



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®**

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ciencias Económico Administrativas

PROYECTO DE TITULACIÓN

Programa para implementación y control de yield (Desviación por pérdida de producción) en un proceso productivo para la empresa Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V.

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN GESTIÓN EMPRESARIAL.**

PRESENTA:

JESÚS XAVIER GÓMEZ ISLAS.

ASESOR:

ARTEMIO SOLÓRZANO FUENTES.



1. **PROGRAMA PARA IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE YIELD
(DESVIACIÓN) EN UN PROCESO PRODUCTIVO.**

PROYECTO DE TITULACIÓN QUE PRESENTA:

Nombre del aspirante:

Jesús Xavier Gómez Islas.

Nombre del Asesor:

Ing. Artemio Solórzano Fuentes.

Nombre de la Carrera:

Ingeniería en Gestión Empresarial.

Pabellón de Arteaga, Ags., mayo de 2023.



2. Agradecimientos.

Agradezco a mi querida hija Nancy por todo lo bueno que he vivido con ella, por su cariño y por su amistad. A mi amada Cintya, ya que ella me impulsa a querer ser mejor. A mi padre, Javier Gómez Quintana, por su ejemplo y porque siempre cuento con él, a Sensata Technologies de México, porque no solo me permite desarrollarme como trabajador sino como estudiante, y a mis asesores, Ing. Artemio Solórzano Fuentes e Ing. Juan Ramón Cortés Ríos.

Gracias.

ÍNDICE.

Contenido.	
Capítulo 2. Generalidades.	5
5. Introducción.	5
6. Descripción de la empresa y puesto del residente.	8
7. Problemas a resolver.	10
7.1 Procedimiento y descripción de actividades realizadas.	11
8. Justificación.	12
9. Objetivos.	13
9.1 Objetivo general.	13
9.2 Objetivos específicos.	13
Capítulo 3. Marco Teórico.	15
10. Descripción.	15
Capítulo 4. Desarrollo.	20
11. Descripción de actividades realizadas.	20
Capítulo 5. Resultados.	28
12. Resultados obtenidos.	28
Capítulo 6. Conclusiones.	33
13. Conclusiones del proyecto.	33
13.1 Recomendaciones.	34
Capítulo 7. Competencias desarrolladas.	36
14.1 Instrumentales.	36
14.2 Interpersonales.	39
14.3 Sistémicas.	41
Capítulo 8. Fuentes de información.	44
15. Referencias bibliográficas.	44
Imágenes.	
Imagen 1. Plano de ubicación de la planta.	9
Imagen 2. Vista aérea.	10
Figuras.	
Figura 1. Predicción de tiempos de ciclo.	18
Figura 2. Relación entre calidad y cobertura de pruebas.	19
Figura 3. Pasos del modelo de predicción de yield.	21
Figura 4. Ecuación de desviación o yield.	25
Figura 5. Representación gráfica de desviación o yield.	26
Figura 6. Costo de modificaciones vs fase de desarrollo.	27
Figura 7. Sensor de presión de 0 a 50 kPa.	28
Figura 8. Sensor 100PSIS.	28
Figura 9. Resultado de estudio de correlación.	29
Figura 10. Gráfica comparativa entre delta y cantidad producida.	30
Figura 11. Estudio de correlación entre RTY histórico y predicción.	31
Figura 12. Variación entre estimación y RTY.	32
Tablas.	
Tabla 1. Ejemplo de cálculo de DPMO.	22

Capítulo 2. Generalidades del Proyecto.

5. Introducción.

En toda organización, no importando el ramo al que se dedique, es necesario contar con herramientas de trabajo técnicas o metódicas cada vez más prácticas y eficientes que permitan dentro de cada una de las diferentes operaciones, una reducción significativa de toda clase de desviaciones que permitan obtener al proceso productivo una rentabilidad cada vez mayor a fin de alcanzar los objetivos de toda empresa. Esto es; producción, manejo de recursos humanos, manejo de materiales eficientemente y por supuesto lograr el crecimiento de la empresa con el consecuente beneficio de utilidades.

Este trabajo persigue el obtener una reducción de todos aquellos desperdicios y desviaciones en el proceso productivo, concientizando a los trabajadores en general sobre la importancia de que la empresa sostenga un adecuado balance financiero que conlleve al beneficio de todos los que participan en ella de una u otra manera.

Para desarrollar este trabajo, primeramente deberán definirse los criterios de calidad u oportunidades de defectos, tomando una muestra representativa de unidades y llevar a cabo una medición en cuanto a estándares de calidad previamente definidos que permitan mejorar un proceso que, dependiendo del nivel objetivo establecido como meta por la empresa, llevará a relacionar un DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades), como ejemplo, podrá basarse en la metodología Seis Sigma, que tiene como objetivo el lograr que este DPMO sea inferior a 3,4. Una vez que se ha obtenido este dato, se podrá hallar el desempeño del proceso (Yield) y el Nivel Sigma del mismo, que arrojará datos útiles de mejora como el DPO (Defectos por Oportunidad) y el Yield, que marcará el desempeño como tal. Esto es, definiendo a la desviación o “yield” como una medida de rendimiento de todo proceso productivo aplicable en una estación propia de trabajo o bien a nivel general del proceso.

La predicción, reducción y control de este índice “yield” resulta de gran interés para una adecuada planeación de recursos para la manufactura del producto, de ahí que se derive la necesidad de encontrar un método adecuado que sea aplicable a las circunstancias de la realidad actual de los procesos de manufactura de ensamble de sensores y controles electrónicos.

Durante la etapa de manufactura de estos productos, se encuentra que algunos procesos tienen un nivel de defecto. Esto genera desperdicios de material, de tiempo y costos de material y hasta de retrabajos, lo cual tiene un impacto en el costo de producción.

Al momento de realizar el diseño del proceso deberá tomarse en consideración el porcentaje fijo de eficiencia, de tal manera que, si se descubre que está en un menor rango calculándola en base a la producción obtenida, significará entonces que éste no está adecuadamente adaptado a lo que se persigue y se estará trabajando con pérdida, si bien es cierto que al momento de definir la estructura del proceso no se tienen los elementos suficientes para estimar el costo real dependiendo de las características del producto en específico; existen herramientas que permiten estimar el mismo como sería: PTR (Process Trial Report) de aquí tendríamos el Yield Rolled general del área y también los Yield de prueba y validación del proceso por estación unitaria. Finalmente, con toda esta información crearíamos el MER (Manufacture Engineer Report) que es el paso final para que los equipos de Ingeniería de Procesos, Ingeniería Mantto y Manufactura tomen las riendas del equipo y lo liberen a un proceso productivo estandarizado.

En la actualidad se espera que las organizaciones ofrezcan rendimientos productivos que hagan que merezca la pena la inversión que se arriesgó para conformarlas. Esto se logrará diseñando y analizando procesos cada vez más afines a la identificación de etapas o tareas de no valor que no aportan nada a la manufactura en sí, sino que, al contrario, en algunos casos generan desperdicios y reducen la eficiencia del proceso ya que son consumidores de recursos y tiempo.

De acuerdo con lo anterior, deberá ponerse una dedicación especial tanto en el diseño del proceso, a fin de hacerlo más ágil, menos engorroso y con las menores operaciones posibles, será el objetivo de inicio para posteriormente planificarlo buscando siempre con ello el trabajar conforme a normas de las diferentes metodologías con las que todas las empresas eficientes y competitivas laboran actualmente.

Ante tal situación, son de igual forma vitales la capacitación constante a los trabajadores a fin de que realicen sus funciones apegadas totalmente a lo diseñado y con una conciencia plenamente orientada hacia la reducción y eliminación de desviaciones o yield que actúen como un factor en contra de alcanzar una producción eficiente y con calidad.

Una compañía que se basa en estas técnicas de mejora continua y en adecuados planes de trabajo y procesos de manufactura, pero sobre todo en organización, disciplina y sostenimiento, será capaz de entregar a los consumidores finales productos que cumplan con altos estándares de calidad y que le permitan obtener un grado de rentabilidad óptimo que, por lo tanto, traerá beneficios para todos los que la conforman.

6. Descripción de la empresa y puesto o área de trabajo del residente.

Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V., parte de la organización mundial de Sensata Technologies, Inc., esta última con sede en Attleboro, Massachusetts, Estados Unidos de América, es una de las empresas proveedoras de sensores, protección eléctrica, controles electrónicos y fuentes de poder con centros de negocio y operaciones en 13 países, incluyendo China, Japón, Corea, Malasia y México, entre los más importantes.

De hecho, el nombre de Sensata proviene de la palabra latina “sensato”, “aquellas cosas que se pueden sentir”, de tal manera que el logotipo de la compañía está escrito utilizando el sistema Braille.

