de desperdicios o “scrap”, a través de su enfoque de satisfacción al cliente basándose en los hechos y datos, con el propósito de reducir la cantidad de defectos. Se minimiza la variabilidad a un nivel de 6σ .

Gutiérrez (2010) indica que esta herramienta se soporta en la utilización de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), partiendo de la identificación, medición, análisis y definición de la oportunidad de mejora de la gestión de distribución, considerando los factores graves hasta la implementación, mejoramiento y control. El termino Six Sigma es una medida estadística y para analizar se emplea una medida de desempeño denominada Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO) representado en la Figura No. 12. Son medidas referenciales que permiten establecer comparaciones de calidad y defectos de organizaciones de

diferentes estructuras, tamaños y características. La variabilidad ideal de un proceso es la de 6σ la cual arroja 3,4 defectos por millón de oportunidades. A medida se disminuye el valor de σ , aumenta la frecuencia de errores y de la variabilidad del proceso. De manera gráfica se puede ver a continuación en la Figura No.12 los diferentes niveles de DPMO.

| nivel de sigma | Defectos por millón de oportunidades |
|----------------|--------------------------------------|
| 6 | 3,4 |
| 5 | 233 |
| 4 | 6210 |
| 3 | 66807 |
| 2 | 308537 |
| 1 | 690000 |

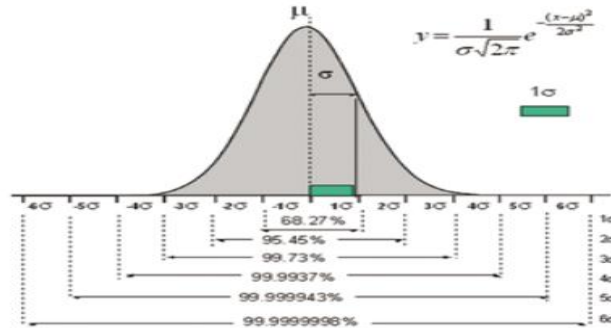


Figura n. • 11. DPMO para niveles de sigma (σ)

Tomado de Gutiérrez, 2010

La metodología fue desarrollada por Motorola en los 90 % para la ejecución constante de proyectos de mejoras de metodología en cinco pasos las cuales son: Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control. Sus siglas son del acrónimo del inglés de los pasos descritos.

- A. **Definir:** se establece como se está haciendo, que es lo importante, los objetivos, los requerimientos para el cliente críticos, Documenta el proceso, se arma el equipo de trabajo.

- B. **Medir:** se mide el desempeño del área de estudio o proceso, se define qué se va a medir, desarrolla y valida el sistema de medición.
- C. **Analizar:** Se profundiza sobre lo que está mal y se busca sus causas, analiza y determina las causas origen de los problemas, se entiende la variación e identifica las causas potenciales, desarrolla y prueba la hipótesis.
- D. **Mejora:** etapa donde se responde la pregunta ¿qué se necesita hacer? se llevan a cabo las mejoras y se cuantifican soluciones en potencia, se selecciona la solución definitiva, se discute y se ajusta la solución.
- E. **Control:** etapa donde se debe garantizar en el tiempo el desempeño. Se implementa la mejora, indicadores, modificaciones, etc. Se estandarizan las mejoras. Surgen nuevos problemas y se inicia un nuevo proceso

CAPÍTULO IV.

SOLUCIÓN PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN

La solución del proyecto consta del desarrollo y la implementación de la herramienta de software en PPCO para la integración, unificación de distintas bases de datos y automatización de análisis de costos de material de partes. Por consiguiente, se detalla el proceso del desarrollo, la integración e implementación del nuevo software, a la gestión del departamento de estimación de costo.

El proyecto desarrollado en este trabajo propone la integración de los sistemas de diferentes áreas y la unificación de bases de datos para mejorar la eficiencia y la utilización de la información generada por los distintos equipos en la organización. Adicionalmente, de acuerdo con el artículo referido anteriormente en el marco teórico podemos pronosticar un impacto en la innovación y el crecimiento de nuestros equipos (Cash, Jr., Earl, Morison, 2008).

Este punto de estudio es clave para La Empresa de objeto de este trabajo ya que uno de los puntos críticos identificados por la administración general y los líderes de la misma es justamente la innovación de sus áreas organizacionales. Este proyecto tiene como objetivo secundario fomentar dicha innovación y como consecuencia incrementar la eficiencia y el crecimiento de la organización.

Se enfatiza la importancia de la integración de los sistemas en una empresa alrededor de todas las áreas funcionales de la misma como catalizador para la innovación y el crecimiento de la organización implementando infraestructuras comunes entre áreas, bases de datos

compartidas y sistemas corporativos multifuncionales lo cual esta soportado por el artículo de Harvard Business School mencionado arriba (Cash, Jr., Earl, Morison, 2008).

4.1. Planteamiento de la solución

Una vez desarrollado e identificado los problemas del área PPCO, así como las oportunidades de mejora de la situación actual, se procede a la ejecución del proyecto, partiendo de dos principios fundamentales, como lo son:

La integración de datos y la automatización de análisis. En el primer caso, a través de la unificación y estandarización de los datos, en las diferentes áreas de la empresa. Y, en segundo lugar, a través del trabajo en conjunto con el área de desarrollo para que el software haga el análisis correcto y muestre los resultados según las necesidades del área de PPCO (ver Figura N° 13)

Para ello, como primera fase de desarrollo, el investigador planteó el desarrollo de un prototipo con las siguientes acciones a grandes rasgos:

1. Desarrollo de algoritmo para unificar cotizaciones de proveedor de todos los formatos distintos en una base de datos centralizada.
2. Desarrollo de algoritmo para limpiar, corregir, estandarizar datos maestros de cotizaciones de proveedores (número de parte, región, descripción, nombre de proveedor).

3. Desarrollo de código y arquitectura para extraer datos de estimados internos de GMCO\$T conectándose a bases de datos internas.
4. Desarrollo de algoritmo para limpiar, corregir, estandarizar datos maestros de estimados internos (número de parte, región, descripción).
5. Desarrollo de infraestructura para conectar las bases de datos creadas con bases de datos existentes en La Empresa, con relevancia para el costo de material como CKM (Cost Knowledge Management) y SQSM (Supplier Quality System Management).
6. Negociación con áreas y clientes internos para acceso a bases de datos protegidas exponiendo beneficios para la compañía.
7. Desarrollo de modelo y arquitectura para correlacionar entre sí todas las bases de datos disponibles utilizando los datos maestros y un identificador único creado en cada base de datos.
8. Desarrollo de interfaz con el usuario utilizando tableros en Power BI.
9. Entrenamiento a equipo de estimación de costos PPCO para mejorar disciplina sobre los problemas organizacionales identificados en la situación actual:
 - a. Estandarización de estimaciones de costo dentro de GMCO\$T.
 - b. Publicación de estimados de manera constante y sistemática.

- c. Estandarización en el nombramiento/identificación de los estimados internos para hacer posible la identificación, monitoreo y correlación de estimados internos con distintas bases de datos.

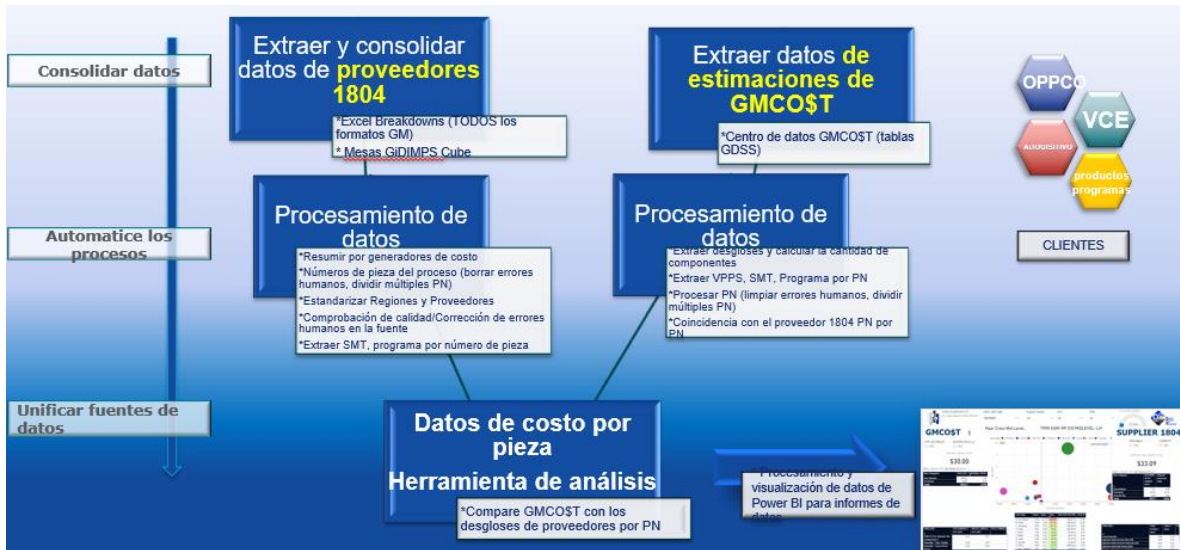


Figura n.º 12. Fase de desarrollo de prototipo

Descripción de las fases del proyecto, tanto para el análisis de costo de datos para proveedores, como para los estimados internos de La Empresa

4.2. Desarrollo de prototipo

El procesamiento de la información en la prueba de concepto es de forma semi automatizada con algunos procesos manuales descritos a continuación:

Como prueba piloto se seleccionó un vehículo en específico de la empresa en curso, tipo pick-up en sus versiones SUV, Heavy Duty y Light Duty, los cuales consisten en un total de 3,219 partes y un total de \$298,835 dólares que si lo multiplicamos por el volumen de producción anual de cada una de las partes nos da un total de \$18.3 billones de dólares que La Empresa le paga anualmente a cada proveedor para producir esta gama de vehículos.

En seguida, se pidió a los compradores en el área de compras que almacenaran todos los desgloses de cotizaciones disponibles en los discos compartidos designados anteriormente para esta función ya que anteriormente esta información se encontraba esparcida y almacenada en los discos duros locales de las computadoras de cada comprador, por lo cual el acceso a la información era muy difícil e ineficiente como se describió en el análisis de situación actual anteriormente (referirse a la Figura n.º 4).

4.2.1. Consolidación de datos y automatización de procesos de análisis de Cotizaciones de proveedor

Con lo anterior se desarrolló un algoritmo en Visual Basics, mencionado anteriormente, capaz de extraer la información proveniente de los proveedores, la cual se dispone en 6 formatos distintos (ver Figura No.14). De igual forma, el algoritmo permite resolver errores comunes en esta fase de extracción de datos.

Diferentes Formatos de cotizaciones de proveedor aceptados por la OEM Automotriz a lo largo del tiempo

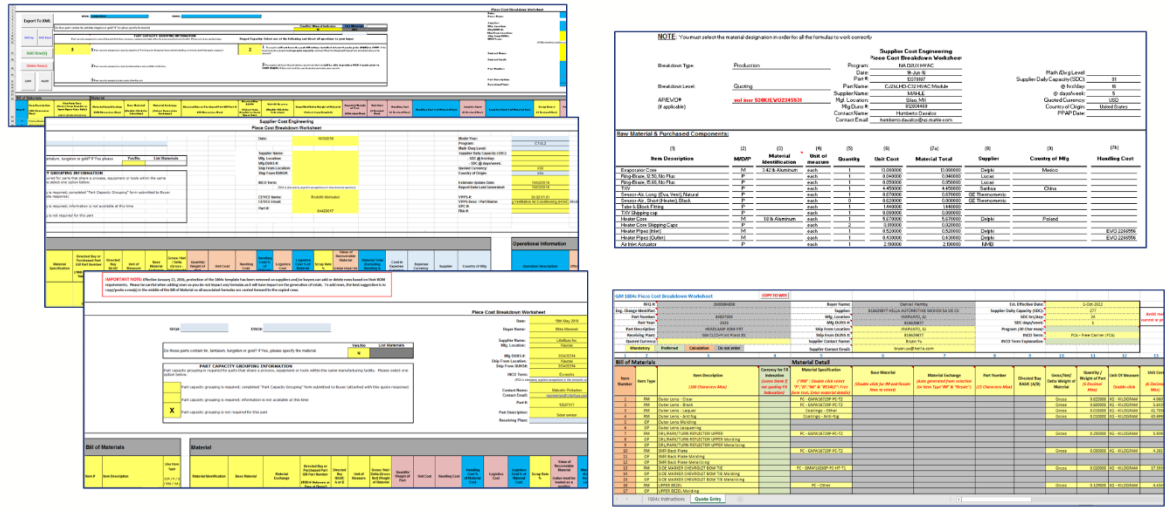


Figura n.º 13. Formatos digitales permitidos por la empresa

Los formatos estandarizados mostrados permiten ser usados por el software para extraer la información de los proveedores

Este algoritmo es capaz de leer toda la información de las cotizaciones de proveedores, analizarla y ordenarla en dos tipos de bases de datos; la primera, resumida por factores de costo de parte y la segunda, mostrando el desglose total del costo de la parte. Ambas bases de datos cuentan con un identificador único para cada cotización que sirve para correlacionar una con la otra (ver Figura N° 15)

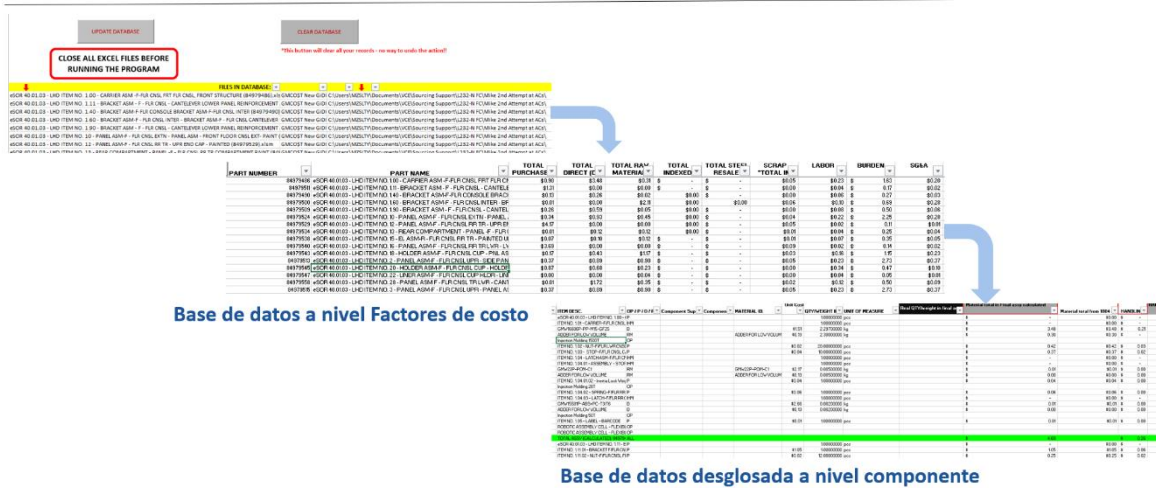


Figura n.º 14. Transición entre las bases de datos en Excel y el prototipo

Nótese que la transición de datos ofrece al usuario un orden y filtrado de la información de interés

El algoritmo, además de unificar la información, también es capaz de identificar problemas con la calidad de la información que requieren de intervención humana para su corrección, cuando estos problemas son identificados, el comprador responsable de la parte en curso debe contactar al proveedor y pedir la corrección oportuna de la cotización funcionando como un control de calidad que no existía anteriormente.