Sensata Technologies es el líder mundial e innovador en sensores y controles electrónicos diseñados para misiones críticas para mantener el mundo más limpio, más seguro y eficiente. Por misiones críticas se entiende que estos productos son precisos y difíciles de manufacturar. Produce cerca de 47,000 productos que son utilizados en ramas industriales muy diversas como son la automotriz, aeronáutica y del espacio, productos del hogar y telecomunicaciones. Es una compañía orgullosa de saber que sus propias tecnologías fueron desarrolladas para proporcionar seguridad, eficiencia y confort a millones de personas cada día.

En lo referente al puesto y área de trabajo específica del residente, se encuentra destinado a labores de apoyo y soporte del ingeniero de proceso Juan Ramón Cortés Ríos, encargado de áreas de producción específicas de la rama “APT” (Automotive Pressure Transducer) o Transductores de Presión Automotrices, a fin de agilizar los procesos que actualmente se utilizan de tal manera que podrán ser factores clave en la disminución de tiempos de manufactura, empleo de materia prima en forma más práctica,

concientización de plantilla de trabajadores en cuanto a reducción de desviaciones yield, y soporte en capacitación de personal.

Este programa de implantación y control de desviaciones (yield) aplica a la compañía fabricante de sensores y controles electrónicos “Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V.” siendo una empresa reconocida como líder en este rubro a nivel mundial, y que podemos observar, en la imagen 1, su ubicación actual en la ciudad de Aguascalientes, Ags. De igual manera, en la imagen 2, se aprecia en una vista aérea el complejo que conforma actualmente la planta.



Imagen 1. Plano de ubicación de la planta Sensata Technologies de México, S. de R.L. dentro de la ciudad de Aguascalientes, Ags. México.



Imagen 2. Vista aérea de la planta Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V.

7. Problemas a resolver.

- Recorrido por la empresa e identificación de todos aquellos factores que conllevan un desperdicio no conforme con la metodología de la manufactura esbelta.
- Analizar y mejorar las actividades que se realizan dentro de las operaciones de fabricación.
- Identificar y dar a conocer las normas aplicables al centro de trabajo.
- Informar sobre la importancia de la normatividad del control de desviaciones (yield) y brindar capacitación sobre trabajar en base a la técnica de manufactura esbelta.

7.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

- Recorrido, reconocimiento de la empresa y solicitud de información específica.
- Desarrollo de una matriz acerca de la normatividad aplicable en cuanto a la implementación y control de desviaciones para Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V.
- Desarrollo de un sistema de verificación de reducción y control.
- Registro y análisis de la información.
- Ajustes de información, análisis y definición de casos críticos.
- Diseño del documento para el diagnóstico.
- Presentación de alternativas de cumplimiento.
- Implementación del programa de reducción y control de desviaciones (yield) para las áreas operativas.
- Validación y ajustes.
- Retroalimentación del diagnóstico.
- Validación del programa por la empresa.
- Definición del diseño del documento.
- Estructura del documento y presentación.
- Entrega a Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V.

8. Justificación.

La elaboración de un programa para implementar y controlar la desviación en cualquiera de los procesos productivos que se llevan a cabo dentro de las empresas de cualquier giro es de mucha importancia, puesto que ayuda en la identificación de factores que no aportan nada y que, por el contrario, consumen recursos de todo tipo, mismos que podrán ser empleados en otros rubros haciendo a las organizaciones más rentables.

Este programa de implementación y control de desviaciones ayudará a la empresa a mantenerse en constante actualización, ya que con él se persigue no solamente el estar a la vanguardia en los diferentes rubros a los que está dedicada, como son el automotriz, eléctrico y de telecomunicaciones, sino en el ampliar sus expectativas de negocios fijando siempre su objetivo en el crecimiento y en el liderazgo, buscando además la satisfacción de sus inversionistas y colaboradores, ofreciéndoles a estos últimos no solo un ambiente laboral sano y confortable, sino también amplias posibilidades de crecimiento por medio de una constante mejora.

La empresa Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V. llevará a cabo la implementación de este programa que repercute en el descubrimiento de oportunidades de mejora, con mejores estándares de productividad y rentabilidad, que son los fines que se persiguen.

9. Objetivos.

9.1 Objetivo principal.

Desarrollar un Programa de Implementación y Control de Desviaciones (Yield) para la empresa Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V., que permita la identificación de factores dentro de un proceso que no aportan al mismo y que, como consecuencia, ocasionan retrasos y consumo de recursos a fin llevar a cabo su eliminación agilizando con esto los procesos de trabajo que permitirán alcanzar una mayor rentabilidad.

9.2 Objetivos específicos.

- Desarrollar un instrumento de sustento de mejora continua a fin de reducir de manera drástica o eliminar todos aquellos factores que no aportan a un proceso de producción.
- Eliminar los desperdicios en todos los puntos involucrados en un proceso productivo.
- Estructurar un diagnóstico con base en la normatividad aplicable.

- Desarrollar una propuesta para el cumplimiento de la normatividad con base al diagnóstico desarrollado.
- Definir necesidades propias de las áreas involucradas en un proceso de producción.
- Especificar y homologar las instrucciones de trabajo que permita a los trabajadores identificar y comprender las mismas a fin de lograr una estandarización.
- Generar un programa de integración, capacitación y seguimiento respecto a los diferentes pasos de un proceso específico.
- Definir diferentes operaciones que conforman determinado proceso de acuerdo a la organización de cada celda de manufactura.
- Delegar responsabilidades de acuerdo a las actividades establecidas.
- Promover las buenas prácticas.
- Impartir pláticas sobre la importancia de la eliminación de desperdicio en todas las etapas de acuerdo con la herramienta de manufactura esbelta (tiempo, movimientos innecesarios, inventario excesivo, sobreproducción, transportación inútil, exceso de procesos, defectos).
- Reforzar la importancia de la disminución y eliminación de desviaciones, así como el cumplimiento de las normas que aplican en un área específica y en la empresa en general.
- Hacer este programa del conocimiento de los trabajadores.

Capítulo 3. Marco Teórico.

10. Descripción del marco.

Cuando se habla del “yield” y su control, (En español “desviación”), es de vital importancia el tener en consideración que debe utilizarse de manera fáctica el conocer los recursos asignados y llevar a cabo una planeación adecuada a fin de buscar no solamente la disminución de costos sino el desarrollar todas las etapas de un sistema de procesos que han de tomarse de guía para la correcta manufactura de los productos a comercializar (en el caso de esta empresa, tanto controles electrónicos como sensores). Una vez realizado esto, el siguiente paso a seguir es lograr una funcionalidad tomando en cuenta todas las variables a cumplir y que permita, después de una correcta medición y control, ir perfeccionando este sistema o método que no solamente se adapte, sino que se aplique a la forma en que actualmente son fabricados los productos electrónicos y automotrices y que al día de hoy estas empresas utilizan no solamente para obtener beneficios sino para obtener la preferencia de sus clientes.

Todo modelo que busque predecir, reducir y controlar esta desviación, definitivamente lo más aconsejable es la creación de un modelo que tome en cuenta los atributos del proceso a seguir y la complejidad del diseño. Considerar también que la utilización de este será una herramienta muy útil a fin de tener perfectamente definidos los objetivos a alcanzar en la fabricación de dichos artículos.

Las etapas para considerar a modo de diseñar un modelo adecuado a lo que se persigue son las que a continuación se enumeran:

- 1) Identificar y calificar los diferentes atributos que tienen una complejidad que raye en lo crítico.
- 2) Recabar y almacenar todos aquellos datos que puedan ser útiles.
- 3) Apoyados en la estadística, crear modelos que permitan calificar y poner a prueba el impacto de todas las variables involucradas.

Otro factor para tener en mente es aquel que en tanto más variables basadas en el rubro del diseño se tomen en cuenta, se obtendrá un prototipo más preciso. Sin embargo, puede correrse el riesgo de enfrentar la resolución de imprevistos no considerados durante la etapa del diseño, así como el factor tiempo, mismo que correría el riesgo de incrementarse. De igual manera, se elaboró un análisis de sensibilidad en los diferentes tipos de elementos, llegando a la conclusión de que algunos modelos tienen de manera significativa un grado efectivo más elevado en lo referente a la desviación que otros. Las entradas de los diferentes productos para manufacturar son históricas de la desviación yield, datos de DPMO con su listado de materiales "Built of Material (BOM) de las líneas de fabricación, Este BOM de diseño que deberá desarrollarse a fin de considerar la fabricación de un nuevo número de parte, satisfacción y control de pruebas y cálculo de los retrabajos por defecto. Así mismo, deberá considerarse a todas y cada una de las salidas del mismo modelo son factores a utilizar para predecir y controlar el llamado DPMO, predicción del yield o desviación y el estudio de sensibilidad que pudiera llegar a afectar a todo el proceso en sí. Principalmente en las actividades tempranas del diseño y posteriormente, su desarrollo considerado de forma global.

De igual manera, el FPY (First Pass Yield) es un método muy utilizado cuando quiere medirse un proceso en lo referente a su calidad. Debe tomarse también en consideración que su limitante es que solo devuelve un radio de factores buenos y malos sin considerar la cantidad de defectos de los no aprobados. Otra limitación que se deriva es aquella que surge de la relación tan cercana entre la desviación que fue considerada para medirse y el rango de las pruebas llevadas a cabo.

Cabe mencionar también que el métrico de DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades), es un sistema apropiado para medir y calificar la manera en la que un proceso se desenvuelve y es útil en lo referente a que también puede ser tomado como una base para calcular los valores “Sigma” dentro del mismo. Por lo contrario, con el FPY, deberá tomarse en cuenta que proporciona solamente el número de unidades que resultaron defectuosas, los DPMO arrojan que es posible que existan defectos de diferente naturaleza dentro del producto en sí que está siendo evaluado.

En este punto, la utilización del método de Jing Li se avoca en el establecimiento de un modelo dedicado al pronóstico (forecast, en lengua inglesa) de tiempos de ciclo y a una adecuada, administración, control y utilización de recursos (material, mano de obra, maquinaria, tiempo). Mediante la conjunción integral previa del diseño del artículo en base a modelos de simulación, esta técnica se basa en DES (Discret Event Simulation), definido como el uso de diferentes modelos de un sistema de operación en un sistema en una secuencia de eventos dentro de un período de tiempo considerando que cada evento ocurre en un instante en particular dentro de una unidad de tiempo previamente definida y que marca un cambio en el estado del proceso. Dentro de esto, y al llevar a cabo la simulación, puede tomarse como factor de pronóstico la ocurrencia del siguiente evento para con ello planear recursos requeridos, predecir tiempos de ciclo y optimizar el despliegue de recursos para un producto específico con la consabida reducción de costos, objetivo importante a perseguir. En esta fase, debe considerarse también el incluir los datos específicos dentro del diseño del producto CAD (Computer - Aided Design / Diseño Asistido por Computadora) y BOM (Bill of Materials / Lista de materiales necesarios para fabricar un artículo) y trabajando a la vez sobre el modelo de simulación mediante 3 módulos en los que deberá de valerse todo el desarrollo:

- 1) Planeación de recursos,
- 2) Cálculo de tiempos de operación,
- 3) Predicción de yield o desviación.

Favor de referirse a la figura 1 para observar de manera práctica.

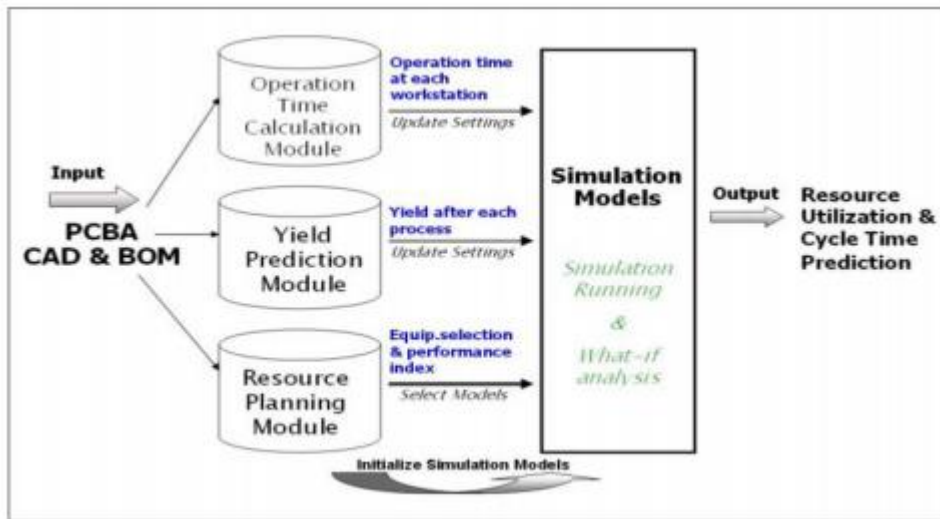


Figura 1. Predicción de tiempos de ciclo y utilización de recursos. Fuente: Jing Li (2011)

Así mismo, todo este estudio arroja que el diseño de todo producto tiene un impacto importante dentro del tiempo ciclo de producción y considerando también los consabidos costos. Es natural que un determinado número de parte a ensamblar con una estructura más compleja, obviamente requiere más pasos de proceso, mayores tiempos en cuanto a operación se refiere y por lógica, se generarán más altos índices en cuanto a defecto se refiere. Precisamente de ahí la importancia de integrar los factores de diseño de producto en un adecuado sistema de planeación que considere todos los recursos de manufactura apropiadamente y en base a esto, poder también identificar y considerar las diferentes áreas de oportunidad en cuanto al control y reducción de las desviaciones (yields) así como su adecuado manejo posterior.

Deberá tomarse en consideración la utilización del estudio realizado por el ingeniero estadounidense especialista en pruebas para diseño de sistemas, James P. Schoen, en el cual se recomienda realizar un estudio sobre la correlación entre la desviación, la cobertura de pruebas, piezas rechazadas por defecto y los índices de calidad que cumplen las que finalmente fueron aprobadas. Al ir aumentando la cobertura de pruebas

hacia el 100%, este yield o desviación de pruebas comienza a acercarse al yield del proceso de manufactura que se persigue para ser ya aprobado dentro de una línea de producción. Es por esta razón que maximizar la cobertura de fallas con todas las variables que se consideren de importancia para un producto específico y diseñar en base a ello la estrategia de pruebas alrededor de este principio es una parte muy importante para asegurar la calidad de los productos que han de fabricarse en serie dentro de una cadena de montaje. Es un error el considerar que un yield alto es algo bueno cuando la cobertura de fallas es baja.

La siguiente gráfica, que podemos apreciar en la figura 2, muestra como la calidad mejora con el incremento de la cobertura de fallas:

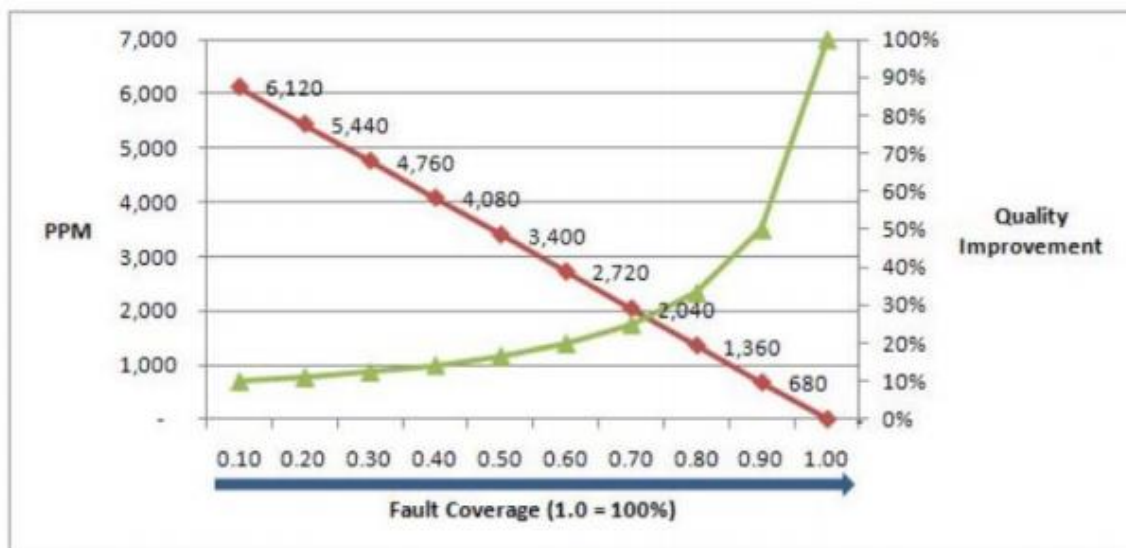


Figura 2. Relación entre la calidad y la cobertura de pruebas. Fuente: James P. Schoen.

En el presente trabajo de residencias para Sensata Technologies, se toma como punto de partida la base de modelos de predicción de yield existentes, pero se incluye además el resultado de un análisis de manufacturabilidad (DFM). Otro punto importante que se consideró es el de la integración de este modelo al sistema que ayudará en cuanto a la planeación de recursos, de tal forma que se asegure que desde su etapa inicial de la gestión de los proyectos nuevos se identifiquen y consideren los recursos necesarios para el proyecto a considerar.