Extracción de Datos de cotizaciones de proveedor

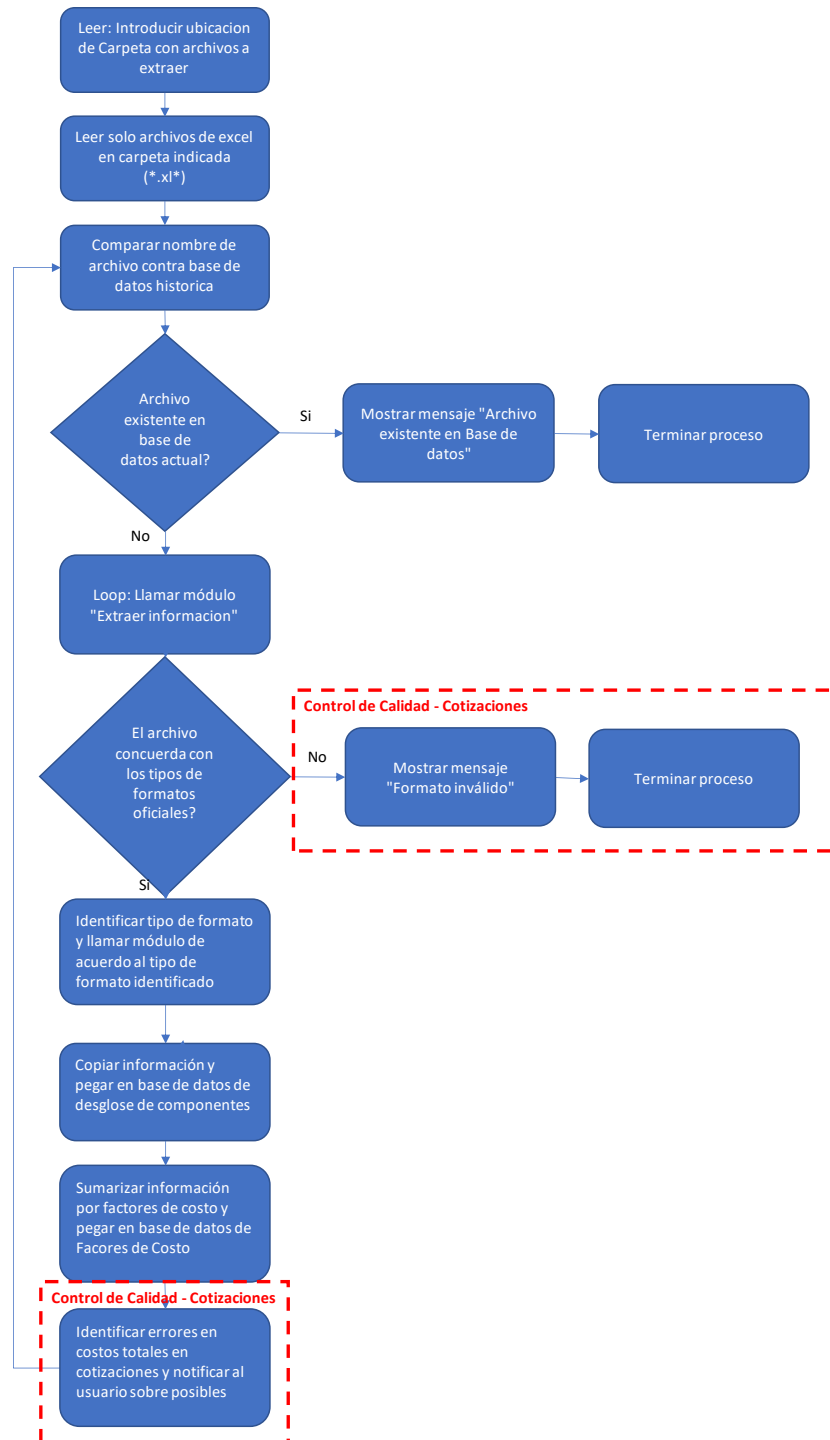


Figura n.° 16. Flujo de algoritmo para identificar formatos oficiales de cotizaciones de proveedor y extracción de datos, así como la implementación de distintos tipos de controles de calidad inexistentes anteriormente

Como se muestra en el diagrama de la Figura n.º16, el algoritmo para unificar y estandarizar la base de datos de las cotizaciones de proveedor funciona, en primer lugar, con la entrada de la ubicación de la carpeta de almacenamiento de las cotizaciones que el usuario desea agregar a la base de datos, esta ubicación es introducida por el usuario manualmente a la herramienta.

Una vez con la ubicación de la carpeta a leer, la herramienta revisará el formato de la ubicación introducida y notificará al usuario si el formato es incorrecto o en segunda instancia, si la carpeta indicada no cuenta con archivos disponibles para leer.

En seguida el código creará un arreglo con los nombres de todos los archivos tipo Excel existentes en la carpeta indicada y con esto el código de la herramienta entrará en un ciclo tan largo como el tamaño del arreglo. Dicho arreglo se comparará en seguida con una matriz interna en la herramienta, la cual lleva un registro de los archivos históricos existentes en la base de datos actualmente.

Si dicha comparación entre el arreglo generado por la herramienta contra la matriz de archivos existentes en la base de datos arroja algún duplicado (nombre de archivo coincidente entre las dos partes), la herramienta notificará al usuario que dicha cotización ya existe en la base de datos e ignorará dicho archivo evitando así tener información duplicada en la base de datos de cotizaciones de proveedor. De ser así, la herramienta pasará a la siguiente entrada en el arreglo.

En caso de que el archivo en curso no tenga duplicados existentes entonces el código llamará al módulo para extraer la información interna en la cotización del proveedor.

El módulo para extraer la información de las cotizaciones empieza con un código para identificar el tipo de formato de la cotización del proveedor en curso (referirse a la Figura n.º14). Para esto, el código lo que hará será mapear cada una de las hojas de los archivos de Excel a leer, ubicando elementos clave de cada formato (por ejemplo, títulos, palabras, campos, colores de celdas, etc.) que son únicos y representativos de cada formato.

Debido a la alta variabilidad de manipulación externa de los formatos, el código permite excepciones en donde, si los formatos coinciden con la mayoría de los elementos clave, procederá a hacer ciertas correcciones automatizadas (como agregar o eliminar columnas-líneas innecesarias) y posteriormente la extracción de la información, de la misma manera que lo haría con un formato completamente estándar.

En caso de que el mapeo del archivo en curso no arroje ninguna coincidencia con ninguno de los formatos reconocidos por La Empresa, entonces la herramienta notificará al usuario que el archivo en curso no pertenece a los formatos oficiales y sugerirá al usuario revisar el archivo para confirmar errores y exigir al proveedor entregar la cotización en un formato aceptable.

Este es el paso en el control de calidad que previamente no existía. Los compradores al correr esta herramienta podrán saber qué archivos son inaceptables y necesitan exigir correcciones al proveedor inmediatamente.

Una vez que el código identificó el tipo de formato con el que está trabajando el código llamará a un módulo específico para extraer la información de exactamente el tipo de formato identificado (hay un código diferente para cada formato o variaciones).

El proceso para extraer no será descrito a detalle por efectos de practicidad ya que es muy extenso y está fuera del contexto de este trabajo. Sin embargo, conceptualmente para la extracción de la información, el código lee línea por línea, enfocándose en las celdas de interés y transfiere la información de estos archivos a las bases de datos normalizadas de la herramienta.

Con esto se logra la unificación de todos los archivos a leer y al mismo tiempo la estandarización de todos los formatos en uno mismo.

Simultáneamente, conforme el código va leyendo línea por línea y transfiriendo la información a las bases de datos, también va agregando el costo de los componentes a cada factor o categoría de costo, identificando el tipo de costo de cada línea y asignándolo a la categoría correcta.

Con esto, la salida de la herramienta serán dos bases de datos: una línea por línea con el desglose completo y a más bajo nivel de todos los componentes en el archivo y la segunda, un resumen del ensamble desglosado por factores de costo el cual

muestra la suma de todos los componentes de la cotización por cada categoría. El código generará un identificador único (one to many) para correlacionar ambas bases de datos.

Es importante mencionar que, durante el proceso descrito anteriormente, el código hace la recreación y un cálculo automatizado de la cotización en una nueva base de datos, esto significa que la suma de todos los componentes y cantidades debe coincidir con el resumen por categorías de costo, y más importante, con el costo total reportado por el proveedor.

El código hará dicha comparación automáticamente y si encuentra alguna discrepancia en cualquiera de los niveles notificará al usuario sobre una inconsistencia en los costos de la cotización. Al mismo tiempo identificará la línea exacta en el desglose que está causando dicha discrepancia y sugerirá al usuario revisar el archivo para confirmar, eso representa el segundo nivel en el control de calidad antes inexistente; con esto, el usuario puede saber inmediatamente qué cotizaciones necesitan correcciones y explicaciones de parte del proveedor y saber la ubicación exacta del error en la cotización, sin necesidad de desperdiciar mucho tiempo analizándola desde cero.

La Figura n.º17 y n.º18 muestran ejemplos reales de estos casos en las que las cantidades totales no coinciden entre lo calculado por la herramienta y lo reportado por el proveedor y la manera en la que la base de datos (representada en Excel en este ejemplo) resaltará las celdas en color naranja, señalando que existe una discrepancia en el costo y el usuario debe revisar con el proveedor.

Existen muchas posibles causas de inconsistencias en las cotizaciones, desafortunadamente. Ya que la manipulación de estos archivos es manual por parte del proveedor, los errores humanos son incontables, sin embargo no todas las causas son simples errores. En ocasiones, el proveedor esconderá o modificará fórmulas de cálculo del costo total, agregando costos no declarados o desglosados al costo total de las partes intencionalmente y es en estas situaciones que el código de la herramienta desarrollada funciona como un control de calidad temporal que no existía antes.

Otra posible causa es que simplemente las fórmulas del archivo original sean erróneas por los archivos corruptos, por lo tanto, dando un resultado erróneo. De cualquier manera, el no tener el costo final correcto puede perjudicar a la Empresa ya sea pagando más dinero del debido por un mismo componente o menospreciando componentes que deberían tener un costo mayor.

Gran total

- La herramienta calcula el "total general (calculado) en la columna ""S"" y es la suma de todos los segmentos de costos de la columna C-R.
- Esto se utiliza como ""Control de calidad"" del 1804:
 - si la columna ""S"" es BLANCO, significa que coincide con el valor de la columna ""T"" y que el 1804 está bien.
 - si la columna ""S"" NO coincide con la columna ""T"", la celda se pintará en ""NARANJA"", lo que significa que el 1804 presenta un problema muy probablemente debido a una alteración por parte del proveedor.

| S | T |
|---------------------|----------------|
| GRAN | GRAN |
| TOTAL (Calculado) ▼ | TOTAL (Raiz) ▼ |
| 120.70 | 117.62 USD |

- Se recomienda revisar el archivo original para determinar cuál es el problema en el archivo del proveedor y solicitar una corrección al proveedor

Figura n.º 17. Ejemplo de una discrepancia en costo total calculado por la herramienta (a la izquierda) y el reportado por el proveedor (a la derecha).

Material Total en el conjunto final Calculado

- La herramienta calcula este campo como un "Control de calidad" del proveedor 1804.
- Este campo es = Costo unitario * CANTIDAD/PESO EN ENSAMBLE PRINCIPAL
- Este campo tiene que coincidir con el valor de la columna "L".
- Si el valor en la columna "K" y la columna "L" coinciden, la celda estará BLANCA y significa que el 1804 está bien.
- Si el valor en la columna "K" y la Columna "L" NO coinciden, la celda será NARANJA y significa que el proveedor 1804 presenta un error por una alteración de las fórmulas por parte del proveedor.

| G | H | I | J | K | L |
|----------------|--|------------------|---|---|------------------------|
| Costo unitario | CANTIDAD/PESO EN EL CONJUNTO PRINCIPAL | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD/peso real en el ensamble final (solo para GMCOST 1804) | Material total en el ensamble final calculado | Material total en 1804 |
| \$ 1.22 | 8.19000000 | KG - KILOGRAM | | \$ 10.00 | \$ 10.00 |
| \$ 4.47 | 1.00000000 | EA - EACH | | \$ 4.47 | \$ 4.47 |
| \$ 0.95 | 1.00000000 | EA - EACH | | \$ 0.95 | \$ 1.10 |
| \$ 2.36 | 1.00000000 | EA - EACH | | \$ 2.36 | \$ 2.36 |
| \$ 0.40 | 1.00000000 | | | \$ 0.40 | \$ 0.45 |
| | | | | \$ - | \$ - |
| | | | | \$ - | \$ - |
| | | | | \$ 9.65 | \$ - |

- Se recomienda verificar el archivo original para determinar el problema y solicitar una corrección al proveedor.