Capítulo 4. Desarrollo.

11.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

Lo que se pretende al realizar este análisis, como ya se había indicado, es para la identificación del “yield” o desviación, los cálculos de OFD, DPMO y DPU como base para el control de este yield en manufactura, los cuales son descritos a continuación. En la figura 3, podrá notarse de forma gráfica, los diferentes pasos para el modelo de predicción y su validación contra los datos de producción.

Los primeros 3 pasos son realizados utilizando datos históricos de producción de productos similares, mismos que son utilizados para la realización de los cálculos de OFD y DPMO para luego obtener la tabla de valores del mismo DPMO tomando en cuenta los diferentes tipos de componentes y características del diseño estudiadas. En estas primeras 3 etapas es cuando se genera la base de datos sobre la cual serán realizadas las estimaciones o predicciones para los nuevos ensambles y, por lo tanto, son realizados solo de primera vez o cuando sea necesario anexar una nueva clasificación.

Los pasos restantes (del 4 al 6), son realizados tomando en cuenta los datos de los productos a los cuales será realizada la predicción del yield a fin de tener un mejor control sobre éste.

Los pasos 4 y 5, cálculo de DPU y predicción de yield, serán datos útiles para desarrollar y realizar el diseño de los productos y, por lo tanto, pueden efectuarse aún antes de que sean realizadas las prácticas piloto, desarrollo de prototipos y producción de estos. Estos últimos son los 2 pasos para efectuar de manera continua cada que se tengan nuevos productos a estudiar con el objetivo de identificar y controlar la desviación desde inicios

de cualquier proceso logrando a futuro menores costos de producción y reducción de tiempos.

El paso 6, conocido como el cálculo del RTY (Rolled Throughput Yield), que es definida como la oportunidad que tiene una unidad producida cruce por todas las operaciones que forman un proceso sin ningún defecto, es realizado con datos de producción del ensamble estudiado, y es realizado por tanto una vez que los productos estén ya en el área de manufactura. Este paso se realiza solamente con fines de validación del resultado obtenido en la predicción o pronóstico.

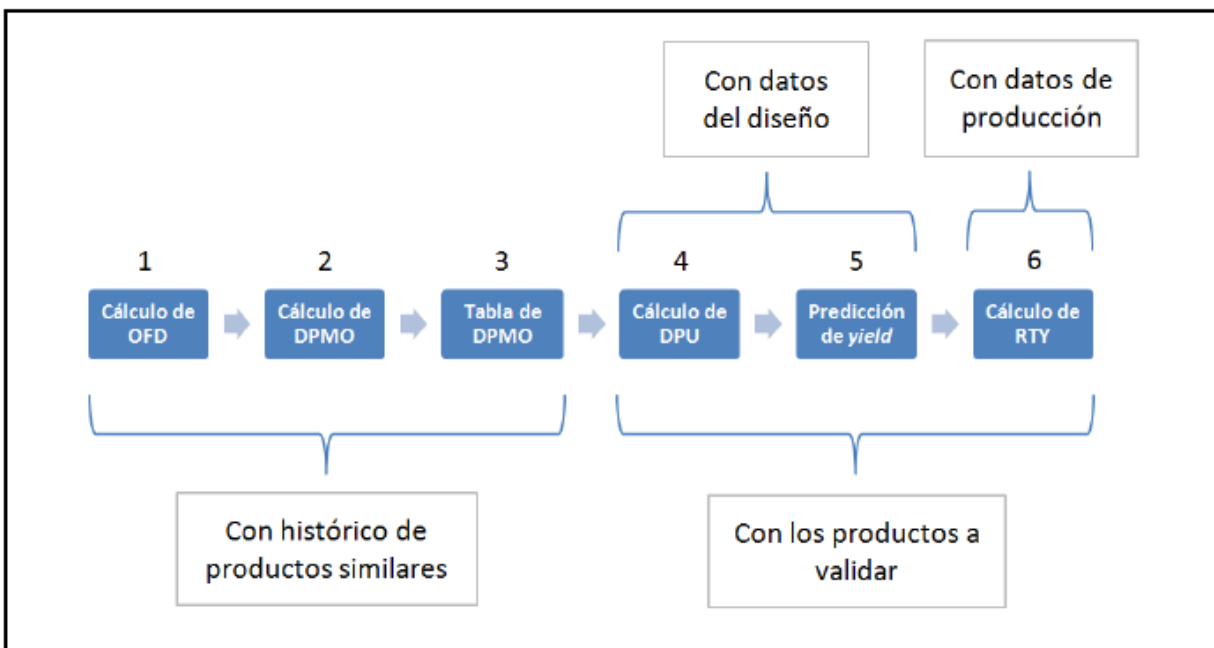


Figura 3. Pasos del modelo de predicción de yield.

Cálculo de OFD.

Para la determinación de los OFD (Opportunities For Defect), tomamos como referencia el estándar IPC-9261A (2006). Estos se determinan para cada componente del ensamble, generalmente expresados como:

$$OFD = OC + Op + Ot$$

Donde:

Oc = Component Opportunity (Oportunidad del Componente)
Op = Placeen Opportunity (Oportunidad del Lugar)
Ot = Termination Opportunity (Oportunidad del Producto Terminado)

La cantidad de oportunidades por cada componente es igual a 1. Los defectos de componente pueden ser mecánicos o eléctricos. Dicho esto, el componente se encuentra fuera de especificaciones. Los defectos de colocación son todos los errores de presencia y posicionamiento (fuera de registro, girado, grado de inclinación de terminales, invertido).

Cálculo de DPMO.

Para la determinación de los **DPMO (Defectos Por Millón de Unidades)**, se realiza el cálculo por medio de la siguiente fórmula:

$$DPMO = (\text{Número total de defectos} / \text{número total de oportunidades}) \times 1,000,000$$

En la tabla 1 se muestra un ejemplo del cálculo de DPMO de un elemento, que puede ser un componente o una característica de diseño. La cantidad de oportunidades (OFD) por unidad, ya sea componente o característica de diseño en este ejemplo es 16, que multiplicado por las unidades producidas en este ejemplo (21665), se obtiene un total de oportunidades de 346,640. Al dividir el total de 20 defectos encontrados entre 346,640, que es el total de oportunidades, y multiplicado por 1,000,000, se obtiene un valor de 58 DPMO.

Unidades producidas	Unidades aceptadas	Defectos	Oport / unidad	Total Oport	FPY	DPU	DPMO
21665	21483	20	16	346640	0.99159935	0.00092315	58

Tabla 1. Ejemplo de cálculo de DPMO.

Tabla de DPMO.

Una vez habiendo realizado los pasos 1 y 2 (Observar la figura 3), con los datos históricos de artículos en producción, se genera una tabla para la observación gráfica de los resultados obtenidos. Esta tabla contiene básicamente 2 columnas:

1.- Es la clasificación de tipos de componentes y de características del diseño de los productos estudiados.

2.- Valor obtenido de DPMO considerando cada una de dichas clasificaciones.

En base a esta tabla, es posible realizar los siguientes pasos para la predicción y control del yield para nuevos productos que sean similares a los productos de donde se obtuvieron los datos históricos para la generación de esta tabla.

Si algún nuevo artículo a manufacturar requiere una nueva clasificación de tipo de componente o incorporar una nueva característica de diseño, será necesario realizar la actualización de esta tabla de DPMO a modo de incluir dichas nuevas clasificaciones, regresando nuevamente los pasos 1 y 2.

Cálculo de DPU.

El valor de **DPU (Defectos por unidad)** es el promedio de defectos por unidad y se calcula de la siguiente manera:

$$DPU = \text{número total de defectos} / \text{número total de unidades}$$

El valor de este DPU que se estima, tanto para un componente como para una característica de diseño, tendrá que calcularse de la siguiente manera, una vez obtenido el valor de OFD y DPMO:

$$DPU_c = (OFD_c \times DPMO_c) / 1,000,000;$$

$$DPU_{dc} = (OFD_{dc} \times DPMO_{dc}) / 1,000,000$$

Donde:

c = Componente

dc = Característica de diseño

El valor de DPU de cualquier parte para ensamblaje, se obtendrá al realizar la suma de los DPU obtenidos de manera individual para cada uno de sus componentes y características propias para ese diseño en específico:

$$\sum DPU_c + \sum DPU_{dc} = DPU_{ensamble}$$

Pronóstico de desviación:

Para la predicción de esta desviación, se considera para el desarrollo del modelo, el tomar en cuenta la distribución de la probabilidad de Poisson, la cual distribuye la probabilidad de que un evento suceda a partir del cálculo de una frecuencia de ocurrencia media para así obtener la probabilidad de que pasen un determinado número de eventos durante un intervalo de tiempo previamente dado. La desviación será el área bajo la curva de densidad de probabilidad, el cual complementa la probabilidad de cero defectos.

Matemáticamente esta relación se describe en la siguiente ecuación de la figura 4.

$$Y = P(x = 0) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = e^{-\lambda} = e^{-\frac{D}{U}} = e^{-DPU}$$

Figura 4. Ecuación de yield.

Donde:

Y Es la desviación del ensamble,
 λ es la media de distribución,
x es el número de fallas.

Esta relación se muestra gráficamente en la figura 5.

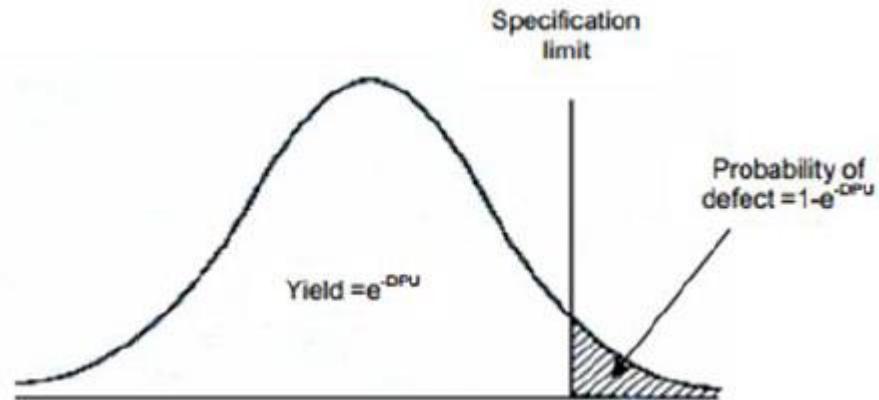


Figura 5. Representación gráfica del yield.

Cálculo de RTY.

De igual forma, para el cálculo del yield real obtenido, se utiliza el **RTY (Rolled Throughput Yield)**. El RTY es la oportunidad de que una unidad pase por todos los pasos del proceso sin ningún defecto. Para estimar el RTY se multiplican los FPY (First Pass Yield) individuales de cada proceso.

$$RTY = FPY1 \times FPY2 \times FPY3 \times \dots \times FPYk$$

Inclusión de modelo en el proceso de NPI.

El proceso de introducción de nuevos productos consta de 5 etapas:

1. Planeación,
2. Preparación,
3. Realización o Ejecución,
4. Preparación para la producción masiva en línea de ensamblaje,
5. Manufactura en serie.

Cada una de las etapas cuenta con una lista de pasos y entregables que deberá ser considerada de manera completa en cada una de las diferentes áreas, desde la recepción de materia prima, hasta la entrega del producto terminado.

El objetivo de la metodología de proceso de **NPI (New Product Introduction)** es el aseguramiento que el diseño y proceso de manufactura de los nuevos artículos destinados a su fabricación y su posterior comercialización sea realizada de manera continua, con las mismas características consideradas de manera inicial y que estas sean transferidas a la fabricación en serie en forma adecuada habiendo sido detectados, clasificados de manera previa y corrigiendo los problemas de diseño, fabricación mecánica y calidad para la posterior identificación, control y reducción de desviación que es lo que finalmente se persigue.

Dentro de la fase de planeación del proceso de diseño y desarrollo para el lanzamiento de nuevos productos deberán establecerse las necesidades, oportunidades y factibilidad de la empresa con el menor costo de materia prima, mano de obra y tiempo de fabricación. Aquí los datos de preferencia del cliente, distribución y de competencia de mercado, combinados con los gustos del consumidor final para satisfacer sus necesidades y especificaciones del producto, son factores críticos para llevar a cabo un correcto desarrollo de un nuevo artículo de manera integral.

Para poder llevar a cabo un buen cálculo en lo referente al factor de la rentabilidad, deberá incluirse también el proceso de estudio o análisis de factibilidad como parte del proceso de cotización (RFQ) y siempre considerando la fabricación con los menores costos posibles en todos los factores. El objetivo de este estudio será calcular si la fabricación de determinado artículo podrá llevarse a cabo considerando los procesos vigentes, maquinaria, materia prima, factor humano y tecnología disponibles en la planta de Sensata Technologies, así como determinar si será rentable obteniendo un adecuado margen de utilidad considerando la inversión y si se cuenta con la capacidad disponible en todos los aspectos para el desarrollo y lanzamiento de algún nuevo producto. En base a todo esto, deberá llevarse a cabo el estudio de las especificaciones del producto en sí y recabar la mayor información por parte del cliente en cuanto a características, preferencias, funcionalidad, costo futuro de comercialización, número de piezas que conformarán una sola serie previamente a ajustes y correcciones de cualquier tipo y márgenes de utilidad esperados.

Es este el punto focal y crítico en donde el producto y pronóstico de fabricación adquiere gran importancia, puesto que es en esta etapa en donde se realiza el cálculo de costos y se hacen compromisos de niveles de calidad, costos y tiempos de entrega con el cliente que adquirirá y distribuirá el producto. Como parte del pronóstico de la desviación, a modo de reducirla al máximo, deberá considerarse en esta fase, el análisis de diseño y factibilidad considerando los recursos actuales y futuros para la posterior fabricación. (DFM), de tal forma que, si se detectan problemas dentro de la etapa temprana del diseño, por medio de un prototipo debidamente documentado, estos deberán darse a conocer al cliente para su consideración y corrección en el menor tiempo posible, así

como ser considerados dentro de la cotización si es que el cliente finalmente decide arrancar la producción con dichas oportunidades encontradas de manera previa para la mejora del diseño e iniciar la siguiente fase ya en el rubro de la fabricación.

Un análisis de rentabilidad y factibilidad es una de las fases más importantes en el diseño, fabricación y comercialización del nuevo artículo, puesto que es precisamente en esta fase en donde se tiene una mayor influencia en los costos en general y en determinar si una vez ya manufacturado el número de parte en cuestión, podrá comercializarse en el futuro a un precio competitivo. Si se observa la figura 6 se podrá descubrir de manera gráfica la manera en que dentro de las fases tempranas de desarrollo y diseño del artículo en específico, si el costo de modificación ya dentro de línea de producción es bajo (Considerando los menores cambios dentro de una misma serie y determinando el número de piezas que contemplará la primera a fin de realizar ajustes de mejoría una vez terminada la misma y previa a lanzar la siguiente) y si este costo se incrementará quizá de manera exponencial dentro de las etapas de producción, lanzamiento, comercialización y distribución.. De igual manera, la realización de planear adecuadamente el costo, la calidad, requerimientos de maquinaria y personal y tiempos de fabricación y entrega , es más alta en las etapas de desarrollo del concepto de producto, elaboración de prototipo, aprobación del mismo y de los estudios de factibilidad de producción con recursos actuales y futuros y también del diseño para posteriormente iniciar y sostener la producción con los menores requisitos dentro de las etapas de adquisición de materia prima y producción dentro de la línea de montaje.

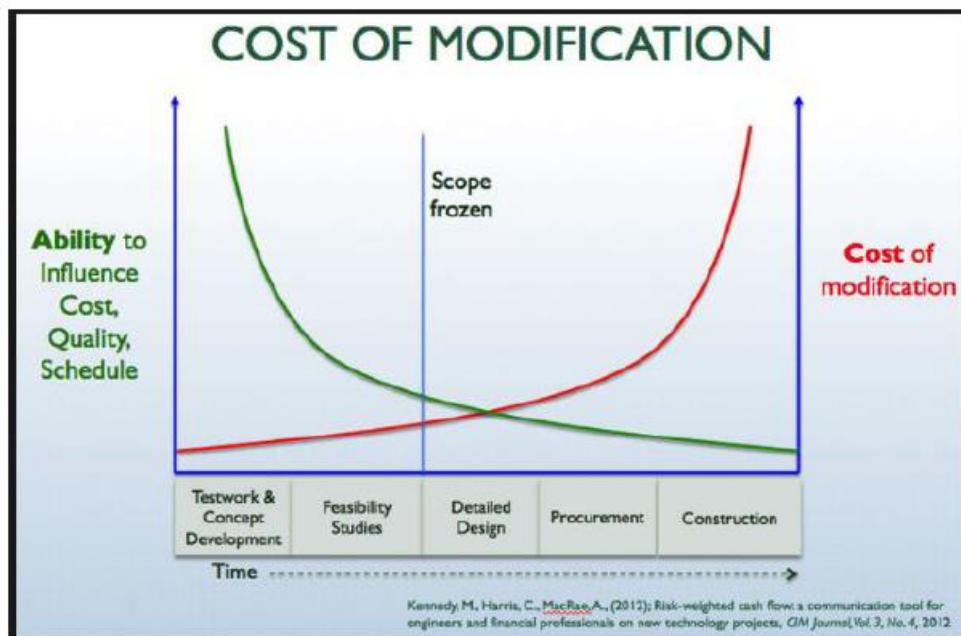


Figura 6. Costo de modificaciones vs fase de desarrollo del proyecto. Fuente: Kennedy, Harris, Mac Rae (2012).