Figura n.º18. Ejemplo de una discrepancia en costo total de material calculado por la herramienta (Columna K) y el reportado por el proveedor (Columna L). Estos costos son dependientes del costo unitario del material multiplicado por la cantidad o peso del material utilizado, una aritmética sencilla que tiene una sola respuesta correcta, sin embargo, en este ejemplo podemos ver que el costo reportado por el proveedor no coincide con la fórmula y es necesaria una corrección al archivo original por parte del proveedor.

Una vez obtenida la información de todas las cotizaciones de proveedor disponibles en los discos compartidos de compras (tarea que se repite con una frecuencia específica acordada previamente por el equipo), el algoritmo corre otra parte del código diseñada para procesar la información obtenida. Este procesamiento de información involucra las siguientes tareas:

- Resumir desgloses en factores de costo.
- Procesamiento de números de parte (limpiar errores humanos, limpiar números de parte, remover caracteres inválidos, completar números de parte incompletos, separar números de parte concatenados, etc.).

La Tabla No.4 abajo muestra ejemplos de cómo se automatiza la limpieza de números de parte y región.

Tabla n.º 4

Ejemplos de diferentes entradas y salidas en el proceso de Automatización de limpieza de datos de números de partes (esta tabla es solo un extracto para ejemplificar).

| Número de parte procesado por el algoritmo | ORIGINAL Número de parte en Cotización | Región | Fecha |
|--|--|-------------|--------------|
| 23358752 | 23358752 & 23358753 | USA | 5/7/2015 |
| 23358753 | 23358752 & 23358753 | USA | 5/7/2015 |
| 84179558 | 84179558 (was 84160120_22998620) | USA | 6/23/2016 |
| 84160120 | 84179558 (was 84160120_22998620) | USA | 6/23/2016 |
| 22998620 | 84179558 (was 84160120_22998620) | USA | 6/23/2016 |
| 13508377 | 5 Stud, NonDrive (LA EMPRESA 13508377) | South Korea | 11/10/2015 |
| 23375682 | 23375682E==>84265772A | USA | 7/25/2018 |
| 84265772 | 23375682E==>84265772A | USA | 7/25/2018 |
| 84095734 | 84095734 / 84095725/84255646 | Mexico | 1/30/2018 |
| 84095725 | 84095734 / 84095725/84255646 | Mexico | 1/30/2018 |
| 84255646 | 84095734 / 84095725/84255646 | Mexico | 1/30/2018 |
| 23379199 | 23379199 / 200 | USA | 7/6/2015 |
| 23379200 | 23379199 / 200 | USA | 7/6/2015 |
| 84361747 | 84361747; 84361755; 84361756; 84361769; 84361770 | Mexico | 4/11/2018 |
| 84361755 | 84361747; 84361755; 84361756; 84361769; 84361770 | Mexico | 4/11/2018 |
| 84361756 | 84361747; 84361755; 84361756; 84361769; 84361770 | Mexico | 4/11/2018 |
| 84361769 | 84361747; 84361755; 84361756; 84361769; 84361770 | Mexico | 4/11/2018 |
| 84361770 | 84361747; 84361755; 84361756; 84361769; 84361770 | Mexico | 4/11/2018 |
| 23366513 | 23366513, 23366516, 23366517 | USA | 11/3/2015 |
| 23366516 | 23366513, 23366516, 23366517 | USA | 11/3/2015 |
| 23366517 | 23366513, 23366516, 23366517 | USA | 11/3/2015 |
| 23391619 | 23391619 (Expendable) | Mexico | Sept-10-2019 |
| 23383027 | 23383027/8 | USA | 10/13/2016 |
| 23383028 | 23383027/8 | USA | 10/13/2016 |

La limpieza de códigos de número de parte permite estandarizar la información

4.2.1.1. Estandarizar los identificadores por regiones.

La Tabla N° 5 que se muestra a continuación, es solo un extracto para mostrar un ejemplo de cómo el algoritmo estandariza las regiones de producción de parte con

diferentes denominaciones. El algoritmo lee la región de cada cotización la cual debe coincidir con alguna denominación del lugar de producción en la tabla. Después de la coincidencia el algoritmo le asigna el nombre estándar de la región que en este caso está mostrado en el encabezado de cada columna.

En el escenario en que el código no encuentre una coincidencia en la matriz la herramienta notificará al usuario que la región en curso no ha sido identificada previamente y pedirá asignarle una región estándar existente en la matriz (agregando una nueva línea bajo la columna correcta) o bien la creación de una nueva región estandarizada (una nueva columna en la matriz). Este proceso debe mantenerse de esta manera hasta que el sistema de cotización de proveedores sea más robusto para evitar introducir nombres no estandarizados por región.

Tabla n.º 5

Automatización de limpieza de datos por región (esta tabla es solo un extracto para ejemplificar, no es la matriz completa utilizada por el código, ya que esta es una matriz viva que se va actualizando automáticamente a medida en que el código encuentre nuevos nombres de Región no existentes en la matriz actual).

| Mexico | USA | Canada | China | South Korea | German y | Czech Republic | Spain | Brazil | Thailand | Japan | Argentina | Malaysia | Vietnam | Romania |
|-----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-----------------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Aguascalientes | Saginaw | Newmarket | China | Daejeon | Hallstadt | Czech Republic | Spain | Brazil | Thailand | Japan | Argentina | Malaysia | Hai Phong | Romania |
| Irapuato | Thompson Road | Oakville | Kunshan | Jecheon-si | Germany | Czech | | Bz | Thai | | Arg | Penang | Vietnam | Sibiu |
| San Martin Texmelucan | North Vernon | Bradford | Hebi | Yangsan-Si | | CZ | | Bra | TH | | | MY | VIETNAM | |
| Queretaro | Rodney | Belleville | Ningbo | Yangsan | | | | BR | | | | | VN | |
| Guadalajara | Detroit | Canada | Kuangyan | Korea | | | | | | | | | | |
| Monterrey | Austin | Concord | Henan | Chungbuk | | | | | | | | | | |
| Ramos | New Boston | Corcoran | Cixi | Jecheon | | | | | | | | | | |
| Ramos Arizpe | FENTON | Gwillimbury | Zhejiang | Gyeongsangnam | | | | | | | | | | |
| Apodaca | Grand Haven | Ont | CN | South Korea | | | | | | | | | | |
| Saltillo | Oklahoma | Ontario | Nantong | KR | | | | | | | | | | |
| Arteaga | IOWA | ON | Shanghai | | | | | | | | | | | |
| San Jose Itrubide | Ortonville | CA | | | | | | | | | | | | |

El software centraliza los datos y ordena por región, en vista a que cada región tiene características propias, que la distingue del resto.

- Estandarizar los identificadores de nombres de proveedor. De manera similar a la estandarización de regiones, la Tabla N° 6 mostrada a continuación, es un extracto para mostrar cómo el algoritmo identifica los diferentes nombres de un proveedor y utiliza el nombre estándar de la primera columna para estandarizar la información resultante.

Tabla n.º 6

Automatización de limpieza de datos de nombres del proveedor (esta matriz es solo un extracto para ejemplificar, no constituye la matriz completa utilizado por el código en producción).

| Nombre de proveedor estándar | Diferentes nombres posibles | |
|--|---|--|
| ABC | ABCgroup UPG | ABC – MSB II |
| Autoneum | Autoneum Canada | Autoneum Mexico |
| Bend All Automotive Inc. | Bend All | Bend-all |
| Bosch | Robert Bosch LLC | Robert Bosch Starter Motors Generators LLC |
| Cooper Standard Automotive | Cooper Standard | Cooper |
| Cosma – Presstran Industries | COSMA / LMV | Cosma, Maple Stamping |
| DYNA MIG MFG, A DIVISION OF F&P | DYNA MIG, A Division of F&P Mfg. Inc. | Dyna-Mig |
| F& P America | F&P de Mexico | F&P de Mexico Mfg Inc. |
| FORMEX | FORMEX AUTOMOTIVE INDUSTRIES | FORMEX MEXICO |
| Henniges Automotive | Henniges | HENNIGES AUTOMOTIVE SEALING SYSTEMS |
| Kirchhoff Automotive | Kirchhoff Van-Rob | Kirchhoff |
| Magna | Estampados Magna | Magna – Engineered Glass Division |
| MANN+HUMMEL | Mannhummel | mann & hummel |
| Martinrea | Industrias Martinrea de Mexico S.A. de C.V. | MARTINREA DEVELOPMENTS DE MEXICO SA |
| Multimatic – Inmetmatic | Multimatic Dynamic Suspensions | Multimatic Indiana |
| Neuman | Neuman Aluminium Raufoss México, S.A. de C.V. | Raufoss Automotive Components CA, G.P. |
| Rassini | Rassini Brakes, LLC | Rassini S.A. de C.V. |
| SAN LUIS METAL FORMING | SLMF | San Luis Metal Forming |
| VALEO | Valeo North America Inc. | Valeo USA |
| ZF TRW | ZF SAA | TRW |

La estandarización de los nombres permite una consolidación más rápida para el análisis de la información

- Extraer código de vehículo de la cotización.
- Extraer tipo de componente a la que la parte pertenece.

4.2.2. Consolidación de datos

Por el otro lado, los estimados internos se encuentran en bases de datos alimentadas por el sistema de GMCOST, de la misma manera como las cotizaciones de proveedores, una resumiendo factores de costo y otra mostrando el desglose completo.

4.2.3. Automatización de procesos de análisis de GMCOST

El prototipo desarrollado en código SQL se conecta a las bases de datos de GMCOST y descarga la información de las dos bases para después dar lugar a un segundo código desarrollado en Visual Basics para procesar la información.

El procesamiento de la información en esta instancia corresponde a las tareas abajo:

- Cálculo de cantidad de componentes dentro del ensamble
- Extracción de código de programa del estimado
- Extracción tipo de componente a la que la parte pertenece
- Procesamiento de números de parte (limpiar errores humanos, limpiar números de parte, remover caracteres inválidos, completar números de parte incompletos,

separar números de parte concatenados, etc.). Este paso se logra con la misma metodología que se ejemplificó en la sección de cotizaciones de proveedor.

4.2.4. Comparativa de estimados internos y cotizaciones de proveedor

Teniendo la información normalizada de proveedores y estimados internos con bases de datos equivalentes y correlacionables, el algoritmo corre otro proceso para correlacionar las bases de datos utilizando los datos maestros (número de parte y región).

Para este concepto, la definición de una correlación entre un estimado interno y una cotización de proveedor se describe abajo:

En el prototipo, la correlación se realiza por número de parte como primer nivel (los números de parte tanto del proveedor como de GMCO\$T se "limpian" con un código de procesamiento de VBA previamente).

Una correlación en el prototipo significa que existe exactamente el mismo número de parte en ambos conjuntos de datos, por lo tanto, la herramienta puede emparejarlos y compararlos entre sí.

Un número de parte puede tener múltiples estimaciones de GMCO\$T y/o múltiples cotizaciones de proveedores. Cuando ocurre esta situación, la herramienta hará coincidir todas las combinaciones posibles, pero diferenciará otros factores como

la región, la fecha o el tipo de estimación según el informe que esté consultando el usuario.

En la Tabla No.7 se ejemplifica lo que se considera una correlación desde el punto de vista del proyecto y el investigador:

Tabla n.º 7

Ejemplo de tipo de correlaciones entre GMCOST y Proveedor con base en Número de Parte y región

| Número de Parte GMCOST | Número de Parte Proveedor | Correlaciones | | Misma Región? |
|---------------------------|------------------------------|---------------|-----------|------------------|
| | | GMCOST | Proveedor | |
| A – Mexico | A – USA | A – Mexico | A – USA | |
| A – USA | | A – USA | A – USA | Same Region |
| A – Canada | | A – Canada | A – USA | |
| | | | | |
| B – Mexico | B – China | B – Mexico | B – China | |
| B – USA | B – USA | B – USA | B – China | |
| B – Canada | | B – Canada | B – China | |
| | | B – Mexico | B – USA | |
| | | B – USA | B – USA | Same Region |
| | | B – Canada | B – USA | |

En los reportes en los que se desee realizar un análisis entre regiones, la herramienta mostrará todas las combinaciones posibles como la tabla anterior.

Algunos reportes limitarán las correlaciones solo a la misma región (como cuando se requieran análisis comparativos transversales de grupos grandes de partes por practicidad y normalización) y otros reportes le darán al usuario la libertad de seleccionar comparaciones entre regiones (es decir, comparación detallada) con el propósito, por ejemplo, de hacer análisis entre regiones para decidir cuál es la región óptima para localizar la producción de alguna parte.

Esto hace posible la comparativa automatizada no solamente reduciendo el tiempo de análisis en un 93% de lo que tardaba anteriormente, considerando que antes de la mejora el

análisis por parte tomaba 3.7 y después de la mejora toma solo 15 minutos de acuerdo con una encuesta realizada al equipo. También hace posible la comparación transversal a gran escala de un número agregado de componentes de acuerdo con el tipo de estudio que se requiera, por ejemplo, análisis por proveedores, por tipo de tecnología, por vehículo, por equipo de estimación, etc. Esta comparativa es mapeada y presentada en tableros de Power BI para la visualización del usuario (ver Figura N° 19).