Capítulo 5. Resultados.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una colección de datos de ensambles con historial de producción. La producción estudiada fueron transductores de presión manufacturados para la industria automotriz. Como ejemplo, podemos tomar los productos de la Fig. 8 y Fig. 9, los cuales son elementos donde se requiere la medición adecuada de la presión, convirtiendo esta en una señal eléctrica de salida, ya sea analógica o digital, misma que es utilizada por otros dispositivos como controladores o alarmas.



Sensor de presión Medidor 0 ~ 725.19PSI (0 ~ 5000kPa)
0.5V ~ 4.5V Macho - 1/4" (6.35mm) NPT Cilindro,
roscado

Figura 7.



SENSOR 100PSIS 1/4"NPT 4.5V

Figura 8.

Se obtuvieron datos históricos del yield de la producción de un período aproximado de un año, entre el mes de octubre de 2019 y octubre 2020. Se realizó una clasificación de los diferentes tipos de componentes y su proceso de ensamble. Para ello, fue requerida la revisión de las especificaciones y dibujos de los componentes, así como los dibujos del ensamble.

Para cada componente se determinaron sus **OFD** (Opportunities For Defect). Estos datos se cruzaron comparando el historial de defectos de los reportes de desviación para cada uno de los artículos a fin de llevar a cabo un mejor control en cuanto al valor de *DPMO* (Defectos por millón de oportunidades).

En lo referente a la obtención de una calificación aprobatoria en el proceso real de fabricación, se llevó a cabo el cálculo de DPU de cada componente que conforman el ensamble de las piezas y se realizó la sumatoria de todos los elementos a fin de conocer el factor de DPU total de cada producto manufacturado. Con la obtención de este factor, fue llevada a cabo el pronóstico de la desviación que podría obtenerse para cada uno de los ensambles y apoyándose en la fórmula siguiente ($Y = EXP(DPU)$).

La etapa que continuó fue la de llevar a cabo el cálculo de yield real (RTY) como el pronóstico esperado de desviación ($Y = -EXP(DPU)$) y se elaboró un estudio de correlación a modo de conseguir un valor R (coeficiente de correlación) por encima del 0.8.

Estos datos obtenidos fueron validados mediante un estudio de correlación realizado mediante el software “Minitab” y el resultado es mostrado en la figura 10.

Correlations: RTY, Prediction

Pearson correlation of RTY and Prediction = 0.711

P-Value = 0.000

Figura 9. Resultado de estudio de correlación. Fuente: Elaboración propia con software “Minitab”.

El valor que se obtuvo para $R = 0.711$ fue menor al mínimo esperado de 0.8, por lo cual, se investigó más a detalle las posibles causas para la obtención de este factor.

La gráfica de la figura 10 permite observar la relación proporcional entre la cantidad de transductores de presión producidos y el delta o error obtenido en el pronóstico y posterior control de desviación con este modelo (Sensor 100 PSIS).

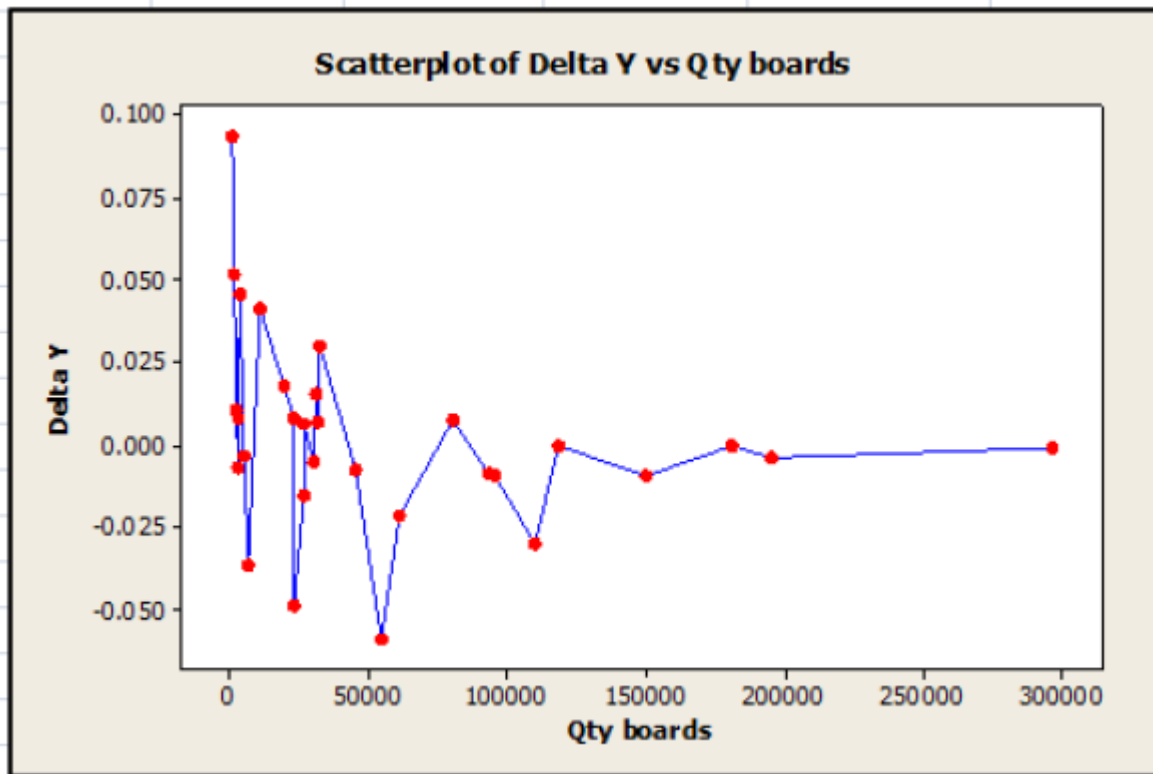


Figura 10. Gráfica comparativa entre el delta obtenido y la cantidad de transductores.

Si se observa la misma, podrá notarse que este modelo tiende a manejar una mayor precisión y con delta o error cercana a cero. Esto es, inversamente proporcional cuando la cantidad de transductores producidos es mayor. Esto es, se logró la conformación y estabilización del proceso de acuerdo con lo esperado.

Al eliminar estos 2 datos, con base en la explicación anteriormente manifestada, se efectuó nuevamente el estudio de correlación con el resultado mostrado en la figura 12.

Correlations: RTY, Prediction

Pearson correlation of RTY and Prediction = 0.822

P-Value = 0.000

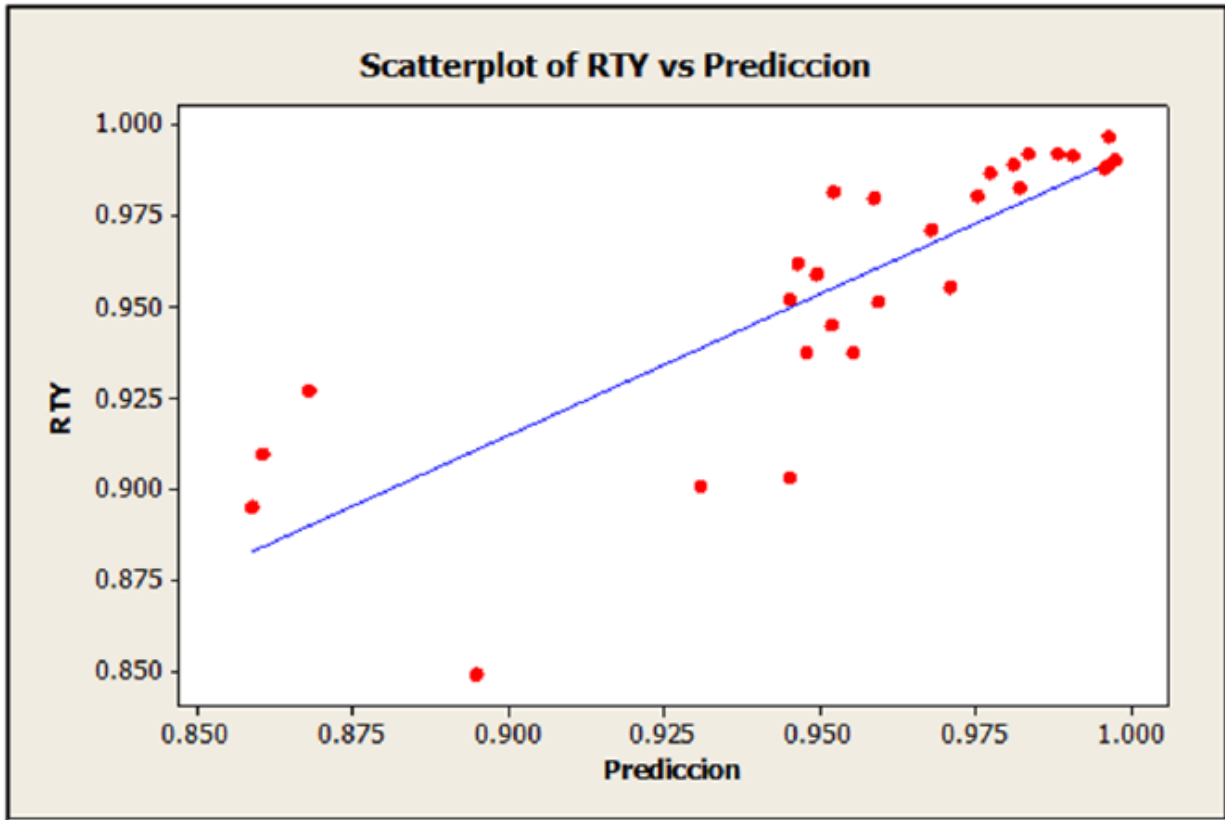


Figura 11. Estudio de correlación entre el RTY histórico y la predicción.

Es notable que, en base a este nuevo estudio, ahora el factor de correlación que se obtuvo es del 0.822, el cual está por encima del 0.8 esperado. Así como la variación obtenida está dentro del +/- 5% de error. En la figura 13 se observa la variación o error promedio entre el valor real o RTY y el valor que se calculó y se obtuvo con este modelo, que es del 0.25% con una desviación estándar de 2.3%

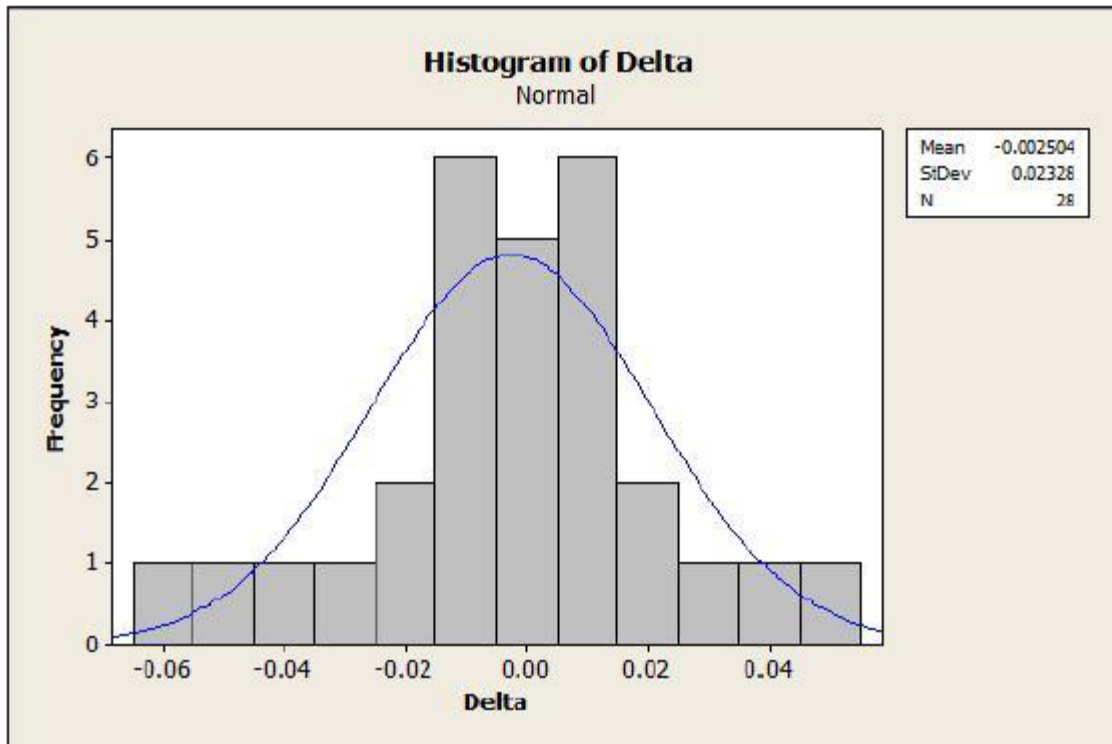


Figura 12. Variación o delta entre la estimación y el RTY.

La nueva variación obtenida fue calculada considerando los costos que se obtuvieron por desperdicios, costos de reparación (que se derivan en costos de retrabajo, con pago de tiempo extra a personal operativo, servicios, energía eléctrica, consumibles y materia prima) así como el desperdicio ocasionado por reparación y factor tiempo no considerado en el momento de la fase de diseño. Mediante el modelo mostrado en este reporte y descripción del mismo, se consiguió el valor de desviación calculado. Si se realiza una comparación comparado contra el valor fijo de 95% del modelo actualmente utilizado, se conseguirá una variación o delta (Calc vs 95%). De los 30 productos manufacturados y llevados a estudio, pudo descubrirse que 11 de ellos, esto es, el 37%, muestran una pérdida que no fue tomada en cuenta contra el modelo que se emplea actualmente.

Capítulo 6. Conclusiones.

13. De proyecto.

Después de llevar a cabo este análisis realizado en el diseño y desarrollo de este modelo de pronóstico o predicción nos arroja que es posible el manejar información confiable, basada en datos obtenidos con pruebas y con un factor de correlación arriba de 0.8, para poder realizar una estimación de los costos y recursos requeridos para el proceso de fabricación de los mencionados transductores de presión.

En base a pruebas, el modelo obtenido con los datos resultado de las mismas, tiende a ser más exacto para la etapa posterior al arranque de manufactura inicial. Derivado de esto, la sugerencia es tomar en cuenta los probables costos adicionales durante dicha etapa de producción ocasionados por la curva de aprendizaje y ajustes iniciales en el proceso.

Dicho modelo tendrá validez para los procesos de fabricación (considerando metodología esbelta o “lean”) y prueba de transductores de presión de la población estudiada y en base a las capacidades de establecimiento de proceso y recursos del sitio de manufactura de dicha población, en base a la cual fueron determinados de manera previa por medio de los valores de DPMO.

Es muy importante tomar en cuenta que, durante la etapa de cotización de los productos, (desarrollo y diseño), se puede tener un mayor impacto en la consideración de costos, recursos materiales y tiempos de fabricación y distribución. La realización oportuna del estudio de rentabilidad ayuda a la identificación de problemas de manufactura, estimación de las probables desviaciones, capacidades tecnológicas (maquinaria), factor

humano, capacitación de este y disponibilidad de recursos. Considerando todos estos factores arrojará un amplio panorama para la obtención de una adecuada toma de decisiones y generará elementos sustentables para una mejor negociación en la cotización de precio de manufactura y un mejor resultado financiero con mayores rangos de utilidad a fin de alcanzar una operación benéfica y sostenible.

13.1 Recomendaciones.

Después de haber realizado este estudio y a fin de no solamente tener un mejor control de las desviaciones o “yields”, sino de reducirlas al mínimo posible, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Es necesario que el mantenimiento al área de trabajo en general se realice constantemente haciendo énfasis en la estantería o “racks” de almacenamiento buscando cualquier punto crítico de fatiga de material a fin de poder notificar al área de mantenimiento para su reparación o cambio.
- Destinar un área específica para el correcto archivo de la documentación, tanto de las bitácoras y reportes diarios de operación, como también el de los métodos de mejora aplicados al proceso a fin de poder dar un mejor seguimiento en el futuro y contar con evidencia.
- Con base a lo estudiado, se determinó que un punto crítico del proceso de la fabricación tiene que ver con el proceso de sellado de material (el punto focal es la unión entre el material plástico contra el metálico). A fin de reducir el margen de defecto, se aconseja verificar con un tiempo no mayor a dos días posteriores a la fabricación si se está trabajando bajo las instrucciones estandarizadas de trabajo presentes en todas las estaciones dentro de la línea de montaje.
- El estudio presentado aquí de pronóstico o predicción, deberá tomarse en cuenta al momento de llevar a cabo el proceso de cotización y análisis costo / beneficio de un determinado artículo, para de esta forma, basarse en datos lo más apegados a la realidad y que puedan repercutir en una operación con buenos resultados financieros al poder tener una estimación confiable de los costos y recursos materiales y humanos requeridos considerando la desviación durante la manufactura del mismo.