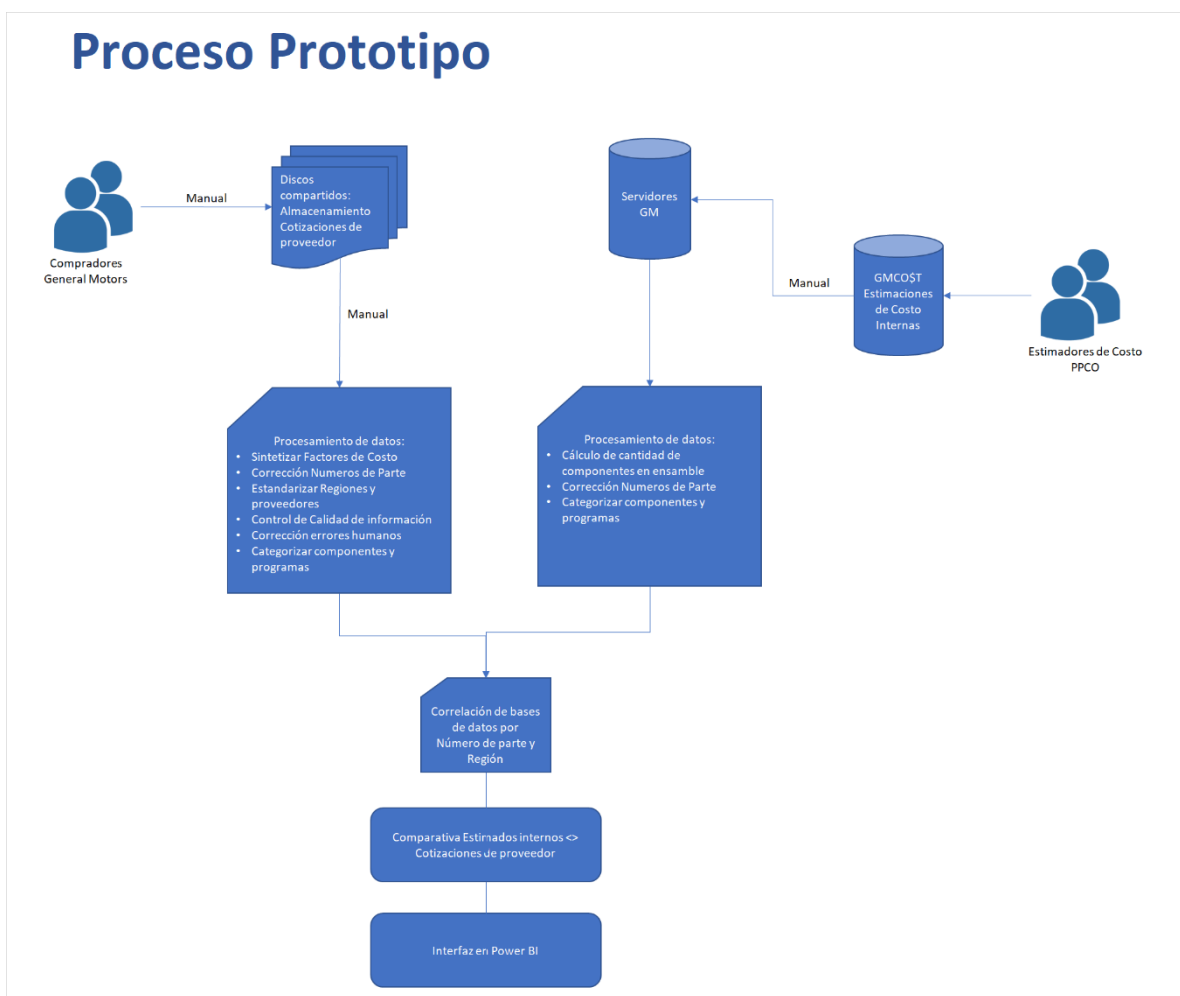


Figura n.° 19. Proceso de ejecución del prototipo. Nótese que el desarrollo del prototipo se realiza por dos vías, manual y a través de los servidores. Para verificar los cálculos resultantes por el software, la salida es información de cotizaciones comparadas en la interfaz Power BI, logrando automatizar la comparativa de datos.

4.3. Prueba de concepto

Teniendo la estructura y el plan a seguir del prototipo o prueba de concepto, se corrió por primera vez el proceso siguiendo todos los pasos descritos anteriormente.

Los primeros tres experimentos se corrieron con una separación aproximadamente de dos semanas entre sí, con la suposición de que con cada nueva corrida del experimento habría más estimados internos disponibles en la base de datos de estimaciones de costo y más cotizaciones de proveedor disponibles en las carpetas compartidas del área de compras (el número de muestras crece con relación al tiempo simplemente por la carga de trabajo cotidiano del área en curso).

Durante estas primeras tres corridas no se implementó un especial control en la manera en la que los estimadores de costo titulan o nombran a las estimaciones de costo dentro del sistema de GMCO\$T. De igual manera, al ser las primeras corridas no se tenía una valoración respecto a la calidad de la información en las cotizaciones de los proveedores.

La cantidad total de partes comprendidas en el vehículo piloto son 3,219, el cual representa todas las partes necesarias para ensamblar estos vehículos seleccionados para la prueba piloto. Sin embargo, de estas 3,219 partes solo existen 1,834 estimaciones internas en GMCO\$T, realizadas por los estimadores de costo, por lo tanto, la cantidad máxima que la nueva herramienta podría analizar y comparar contra cotizaciones de proveedor es de 1,834.

El éxito del proceso de correlación entre bases de datos por parte de la herramienta se medirá respecto a qué tanto la correlación entre estimados internos y cotizaciones se acerque

a este número total de estimados internos disponibles en la base de datos en este punto en el tiempo (1,834 estimados disponibles).

Los resultados de las primeras tres corridas confirmaron algunas de las causas raíz de las deficiencias de nuestros procesos, previamente identificadas en el análisis de la situación actual, haciendo enfoque en aquellas coyunturas relacionadas con el comportamiento organizacional y disciplina para seguir los procesos. Se evidenció la importancia que tienen estos factores para el éxito de un proyecto de tecnología de información, el cual se alimenta de información generada por personas.

Algunos de las observaciones después de la primera corrida del prototipo son:

- Mala calidad en datos de cotizaciones de proveedor.
- Cotizaciones faltantes en discos compartidos por parte de los compradores.
- Estimados internos faltantes en servidores de La Empresa (inexistentes o no publicados).
- Descripción y números de parte incorrectos en identificadores de los estimados internos en GMCO\$T.

A pesar de tener la infraestructura técnicamente funcional del prototipo, estos cuatro factores hacen imposible un análisis significativo a gran escala.

Esto se debe a que la mayoría de la información disponible en las bases de datos era de una u otra manera no identificable, no correlacionable, y se convertía en basura a pesar de

contener información muy valiosa para una empresa automotriz, resultando en un desperdicio de información, el cual limita el potencial de generar información para una mejora en la toma de decisiones y negociaciones más efectivas.

Las primeras tres corridas del prototipo bajo los mismos parámetros, pero con una separación de dos semanas entre una y otra demostraron funcionar técnicamente bien, arrojando comparativas correctas de los números de parte identificables. Sin embargo, el total de partes identificables y correlacionadas entre la base de datos de las estimaciones de costos internas y las cotizaciones de proveedores fue insignificante para poder usar la herramienta de manera representativa ya que solamente el 2%, 3% y 4% del total de componentes a analizar se pudo identificar y correlacionar de manera automatizada, respectivamente. Estos porcentajes se refieren a la cantidad de números de partes existentes y correlacionados en ambas bases de datos al mismo tiempo sobre el total de estimaciones existentes en la base de datos del sistema de estimación de costos GMCO\$T, para el vehículo piloto seleccionado para el experimento (ver Figura N° 20).

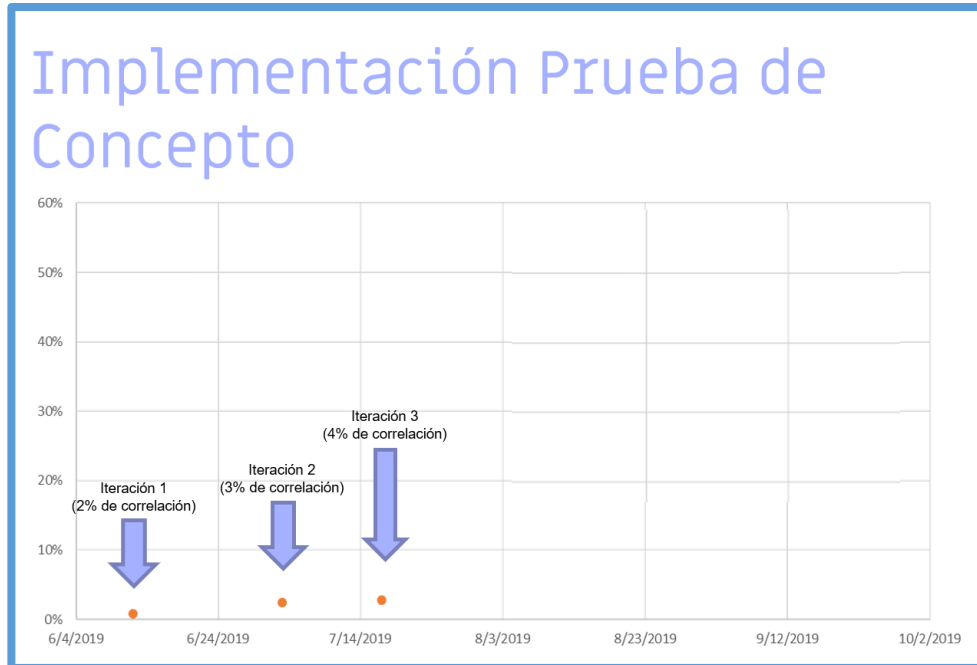


Figura n.° 20. Resultados de prueba piloto

Los primeros tres puntos a la izquierda de la gráfica representan el 2% (64 partes), 3% (96 partes) y 4% (128 partes) de partes correlacionadas entre estimados internos y cotizaciones de proveedor, respectivamente.

Partiendo de un total de partes de los vehículos piloto de 3,219

Después de ver los resultados insatisfactorios de las primeras corridas, se procedió a resolver los problemas organizacionales y de disciplina del equipo, poniendo en marcha una campaña de entrenamiento de los equipos de compras y de estimación de costos PPCO, enfatizando la importancia de la calidad con la que se alimentan los datos a los sistemas y la publicación de los documentos correctamente.

Se estandarizó la identificación de los estimados internos en el sistema GMCO\$T; también se hizo un entrenamiento detallado sobre los pasos a seguir para la publicación satisfactoria de la información y se acordó una frecuencia con la que los equipos individuales

harían una auditoría sobre la calidad y la fidelidad de la información publicada a los servidores.

La suposición en esta instancia del proyecto hecha con base en el conocimiento previo obtenido durante el desarrollo de nuestro marco teórico, era que, controlando estos pasos, dependientes de los creadores iniciales de la información, así como de mejora, la calidad de la información, la estandarización de los identificadores y la disciplina de los equipos en cuanto a seguir el proceso acordado, se lograría mejorar la correlación automatizada de números de parte.

Alrededor de 5 semanas después de los esfuerzos de entrenamiento en las áreas involucradas se volvió a correr el prototipo. Los resultados demostraron que, sin duda, esos factores eran causas importantes para el éxito del proyecto ya que en las corridas posteriores a los entrenamientos se logró incrementar la correlación de componentes entre bases de datos, partiendo de un 4% de la última serie de corridas iniciales a un 22% en la siguiente corrida, llegando hasta un 34% de correlación en las siguientes 5 semanas.

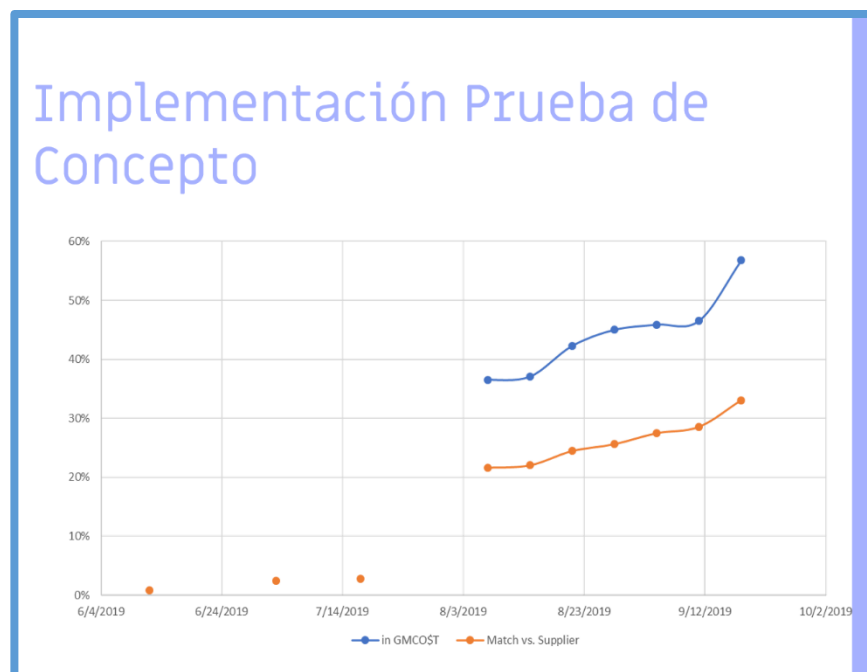


Figura n.º 21. Resultados de prueba piloto después de correcciones

Después de las mejoras organizacionales, de procesos y los nuevos parámetros se obtuvieron a lo largo del tiempo mostrado en el eje x las líneas graficadas a la derecha de la imagen. La línea azul representa el número total de partes disponibles de estimados internos en GMCOST que se puede entender como nuestro objetivo a correlacionar y comparar contra cotizaciones de proveedor. La línea naranja representa la cantidad de partes que se lograron correlacionar con cotizaciones de proveedor.

Tabla n.º 8 Iteraciones de prueba de concepto

Parámetros de los primeros diez experimentos o corridas de la prueba de concepto.

| Prueba de concepto | | | | |
|--------------------|--------|--|---|--------------------------------------|
| | Semana | Sistema de calidad en identificación de estimados internos | Control de calidad en cotizaciones de proveedor | Entrenamiento a estimadores de costo |
| Corrida 1 | 2 | No | No | No |
| Corrida 2 | 5 | No | No | No |
| Corrida 3 | 7 | No | No | No |
| Corrida 4 | 10 | Si | Si | Si |
| Corrida 5 | 11 | Si | Si | Si |
| Corrida 6 | 12 | Si | Si | Si |
| Corrida 7 | 13 | Si | Si | Si |
| Corrida 8 | 14 | Si | Si | Si |
| Corrida 9 | 15 | Si | Si | Si |
| Corrida 10 | 16 | Si | Si | Si |

Como se puede ver, los parámetros entre las primeras tres corridas y las siguientes cambian principalmente en la implementación de controles, comunicación y capacitación del equipo.

Además, cada corrida del prototipo se hizo en un punto diferente en el tiempo ya que los equipos de estimación de costo y de compras paulatinamente publican más estimaciones y cotizaciones de proveedor, incrementando la cantidad de partes en las bases de datos y así la probabilidad de una correlación más alta.

4.4. Análisis de resultados de corridas con el prototipo

Los resultados de la correlación entre estimados internos y cotizaciones de proveedores de los primeros diez experimentos o corridas de la prueba de concepto se muestran en la tabla n.º 9.

Tabla n.º 9 Resultados de las diferentes iteraciones de la prueba de concepto

| Prueba de concepto | | |
|--------------------|--|--|
| | Correlación estimados internos vs. Cotizaciones proveedor (número de partes correlacionadas) | Correlación estimados internos vs. Cotizaciones proveedor con respecto a total de partes del vehículo (x/) |
| Corrida 1 | 64 | 2% |
| Corrida 2 | 96 | 3% |
| Corrida 3 | 128 | 4% |
| Corrida 4 | 708 | 22% |
| Corrida 5 | 724 | 23% |
| Corrida 6 | 804 | 25% |
| Corrida 7 | 869 | 27% |
| Corrida 8 | 901 | 28% |
| Corrida 9 | 933 | 29% |
| Corrida 10 | 1094 | 34% |

Estos resultados nos sirven para confirmar las suposiciones que se tenían desde el análisis de la situación actual sobre los problemas en los procesos y sistemas ya que direccionalmente es evidente que los factores que se modificaron antes y después tuvieron un gran impacto en el nivel de correlación partiendo de un 2% a un 34% en la corrida 10.

Podemos concluir que si bien los factores controlados (calidad en la entrada de datos, entrenamiento al equipo, consistencia en la publicación de estimaciones al servidor, consistencia en el uso del sistema de estimación de costos e identificación correcta de los números de parte y títulos de las estimaciones de costo) no son los únicos factores que tienen influencia, definitivamente son factores que es necesario controlar y corregir para el éxito del proyecto. Si bien 34% no es el resultado final objetivo, estas iteraciones nos ayudaron a comprobar que dichos factores tienen una gran influencia en la mejora de la correlación de las partes.

Sabemos que es improbable que se logre hacer una correlación del 100% de las partes debido a causas inherentes a la información y sistemas, como información inexistente o faltante de al menos una pieza automotriz y otros factores como: cambios de número de parte en el desarrollo del vehículo, falta de estandarización en la descripción del componente entre proveedores y La Empresa, simples omisiones por parte de los equipos involucrados, etc., los cuales limitan abarcar un análisis de todas las partes existentes en la base de datos.

El aprendizaje de la implementación del prototipo se documentó para posteriormente utilizarlo como recomendaciones y punto de partida para el desarrollo de la herramienta de producción con el equipo de IT.

Durante la conceptualización de la herramienta de producción desarrollada con el equipo de IT y con base en las observaciones hechas durante la implementación del prototipo, se tomaron principalmente las siguientes medidas o mejoras en comparación con el prototipo:

- Las cotizaciones de proveedor se obtendrían directamente del recién implementado sistema del área de compras GDiMPS (Global Direct Material Purchasing System), en lugar de hacer el proceso manual de almacenamiento de cotizaciones en discos compartidos y posterior algoritmo en Visual Basics para extraer y normalizar la información.
- Continuar entrenamientos y monitoreo periódico a los equipos de compras y estimación de costos sobre la calidad de la información al momento de alimentar datos en los sistemas.
- Adicionalmente se agregaron las bases de datos de otros sistemas de la empresa objeto de estudio, que impactan el costo del material de una parte como Cost Knowledge Managment (CKM), Global Document Managment (GDM) y Supplier Quality System Management (SQMS) para lograr un análisis de costos aún más robusto teniendo en cuenta información como por ejemplo: estándares de costos en la industria, tasas de costo de mano de obra, operación de maquinaria, costo de electricidad, agua o gas por región. Así como factores de manufactura como número de operaciones por la línea de producción, tiempo ciclo por estación en la línea de producción etc.

- Integrar bases de datos de diferentes sistemas anteriormente funcionando en silos a través de la generación y correlación de datos maestros comunes en cada una de las bases de datos de dichos sistemas para incrementar la utilización y aprovechamiento de la información disponible en la empresa para incrementar la eficiencia y eficacia de los equipos de trabajo.

4.5. Cronograma de trabajo de implementación del software con el equipo de Tecnología de Información

Se realizó el cronograma de implementación para un tiempo total de 6 meses, desde julio del 2021 a diciembre del mismo año (ver Figura N°22). La ejecución es por fases, en donde se abarca desde la entrega del departamento de ingeniería de datos (en agosto), la estimación de costos consolidadas actuales (septiembre), la refinación del software por parte del departamento de ingeniería de datos, así como el entrenamiento al usuario o los ingenieros estimadores de costo (octubre 2021), la entrega de costos consolidados con el software y las primeras pruebas de ejecución (en noviembre) hasta cerrar los detalles del proyecto (en diciembre 2021).

Es importante mencionar que se cumplieron las fechas objetivo de arranque de cada fase del proyecto, y no hubo pérdidas de tiempo significativa para la incorporación del software al sistema general y a los servidores de La Empresa. Importante acotar que no hubo ampliación a nivel de hardware.



Figura n.° 22. Línea base del proyecto

Las fases del proyecto fueron coordinadas previa aprobación de la directiva y no causaron pérdidas de tiempo significativas durante la implementación

4.6. Flujo de información para el sistema de análisis de datos

En forma de fases, se tiene una primera fase denominada: consolidación de datos, donde se extraen y consolidan datos de 1804 (formato de desglose de costos estándar en La Empresa) proveedores y la estimaciones de costos de La Empresa (GMCO\$T). En un segundo nivel se tiene la automatización del proceso, la cual es el procesamiento de datos, a través del algoritmo creado con el propósito de unificar y comparar los datos procesados, dando pie al tercer nivel del proceso, el cual es donde se obtiene el costo de la pieza estimada óptima.

Adicionalmente se obtiene la visualización de datos resultantes para dar los informes a la directiva de forma consolidada y en tiempo real. Importante mencionar que el proceso es casi

inmediato, con la condición que se tenga toda la información del primer nivel o de la fase inicial.

En forma de flujograma, se trata de integrar los sistemas TcPCM o GMCO\$T (software de Siemens sugerido implementado) con el resto de los sistemas de La Empresa, como lo son: CKM (*Cost Knowledge Managment*), GDM (*Global Document Managment*) y SQSM (*supplier quality system management*).

Uno de los conjuntos de datos relevantes para el cálculo de costos en la documentación es Run @ Rate:

La línea de producción del proveedor funciona en condiciones ideales antes del inicio de la producción. El ingeniero de calidad de La Empresa es responsable de ejecutar este evento junto con el proveedor, antes del inicio de la producción, registrando información como tiempos, ciclo, número de operadores, número de estaciones en la línea de ensamblaje, eficiencia, desperdicios, etc.

Este tipo de información es crítica para el proceso de costeo ya que los factores descritos anteriormente están directamente relacionados y pueden influir significativamente en el costo de una pieza. Estos datos son de gran ayuda para el área de PPCO como puntos de referencia para la estimación de costos de la producción de una parte, utilizando datos reales de un proveedor en producción.

- GDiMPS = Global Direct Material Purchasing System: sistema del área de compras que se utiliza como medio de interfase entre compras y los proveedores para recibir cotizaciones, sus desgloses y el almacenamiento de estos.

Al integrar todos los sistemas se tienen consolidadas las cotizaciones de La Empresa y de los proveedores, para su procesamiento como una “big data”, para obtener finalmente la comparativa de costos de La Empresa, contra proveedores de la pieza (ver Figura N° 23)

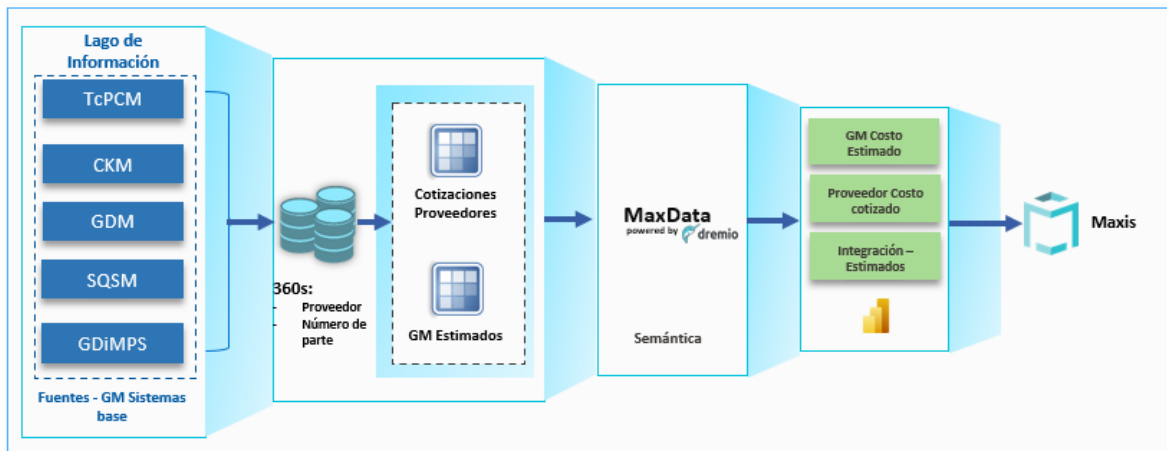


Figura n.°23. Diagrama que describe la estructura planeada para la integración de los distintos sistemas.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Las descripciones generales de los resultados obtenidos de la implementación del sistema de estimación de costos son las siguientes:

1. La herramienta genera automáticamente gráficos de factores de costos de La Empresa y proveedores; muestra automáticamente gráficos de comparativas de costos y señala desconexiones de costos entre la estimación de La Empresa y las cotizaciones del proveedor.
2. Reduce sustancialmente el tiempo requerido para realizar análisis y comparaciones de costos entre La Empresa y los datos de los costos de los proveedores al eliminar los pasos sin valor agregado y agregando el procesamiento automático de datos.
3. La capacidad de profundización y detalle acelera el ciclo de aprendizaje y análisis a través de grandes conjuntos de datos, lo que mejora la precisión de los modelos de costos de La Empresa después de analizar los grupos agregados de partes e inferir las tendencias que siguen. Esto da pie a calcular predicciones realizando las regresiones estadísticas apropiadas y retroalimentando los modelos actuales, lo que resulta en las bases para crear un modo de operación basado en mejora continua y 6σ .
4. Muestra las RFQ de los proveedores, por lo que permite la consolidación de cotizaciones de rondas de proveedores. Agrega datos en grupo de costos para facilitar el análisis, comparación entre proveedores concursando por el negocio y facilitando

la selección del proveedor más competitivo y funcionando como herramienta en las discusiones de negociaciones con los proveedores.

5. Estandariza datos maestros como la ubicación de fabricación, el nombre del proveedor y el número de pieza. Permite unificar las fuentes de desglose de proveedores.
6. Se generan mejores modelos de costos y una base confiable para mejorar las negociaciones y toma de decisiones.
7. El análisis de comparación continuará desafiando a los proveedores a hacer que La Empresa sea más rentable paulatinamente a medida en que se desarrollen nuevos productos y se contraten nuevos proveedores.

5.1. Aproximación analítica

El software permite obtener 31,000 estimaciones, 29,000 cotizaciones para aproximadamente 1,000,000 de piezas automotrices. En términos monetarios, este proyecto analizará un costo de oportunidad de un total de 65 billones de dólares anuales, de los cuales esta herramienta pretende maximizar los ahorros obtenidos sobre este presupuesto inicial (ver Figura N° 24).

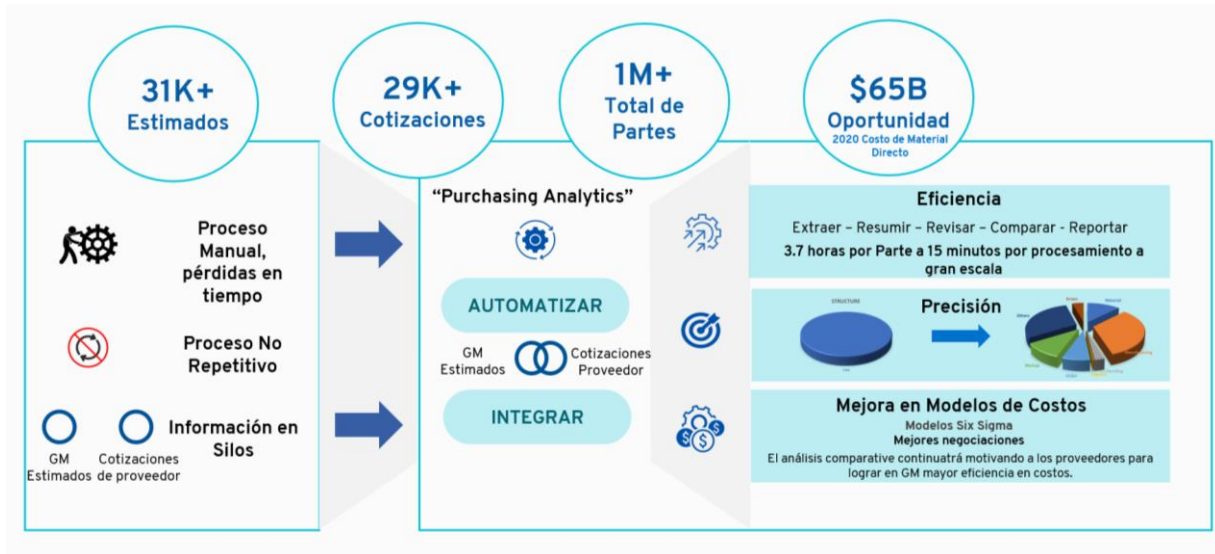


Figura n.° 154. Enfoque analítico de los resultados.

Se puede apreciar los beneficios de la automatización y la integración de los costos de La Empresa y la cotización de proveedores

En términos de tiempo, el ciclo de estimación de costos se resume en: extraer, resumir, comprobar, comparar y reportar datos, tomaba en promedio unas 3.7 horas. Con el nuevo software el tiempo de ciclo de análisis a gran escala es de 15 min (0.25 horas). En la siguiente imagen (ver Figura N° 25) se compara los tiempos de análisis por fases, la cual se puede observar que la fase de extracción de datos pasó de 1 hora antes de la mejora, a 0.03 horas (variación: -0.97 horas). En la fase de consolidar los datos, se pasó de 1 hora a 0.03 (variación: -0.97 horas). En la fase de comprobación, se tomaba un tiempo de 0.6 horas, ahora se ocupa un 0.03 horas (variación: -0.57 horas). En la fase de comparación se tomaba 0.5 horas ejecutarla, ahora es un tiempo de 0.08 horas (0.42 horas) y en la fase final de reporte se tomaba un tiempo de 0.6 horas. Después de la mejora, se ejecuta en un lapso no mayor a

0.08 horas (variación: -0.52 horas) ya que la herramienta lleva a cabo este proceso de manera automática.

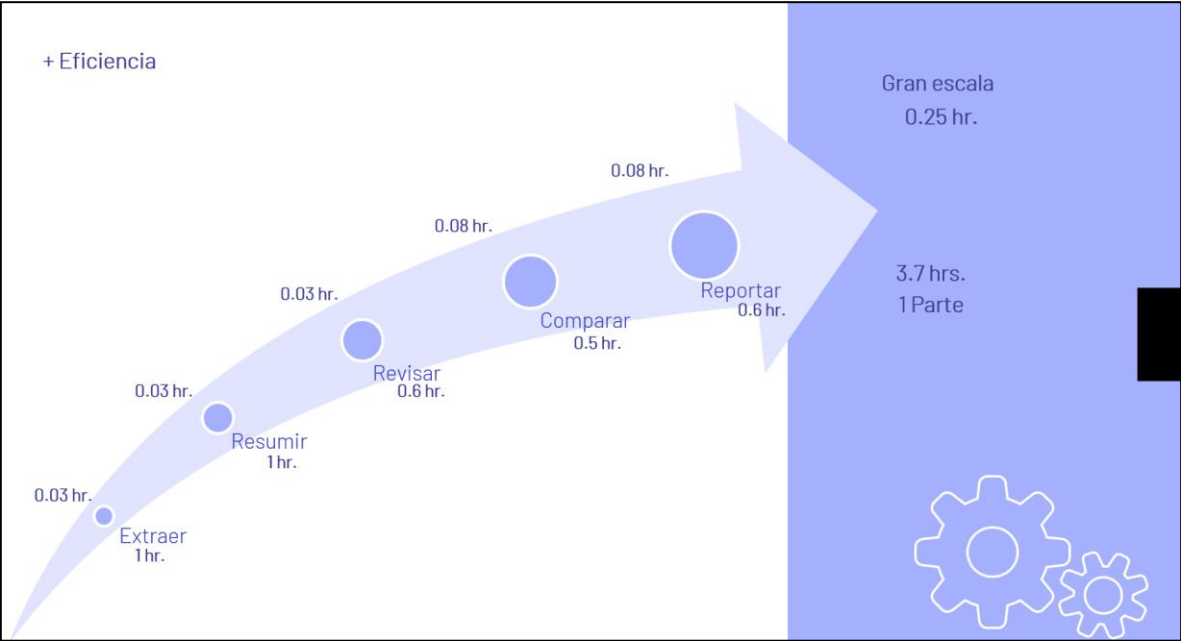


Figura n.º 25. Comparación de tiempos antes y después de software PPCO.

Tiempos estimados para el año 2021

El año pasado se recostearon 5.000 partes. Considerando el 80 % para los siguientes años son 4.000 partes por año. Se están ahorrando 13.800 horas en la automatización de comparación de costos y procesos de generación de informes para identificar oportunidades de brechas de costos. Usando una tarifa de mano de obra de \$72 por hora, la mejora ahorra \$994,000 solo con las eficiencias del software PPCO, sin considerar las eficiencias potenciales del área de compras.

5.2. Impacto en los negocios del sistema de análisis de datos PPCO

Con el software, se obtiene un mayor alcance en lo que refiere desarrollar un análisis de estimación de costos integrada, costos cotizados del proveedor, volumen del programa, estándares de costos de La Empresa e información de fabricación del proveedor para que las piezas alcancen precios justos para la organización.

Se desarrolló la herramienta de análisis que realiza análisis estadísticos de datos que puede analizar números de piezas individuales o vehículos completos. También es posible realizar análisis de lectura transversal a nivel de factor de costos por proveedor, entre proveedores, programas de La Empresa, por tipo de tecnología de las partes, etc.

Se desarrollan imágenes o gráficos que permiten el análisis, presentación y reporte de costos integrados a través de varias medidas para abordar las preguntas y necesidades comerciales.

Dentro de los beneficios, también es importante destacar que se obtiene de forma rápida la métrica: precio total del material (MTP) entre el presupuesto actual. Dicho valor permite la mejora continua de los modelos de costos internos.

5.3. Beneficios obtenidos con el sistema de análisis de datos PPCO

De forma general, los beneficios obtenidos del proyecto son los siguientes:

1. El tablero permite a los analistas identificar y analizar fácilmente el costo real frente al estimado.

2. La herramienta le permite al analista desglosar rápidamente lo cotizado y estimado en detalles e información clave.
3. Lectura transversal, vehículo, equipo de creatividad, etc.
4. Se integraron sistemas que antes de la mejora funcionaban en silos sin comunicación entre ellos y eran de difícil acceso para los analistas. La herramienta unifica todas las fuentes relevantes con impacto en el costo de material facilitando y, al mismo tiempo, mejorando la eficiencia y estandarizando el análisis.
5. Lanzamiento a más de 150 analistas globales a finales de este año.

5.4. Ejemplo de resultados de estimación de costos con PPCO

Para un estudio de caso, con base en la Figura N°26, tomaremos el análisis del componente: HEADLAMP ASM-FRT, 84738618 / 84738619 con un volumen de producción anual de 107,288 unidades (ver modelado de Figura N° 26).



Figura n.° 166. Modelado de lámpara delantera

Pieza tomada para el análisis del caso práctico

Partiendo del hecho que ya se realizó el proceso de unificación de costos de proveedor y de costos estimados de La Empresa, el software indica en la Imagen N° 27, el costo del proveedor (columna identificada con T1XX supplier 1804), el costo estimado interno de La Empresa (columna identificada como T1XX GMCO\$T) y la diferencia entre ambos (columna de nombre 1804 Delta Estimate).

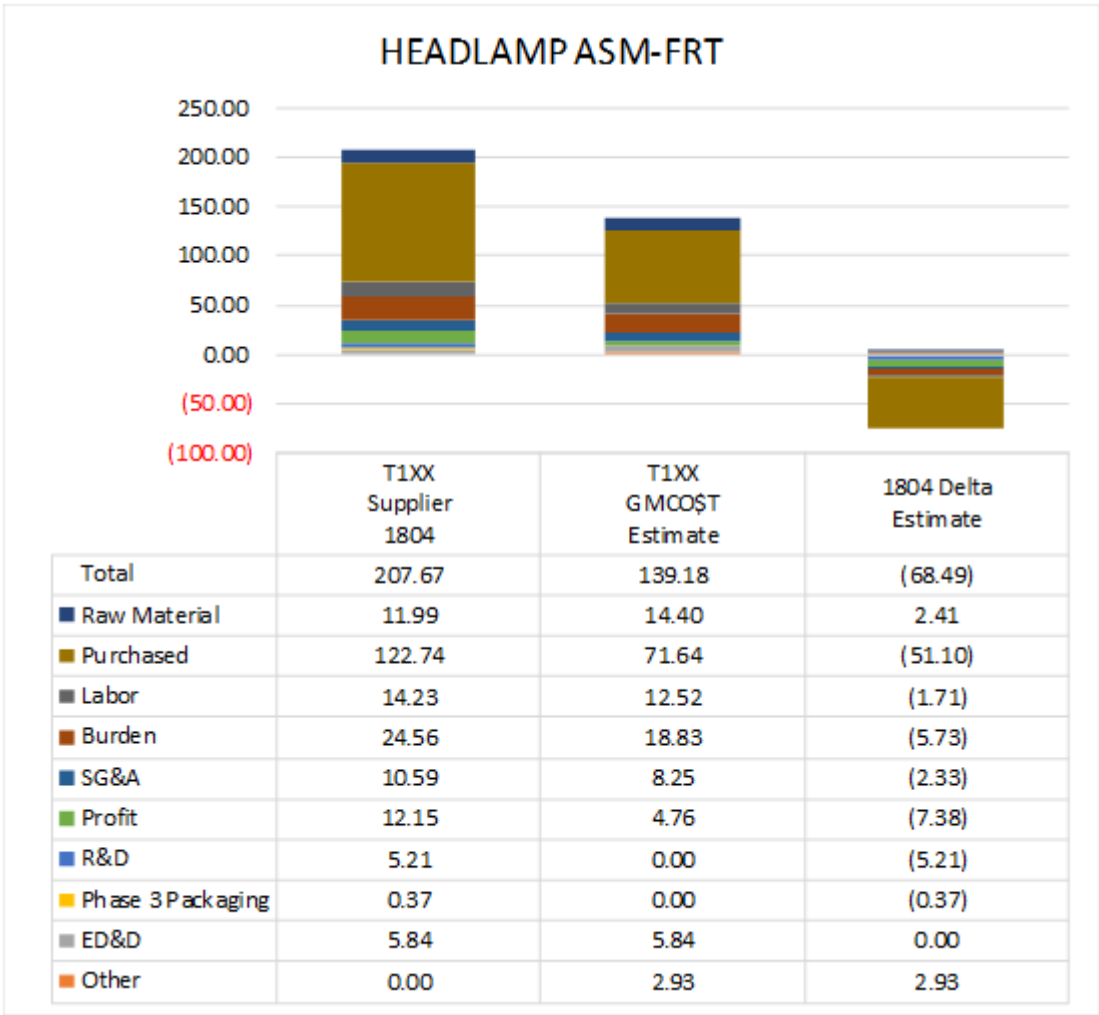


Figura n.° 27. Gráfico de comparativa de costos

Disgregar el costo total permite a los ingenieros analizar dónde existe la mayor variación en costos, para negociar el precio.

La tabla anterior muestra el total de costo, y el desglose de los costos específicos (como material, mano de obra, ganancia, materiales comprados, entre otros). De esta forma tenemos que la pieza para el proveedor tiene un costo de \$207.67. Por parte del proveedor, el estimado es de \$139.18, con una diferencia de \$68.49, donde el costo mayor está dado por el proveedor.

Si se analiza el detalle de variaciones, los componentes comprados (*purchased*) y la ganancia (*profit*) son los costos con mayor variación (\$51.10 y \$7.38, respectivamente). De manera visual, el software muestra las diferencias por factor de costo en la Imagen No. 28.

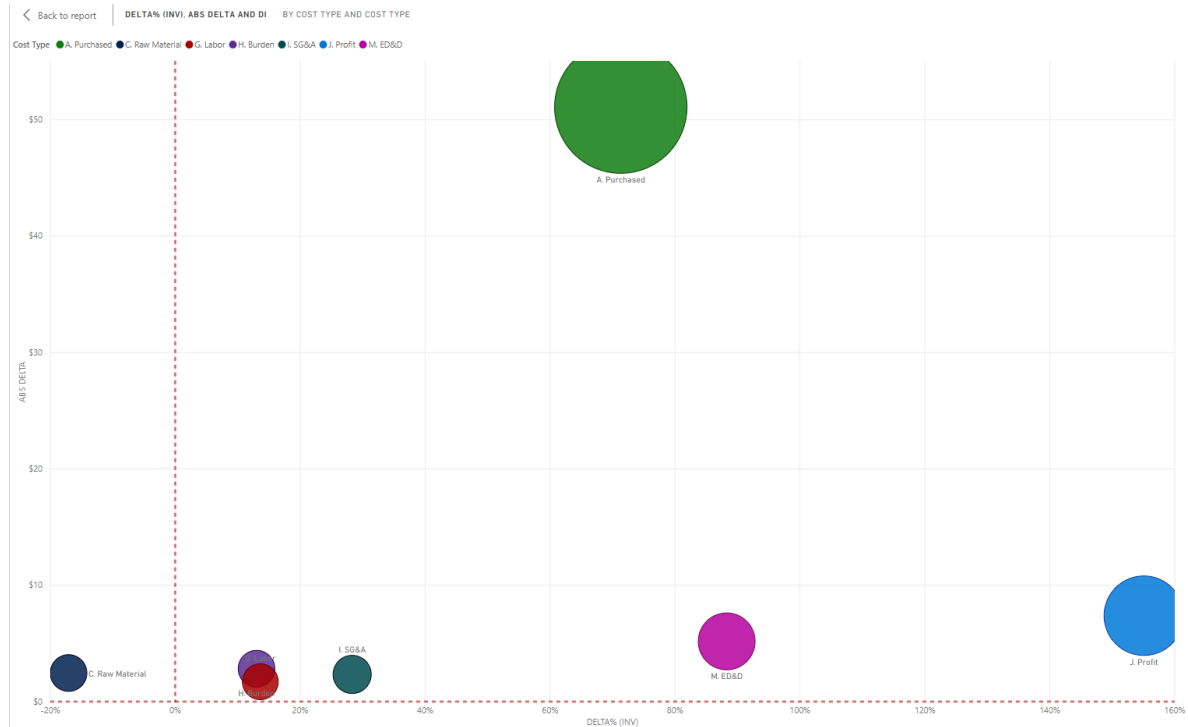


Figura n.º 28. Gráfico de variaciones por factor de costos de la pieza HEADLAMP ASM-FRT

Cada punto representa un factor específico del costo. Mientras esté más alejado del 0 % en el eje horizontal, mayor es la diferencia de estimación de costo entre La Empresa y el proveedor. Mientras más alejado esté del \$0 en el eje vertical, mayor es la diferencia en costo. Por lo tanto, el mayor riesgo para La Empresa sería un factor de costo que se encuentre lo más alejado del origen, siguiendo una línea recta con 45 grados de inclinación hacia la derecha de la gráfica. Dicho caso sería el de más atención a negociar con el proveedor para conseguir un costo más bajo y una reducción de costos más significativa.

Una vez identificadas las variaciones a nivel factores de costo con discrepancias más grandes y por consecuencia con oportunidad de reducción de costo para La Empresa más altas (en este caso componentes comprados y margen de ganancia) el software permite desglosar dichos factores de costo al más bajo nivel para permitir al analista de costos profundizar su análisis y visualizar los componentes o conceptos que conforman cada factor en la estructura de costos de la parte.

Como podemos ver en la Figura N° 29, el software proporciona el desglose en la categoría de Componentes Comprados, el analista rápidamente es capaz de visualizar frente

a frente los 20 componentes que suman un total de \$71.64 en la estimación de costos interna de La Empresa y los 29 componentes que suman el total de \$122.74 en la cotización del proveedor.

Como se puede ver en la imagen, entre los 20 y 29 componentes respectivamente, hay tres componentes enlistados a continuación que son responsables del 70% de la diferencia en el costo de los componentes comprados y es aquí en donde el analista debe centrar la negociación con los proveedores y resolver las causas de la desconexión en costo. Esto permite hacer las negociaciones más eficientes centrándose en solo estos tres componentes en lugar de analizar todos por igual.

VALEO STUDY:

GMCOST

| Cost type | GMCOST ... | ASSY_PART_QTY | QTY/WEIGHT | Unit cost (USD) |
|---------------------------------|----------------|---------------|--------------|-----------------|
| A. Purchased | \$71.64 | 20 | 32.00 | \$59.76 |
| LDM | \$23.11 | 1 | 1.00 | \$23.11 |
| DRL/PL LED PCB | \$14.00 | 1 | 4.00 | \$3.50 |
| PeoplLED LAGs Kink Flat HB Lags | \$13.68 | 1 | 1.00 | \$13.68 |
| W. Harness | \$7.08 | 1 | 1.00 | \$7.08 |
| DRL LAG Carrier Holder | \$3.20 | 1 | 1.00 | \$3.20 |
| DRL Intermediate Harness | \$2.02 | 1 | 1.00 | \$2.02 |
| 2-shot closeout | \$1.65 | 1 | 1.00 | \$1.65 |
| SM | \$1.18 | 1 | 1.00 | \$1.18 |
| T-20 Bulb | \$1.02 | 1 | 1.00 | \$1.02 |
| GLUE | \$0.85 | 1 | 1.00 | \$0.85 |
| Turn Wireless Socket | \$0.67 | 1 | 1.00 | \$0.67 |
| Vertical Adjuster | \$0.65 | 1 | 1.00 | \$0.65 |
| Gore Ventpatch | \$0.62 | 1 | 2.00 | \$0.31 |
| Compression Limiter | \$0.60 | 1 | 4.00 | \$0.15 |
| Grill Brkts | \$0.54 | 1 | 2.00 | \$0.27 |
| Pivot (Snap) Baskets | \$0.27 | 1 | 3.00 | \$0.09 |
| U-nuts | \$0.18 | 1 | 2.00 | \$0.09 |
| Pivot Screws | \$0.16 | 1 | 2.00 | \$0.08 |
| Heat Shield (not on 1804) | \$0.15 | 1 | 1.00 | \$0.15 |
| Screws | \$0.01 | 1 | 1.00 | \$0.01 |

SUPPLIER

| Cost type | Supplier V... | Unit Cost (USD) | QTY/WEI... |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| A. Purchased | \$122.74 | \$122.69 | 76.25 |
| DRU/PL LED/PCBDRL/PL LED/PCB | \$32.54 | \$32.54 | 1.00 |
| LED Driver ModuleFBD Driver | \$31.24 | \$31.24 | 1.00 |
| PeoplLED LAGsKink Flat HB Lags | \$22.75 | \$22.75 | 1.00 |
| WHWire Harness | \$7.08 | \$7.08 | 1.00 |
| DRLLAG Carrier Locator | \$3.20 | \$0.80 | 4.00 |
| BRKTGRILL BRACKET | \$2.66 | \$1.33 | 2.00 |
| Fender Fender Closeout 2 Shot >... | \$2.36 | \$2.36 | 1.00 |
| FasciaFascia Bracket 1 Shot | \$2.27 | \$2.27 | 1.00 |
| Turn Inner LensPC Clear | \$2.09 | \$2.09 | 1.00 |
| DRL Intermediate Harness | \$2.02 | \$1.01 | 2.00 |
| Reflector Bracket PIVOTSsupport 2 ... | \$1.75 | \$1.75 | 1.00 |
| SDM LEDSide Marker LED Linear ... | \$1.67 | \$1.67 | 1.00 |
| DRL Inner Lens DownPC Clear | \$1.62 | \$1.62 | 1.00 |
| DRL Inner Lens UpPC Clear | \$1.62 | \$1.62 | 1.00 |
| HardwareCompression Limiter | \$1.23 | \$0.31 | 4.00 |
| Amber BulbAmber Bulb, Thoriote... | \$1.02 | \$1.02 | 1.00 |
| Bulb, wireless socketTurn Wireless... | \$0.95 | \$0.95 | 1.00 |
| HardwareAdjuster with Included 2... | \$0.90 | \$0.90 | 1.00 |
| Reflex SDMPVC Amber | \$0.86 | \$0.86 | 1.00 |
| HardwareVent Patch | \$0.70 | \$0.35 | 2.00 |
| HardwareUR4526 Part A | \$0.56 | \$4.37 | 0.13 |
| HardwareSCRW Fastner 4x12 | \$0.47 | \$0.01 | 36.00 |
| HardwareUR4535 Part B | \$0.41 | \$3.33 | 0.12 |
| HardwareU-Nut | \$0.24 | \$0.12 | 2.00 |
| HardwarePivot Stud | \$0.16 | \$0.08 | 2.00 |
| HardwareBall Retainer Socket | \$0.15 | \$0.15 | 1.00 |
| HardwareSlider | \$0.12 | \$0.06 | 2.00 |
| HardwareScrews M4x14 | \$0.09 | \$0.03 | 3.00 |
| HardwareID Label | \$0.01 | \$0.01 | 1.00 |



GM CONFIDENTIAL

3

Figura n.º 29. Comparativa de componentes comprados en estimado interno de La Empresa, a la izquierda, contra componentes comprados en Cotización de proveedor, a la derecha

Se observa que el 70% de la diferencia en costo es causado por los tres componentes (LDM, PCB y HB Lags)

Componentes responsables del 70% de la diferencia en costo:

1. PCB (Printed Circuit Board): GMCO\$T \$14 – Supplier \$32.54 = \$18.54
2. HB Lags: GMCO\$T \$13.68 – Supplier \$22.75 = \$9.02
3. LDM (LED Driver Module): GMCO\$T \$23.11 – Supplier \$31.24 = \$8.13

Este tipo de desglose se puede visualizar por cualquier categoría de costo que el analista requiera y así poder realizar un análisis robusto en el menor tiempo posible haciendo el análisis y comparativa de costos más eficiente y focalizando las negociaciones en los factores más relevantes.

El algoritmo del software señala con toda precisión dónde están las brechas de costos y asigna prioridades de acción. De esta manera, La Empresa puede destinar recursos a las principales prioridades, ahorrando tiempo y enfocando recursos. Las brechas de costos se identifican hasta el último detalle, por ejemplo: tiempo de ciclo, tarifa por hora, tasa de carga, piezas compradas, etc.

El software también propicia la gráfica detallada de los costos para un conjunto de piezas, lo que extiende su potencial, para el análisis de conjuntos de componentes, por ejemplo, carrocería, sistema de frenos, motor, etc. También permite agrupar diferentes factores de costos. Volviendo al caso práctico, en la Figura N° 30 se muestra el detalle de todas las piezas HEADLAMP que produce La Empresa, como punto de referencia para el análisis de costos de 6 costos diferentes.

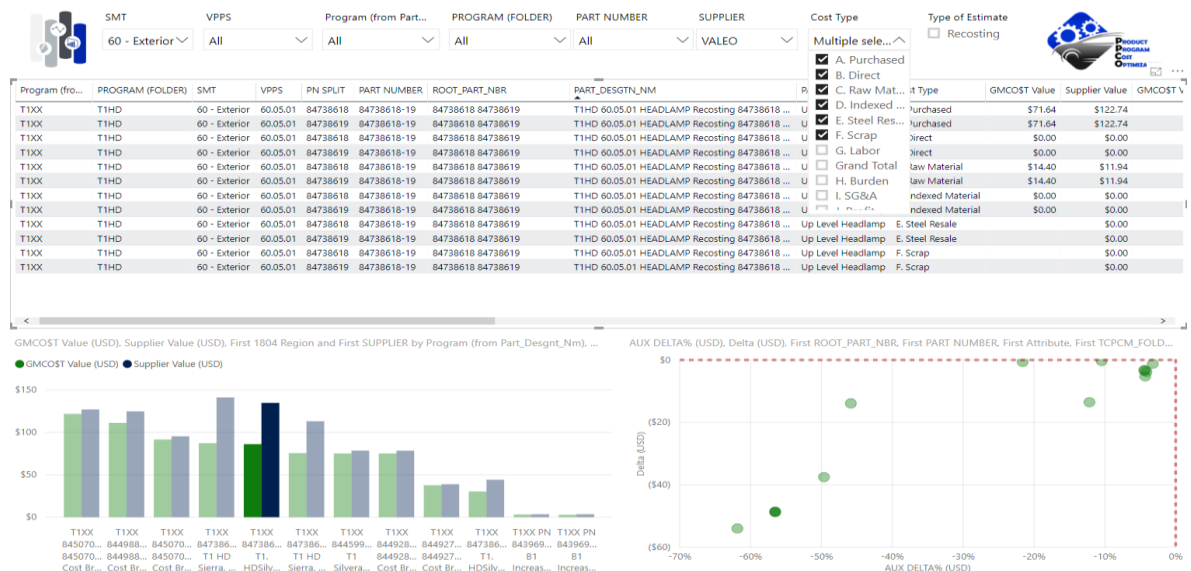


Figura n.° 30. Gráfico de variaciones de costos de material de todas las HEADLAMP producidas para la misma arquitectura en La Empresa. El software permite filtrar los factores de costos necesarios para análisis de negociaciones.

En la fase de comparación de los costos de LA EMPRESA con los de proveedores, la herramienta muestra la diferencia entre ambos y la compara contra otros componentes equivalentes utilizados en otros vehículos y desarrollados por otros proveedores como referencia para una mejor toma de decisiones. Con base en lo anterior, se tienen dos gráficas fundamentales.

En primer lugar, se tiene la gráfica 6σ (ver Figura N° 31), la cual indica la diferencia entre el costo de los diferentes proveedores y el costo estimado de La Empresa. En la figura se muestra el resultado para el costo de un asiento de piloto para un vehículo modelo Tornado 2021.

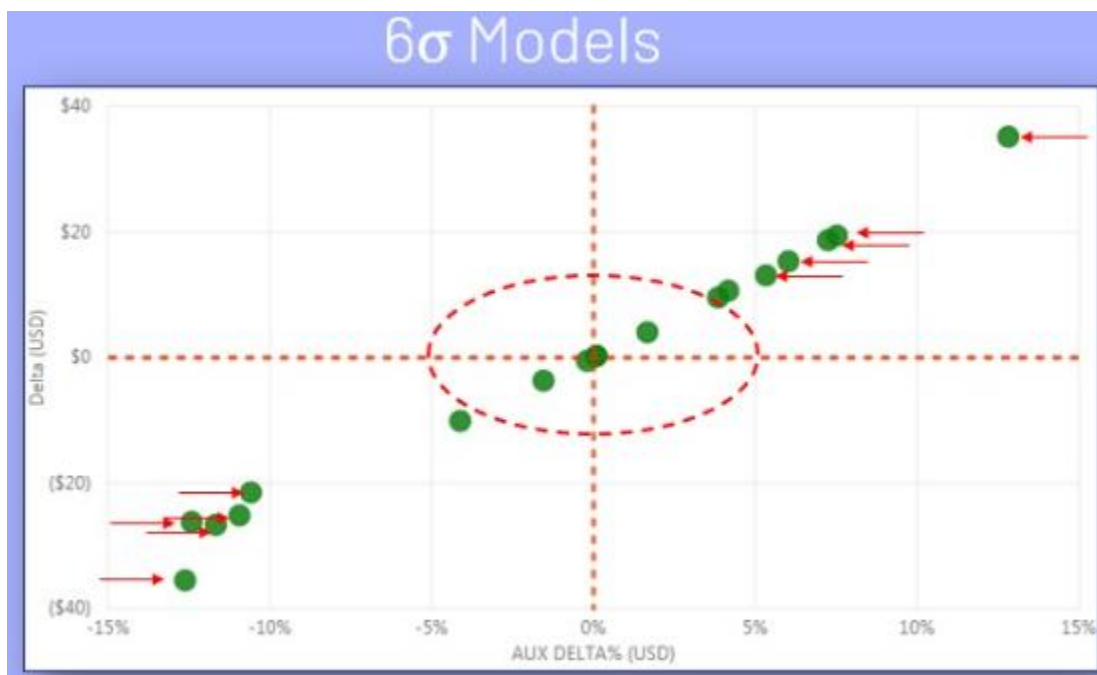


Figura n.°31. Gráfica 6σ para comparativa de costos.

La gráfica permite visualizar aquellos proveedores que están por encima o debajo del 5 % en comparación con el costo estimado de PPCO.

La gráfica anterior se interpreta de la siguiente manera: aquellos puntos (proveedores) que estén por fuera del círculo son objeto de análisis y entran a negociación del precio. Aquellos puntos cuya valor está en el cuadrante I (positivo de la escala), es señal de que el proveedor está por encima del costo de PPCO. Caso contrario, los puntos que están en el cuadrante III, el proveedor está por debajo del costo estimado interno. El objetivo del departamento, es que las variaciones estén por debajo del 5 % (círculo en rojo punteado). Otra facultad de esta herramienta es que se puede visualizar en una sola hoja, la diferencia de estimaciones de varias partes, o del total de un modelo de vehículo específico.

Ahora bien, al detectar un proveedor que tiene mucha diferencia entre estimación interna y cotización de proveedor, se procede a realizar un análisis más detallado por factor de costos. Para ello se cuenta con la siguiente gráfica N° 32 de oportunidades y riesgos.

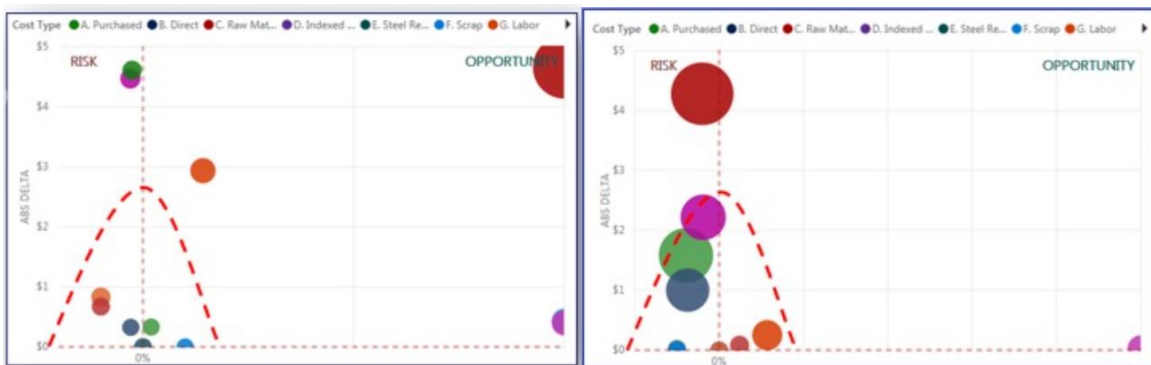


Figura n.° 32. Gráfica de oportunidades y riesgos de costos

La gráfica permite visualizar aquellos proveedores que tienen algún factor de costo por encima o por debajo de la estimación interna.

La gráfica anterior muestra dos zonas principales: a la izquierda de la línea punteada es zona de riesgo, en donde la diferencia de un factor de costo (como, por ejemplo, costo de material, o costo de mano de obra, entre otros) está por debajo de lo estimado. En otras palabras, el proveedor tiene un costo menor al estimado por PPCO. Esa situación representa un riesgo para la negociación del precio, ya que podría resultar en un incremento en caso de haber una renegociación.

Caso contrario, si el punto está en el costado derecho, es indicativo que el precio está por encima de lo estimado por PPCO. En tal sentido, el objetivo sería acercar dicho punto a la campana (línea en rojo punteada, la cual equivale a diferencias de partidas por debajo de 5 %).

Volviendo al ejemplo de los costos asociados a la elaboración del asiento para la camioneta Tornado 2021 y comparando con la gráfica, la cual muestra los costos disgregados, el escenario que se busca sería algo como lo mostrado a la derecha de la figura, en donde el costo por mano de obra (punto vinotinto) se pudo negociar con el proveedor, disminuyendo su valor y acercándolo al objetivo de la organización.

CAPÍTULO VI.

CONCLUSIONES

- Se automatizó el análisis y la identificación de los factores de costos, logrando identificar importantes oportunidades de reducción de costos. La herramienta genera automáticamente gráficos de comparaciones de costos de La Empresa y proveedores; muestra automáticamente gráficos de comparativa a gran escala de costos y señala las desconexiones de costos entre la estimación de La Empresa y las cotizaciones del proveedor.
- Se redujo el tiempo necesario para realizar análisis y comparaciones de costos con los desgloses de los proveedores.
- Disminuyó sustancialmente el tiempo requerido para realizar análisis y comparaciones de costos entre La Empresa y los datos de costos del proveedor al eliminar los pasos sin valor agregado y el procesamiento automático de datos.
- Se proporcionaron métricas para rastrear, monitorear y mejorar los modelos de costos internos a través de metodologías de mejora continua como 6 sigma.
- La capacidad de desglose acelera el ciclo de aprendizaje a través del análisis de grandes conjuntos de datos, lo que mejora la precisión de los modelos de La Empresa. Esto contribuye a la creación de una cultura 6 sigma utilizando nuevos indicadores, la dispersión de las diferencias entre costos de proveedor y estimados internos por

equipo de trabajo, replanteando los objetivos del equipo para paulatinamente reducir dicha dispersión y fijando métricas objetivo para una mejora continua.

- Se automatizó la consolidación y reporte de los desgloses históricos de cotizaciones de proveedores por factores de costos. Muestra las RFQ de proveedores por, lo que permite la consolidación de cotizaciones de proveedores. Agrega datos en grupos de costos para facilitar el análisis.
- Se automatizó la estandarización de regiones, nombre del proveedor y número de pieza. Adicionalmente, se unificaron las fuentes de desglose de proveedores. Después de la mejora los datos maestros como la ubicación de fabricación, el nombre del proveedor y el número de pieza son estándar y se muestran automáticamente. Se conglomeraron las fuentes de desglose de proveedores.
- Se integraron y unificaron los diferentes sistemas y bases de datos con influencia directa en el costo de las partes de los vehículos; brindar al usuario una fuente única de toda la información necesaria para un análisis robusto de costos logrando así ser más eficientes en el análisis, más precisos y estandarizando la metodología de análisis.
- La unificación, integración y estandarización de formatos hizo posible la lectura simultánea de grandes grupos de componentes, habilitando así la posibilidad de generar gráficos de tendencias y facilitando la predicción y análisis del comportamiento del grupo agregado de componentes, esto es valioso ya que ahora se

pueden describir los comportamientos de poblaciones específicas como por ejemplo cómo se comporta un proveedor específico o cómo se comporta un tipo de tecnología específica en relación al costo o un programa determinado.

- El sistema desarrollado en este trabajo es una herramienta que ayuda al usuario a realizar un análisis comparativo de costos de una manera más eficiente en comparación al estado anterior a la implementación al proyecto, como se ha descrito a lo largo del trabajo. Sin embargo, la herramienta por sí misma no es capaz de realizar completamente el análisis de costo sin la intervención de un analista experto que la opere.

Para una mayor automatización y autonomía es necesario implementar algoritmos de inteligencia artificial que resuelvan y expliquen las discrepancias en los costos entre La Empresa y el proveedor, así como relacionar las diferentes maneras de nombrar a los componentes de las partes entre los proveedores y la empresa. Este siguiente nivel de automatización está fuera del alcance de este proyecto y se menciona como una de las sugerencias para trabajos futuros en el siguiente capítulo.

- Se analizaron las consecuencias de no tener controles de calidad durante el desarrollo de los sistemas antes de la implementación y el tipo de retrabajos que se requieren para limpiar y estandarizar la información, de manera que sea utilizable para un análisis posterior, así como ejemplos de corrección de datos con errores humanos.
- Se enfatizó la importancia sobre la estandarización de los datos introducidos en los sistemas y se comprobó que a través de la estandarización se habilitó la posibilidad

de los análisis a gran escala, se incrementó la utilización de la información, se logró un análisis más robusto y haciendo posible la predicción de tendencias gracias a la confiabilidad y tamaño de las muestras.

CAPÍTULO VII.

SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

- Con base en las observaciones realizadas durante el desarrollo de este proyecto, se determinó que el punto más crítico a tomar en cuenta es relativo a la calidad en la información de los datos maestros. Por lo que se ha propuesto incrementar controles de calidad (poka-yokes) en la introducción de datos maestros por parte de los proveedores y de los ingenieros de costos en los sistemas y cotizaciones generadas por los mismos.
- Se ha comprobado y enfatizado la importancia de la consistencia en la calidad de la información principalmente en los datos maestros ya que son dichos datos los que determinan si el resto de la información será identificable y utilizable posteriormente. Sin una buena calidad en los datos maestros, los algoritmos para la interpretación y utilización de la información resultan exponencialmente más complejos (por lo tanto, requieren más tiempo y costo para su desarrollo) y la utilización de la información es subóptima.
- Se ha hecho la recomendación de integrar sistemas y bases de datos multifuncionales a través de la empresa para lograr ganancias en eficiencia, comunicación e innovación a través de los equipos de trabajo dentro de la corporación.
- Se sugiere formar un comité especializado con conocimiento sobre la información contenida en los sistemas en su área de especialidad y determinar las coincidencias y correlaciones con los distintos sistemas en la corporación, con esto plantear proyectos

para la integración de sus bases de datos con el objetivo de brindar a los usuarios herramientas más robustas y poderosas incrementando la utilización de la información para mejorar la eficiencia y precisión de las tareas cotidianas de los distintos equipos en las áreas de interés de este trabajo.

- Habiendo logrado la integración de los distintos sistemas mencionados en este proyecto, y generado bases de datos de los costos de miles de componentes, se ha propuesto el desarrollo de algoritmos inteligentes para lograr describir comportamientos de poblaciones agregadas de componentes y hacer predicciones sobre el impacto en el costo de las partes, de acuerdo a cada factor de costo para dar una guía al usuario sobre cómo el costo de una parte puede cambiar al variar el valor de algún factor en específico (como por ejemplo, tiempo, tamaño, peso, tipo de tecnología).
- La mejora planteada aún depende del desempeño de los proveedores para el suministro de la información requerida por la empresa automotriz, por lo que existe un avance progresivo de los proveedores de manera paulatina.
- Se sugiere la formación de una figura única auditora para el control de la información suministrada.
- Continuar entrenamientos y monitoreo periódico a los equipos de compras y estimación de costos sobre la calidad de la información al momento de alimentar datos en los sistemas.

- Creación de una copia de seguridad de la base de datos de compras ajeno al área, cuyo control pase al área de estimación de costos.
- Ampliar el alcance de la estimación para el 100% de las piezas automotrices que comercializa La Empresa.
- Este trabajo es una referencia aplicable para otros casos en los que se pretende integrar bases de datos de múltiples sistemas con datos clave que las interrelacionen unas con otras, ya que se analiza el impacto del control de calidad en las entradas de los datos a los sistemas y la importancia de los datos maestros para la utilización y análisis de la información generada en los sistemas.
- Además de mejorar la eficiencia del equipo al realizar análisis de costos, se espera que la implementación de este proyecto sea un facilitador para el crecimiento del equipo y un catalizador para la innovación ya que teniendo integración de sistemas la información fluye con mayor agilidad y rapidez, fomentando mejor toma de decisiones y comunicando mejor las ideas entre equipos permitiendo una mayor colaboración a través de implementar infraestructuras comunes entre sistemas, bases de datos compartidas y multifuncionales. Se sugiere medir el crecimiento de la capacidad del equipo y el incremento en innovación a través de indicadores de desempeño para comprobar esta hipótesis para sustentar trabajos similares en el futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Psychological Association (2020). Normas APA 7ma edición. Recuperado de: <https://apastyle.apa.org/products/publication-manual-7th-edition>
- Cash, Jr., Earl, Morison, Noviembre 2008. Teaming Up to Crack Innovation and Enterprise Integration. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2008/11/teaming-up-to-crack-innovation-and-enterprise-integration>
- Friesa, M. et, al (2018). An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels, Greenhouse Gas Emissions and Total Cost of Ownership Update 2017. *Semantic Scholar*. <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Overview-of-Costs-for-Vehicle-Components-%2C-Fuels-Friesa-Kerlera/3dfd84187b7192d7ab6a1e71afd6dd5cc3621345>
- La Empresa Company. (2022). *Informe técnico de estimación de costos*.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad y productividad*. 3ra edición. Editorial Mc Grawhill
- Haardörfer, R. (2019). Taking Quantitative Data Analysis Out of the Positivist Era: Calling for Theory-Driven Data-Informed Analysis. *Sage Journals*. Vol 46 (4), pp 537-540. <https://doi.org/10.1177/1090198119853536>
- Prokhorov, I y Kolinski, N. (2018). Development of a master data consolidation system model (on the example of the banking sector). *Sciendirect*. N° 145, pp 412-417. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.11.093>
- Rebelo, M., Santos, G. y Mendes, P. (2016). Model based integration of management systems (MSs) – case study. *Emerald Insight*. V° 28, N° 6, pp 907-932. <https://doi.org/10.1108/TQM-09-2014-0079>
- Siemens (2022). TcPCM - Basic Tool Costing - Synthetics/Metals. https://training.plm.automation.siemens.com/ilt/iltdescription.cfm?pID=TRCT2385_TPCM_7.0_5000
- Vidal, E. (2005). *Diagnostico organizacional. Evolución sistémica del desempeño empresarial en la era digital*. 2da edición. Editorial ECOE
- Zadeh, A. V. (2020). Supply chain information integration and its impact on the operational performance of manufacturing firms in Malaysia. *Sciendirect*. N° 8, V° 57. <https://doi.org/10.1016/j.im.2020.103386>
- U.S. Securities and Exchange Commission, 2021. "General Motors Company 2021 Form 10-K Annual Report". <https://investor.gm.com/static-files/6ac492ca-6a4f-462e-9de8-0e2a7d471327>
- Bunkley, Nick, Enero 21, 2009. "Toyota Ahead of G.M. in 2008 Sales". The New York Times. <https://www.nytimes.com/2009/01/22/business/22auto.html>
- GM. January 5, 2021, "GM 2020 Sales Far Outperform the U.S. Industry in Fourth Quarter and Calendar Year" (Press release). Detroit, Michigan. Retrieved February 27, 2021. <https://investor.gm.com/news-releases/news-release-details/gm-2020-sales-far-outperform-us-industry-fourth-quarter-and>

General Motors. February 5, 2020. "GM Reports Earnings and Provides 2020 Outlook". Archived from the original on February 17, 2020. Retrieved February 17, 2020.
<https://investors.gm.com/news-releases/news-release-details/gm-reports-earnings-and-provides-2020-outlook>