- En aquellos productos con baja cobertura de pruebas, deberá tomarse en cuenta además del pronóstico de desviación, un nivel de PPM's más elevado de fallas con el cliente, lo cual invariablemente generará costos adicionales. Se sugiere profundizar más en este tema para la determinación adecuada de este factor y poder estimarlo durante el proceso de cotización para otorgar un costo final, todo esto dentro de las fases de desarrollo y diseño.
- En artículos nuevos en fase de diseño y estudio de rentabilidad, se requiere considerar además del pronóstico de la desviación, el factor de la curva de estabilización de la producción, o rampa de producción inicial (que considera puesta a punto de maquinaria, capacitación del personal y curva de aprendizaje de este dentro de la iniciación y arranque del proceso en cuestión). Deberá tomarse en cuenta también el llevar a cabo un estudio adicional para determinar esta curva conforme se avanza en la fabricación de lotes previamente establecidos y poder incluir este factor dentro del cálculo en la cotización final de precio del artículo y también en el de considerar todos los recursos adicionales que han de utilizarse (materiales y humanos).

Capítulo 7. Competencias desarrolladas.

14.1 Instrumentales.

1.- Capacidad de análisis, síntesis e identificación de problemas: Esta habilidad se incrementó a lo largo del proyecto ya que de manera inicial se fueron recabando, clasificando y almacenando datos con la información precisa para llevar a cabo este proyecto, contando siempre con la supervisión del asesor externo, pudiendo identificar los puntos críticos a tomar en cuenta.

En cuanto se contó con todos los datos debidamente almacenados y clasificados, se efectuó por medio de un análisis en base a descartar puntos no clave y enfatizar en aquellos que sí lo eran y se determinó por medio del uso de herramientas de metodología “lean” o manufactura esbelta, cuál era la causa raíz de determinado contra tiempo a resolver. Al utilizar esta base de datos de manera previa, se implementaron nuevos procesos para descubrir variables críticas y mejores formas de trabajo para lograr la obtención de resultados satisfactorios.

2.- Obtención de conocimientos generales en base al modelo a desarrollar, área específica del trabajo y profesión que se desempeña:

Durante la realización de este análisis para el posterior desarrollo del proyecto y estudio que se llevó a cabo, fue posible utilizar los conocimientos que se obtuvieron durante todo el tiempo de estudios profesionales. Como ejemplo pueden citarse: Establecimiento de disciplina 5'S, métodos de mejora continua, manejo y almacenamiento de materiales, análisis de Kaizen, ciclo PDCA, herramientas de calidad, sistema DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) etc. Cabe tomar en cuenta que muchos aspectos relevantes se reforzaron conforme se fue desarrollando el proyecto de residencias y trabajando en él. Al terminar este estudio y el adecuado

desarrollo del proyecto, los conocimientos obtenidos y la puesta en práctica de los mismos, fueron bien recibidos para las áreas de procesos y manufactura logrando con su implementación, el incremento en el rubro de productividad y la obtención de resultados más elevados en cuanto a calidad se refiere.

3.- Comunicación oral y escrita: En el factor que considera la comunicación oral, pudo lograrse el establecimiento de buenas relaciones de comunicación basadas en un marco de profesionalismo y confianza. Esta fue una herramienta muy útil durante todo el desarrollo del proyecto. De igual manera, pudo contarse con la colaboración de todo el personal que conforman todas las diversas operaciones que constituyen el proceso con genuino interés en aportar ideas de mejora. En lo referente a la comunicación escrita, al desarrollar y plasmar nuevos procedimientos de documentación, de igual manera se contó con la colaboración del departamento de Control de Documentos de la empresa, mismos que aportaban ideas sobre una correcta redacción a fin de que las indicaciones de proceso fueran comprendidas de una mejor manera por el personal operativo.

4.- Desarrollo de habilidades y perfeccionamiento en el manejo de equipo de cómputo: El equipo electrónico en los rubros de almacenamiento y proceso de datos para su posterior análisis y estudio, fue una de las herramientas que más se emplearon a lo largo de todo el diseño y desarrollo de este proyecto, puesto que todo se elaboró dentro de la plataforma “Office”, utilizando sus diferentes programas como Word, Excel y el propio Minitab a fin de almacenar y utilizar las variables obtenidas para calcular de una manera adecuada y posteriormente emplear todos los resultados que se derivaron de las mismas pruebas llevadas a cabo.

5- Solución de problemas y toma de decisiones: Durante la elaboración de este estudio, se enfrentaron distintos contratiempos referentes alguna etapa del proceso o inclusive con la materia prima y maquinaria, puesto que tenían que resolverse de manera ágil a fin de no afectar los tiempos / ciclo de cada una de las fases, considerando siempre si el producto resultante en cada una de las primeras operaciones pudiera enfrentar problemas de calidad en la siguiente o inclusive en la inspección final. Esta toma de decisiones fue respaldada siempre por medio del asesor externo en base a confianza y comunicación.

6.- Capacidad de planificar y organizar: Previo a la realización de este estudio, tuvo que planificar como sería el desarrollo de este. Toda vez realizada la programación del mismo por medio de diseño y de fijar objetivos y también en base a cronograma, recopilación de toda la información necesaria, posteriormente se llevó a cabo la organización con ambos asesores y se desarrolló el proyecto siempre comando con su visto bueno. Cabe hacer notar que siempre la planificación, la organización y la distribución de tareas en las distintas fases y considerando el factor tiempo, siempre estuvieron presentes en el desarrollo de este. El considerar estas habilidades como indispensables, dará la idea de un amplio panorama a fin de obtener los resultados que se plantearon de inicio.

7.- Habilidades en cuestión de recopilar, analizar y utilizar información de fuentes diversas: En base a lo descrito en los apartados anteriores, a fin de contar con todos los documentos para llevar a cabo el desarrollo y posterior realización práctica de este proyecto, tuvo que realizarse una investigación y almacenamiento de varias fuentes de ayuda en lo referente a una teoría para posteriormente convertirla en requerimientos prácticos a fin de agilizar las distintas operaciones. De igual manera, reportes históricos

de productividad, análisis de materiales, número de piezas conformantes entregada y bitácoras de mantenimiento. En cuanto se contó con toda la información y datos requeridos para el desarrollo y mostrar un proceso desarrollado de manera adecuada para su posterior aprobación, clasificando esta para poder entonces emplearla como una base sólida para el arranque y ajustar alguna operación durante el proceso, poniéndola siempre a disposición del personal técnico y operativo en caso de querer realizar algún aporte.

14.2. Interpersonales.

1.- Capacidades críticas y de autocrítica: Mientras se realizaba el desarrollo de este estudio y durante su implementación, existieron oportunidades de emplear la capacidad crítica tanto del asesor interno como externo en cuanto se detectaba alguna anomalía o punto a afinar a fin de manejar toda la misma información y estandarizar el proceso de manera general. De igual manera, al finalizar las actividades diarias, se realizaba de manera personal, una autoevaluación objetiva a modo de reconocer las áreas de oportunidad y modificar o corregir en su caso, lo que a juicio propio, no cumplía con los parámetros de calidad que se esperaban desde inicio no solamente por parte de los asesores, sino de la propia empresa y clientes.

2.- Trabajo en equipo: Mediante el diseño e implantación de este estudio, fue un factor clave el poder llevar a cabo la medición de la capacidad de trabajar en equipo, personal operativo, personal técnico, supervisores, miembros del grupo de calidad, asesores y también miembros pertenecientes a las distintas áreas gerenciales, con lo cual, quedó demostrado en considerarse miembros importantes con capacidades de aportar opiniones y soluciones a fin de entregar productos con parámetros más altos y una mejor relación laboral basada en la confianza y en el compañerismo

3.- Habilidades interpersonales: Las relaciones interpersonales con diferentes miembros de todas las áreas que conformaron este equipo fueron de suma utilidad durante todo el diseño y desarrollo de todo este proyecto puesto que a fin de conocer mejor todas las operaciones involucradas en el proceso, se mantuvieron relaciones respetuosas con cada una de ellas a fin de comprender mejor lo que se perseguía y encontrarse abierto a todas las opiniones del personal involucrado directamente en la producción y poner a su consideración la redacción y revisión de las diferentes etapas a fin de dejarlas debidamente documentadas como un medio de consulta en el futuro.

4.- Desarrollo de capacidades de comunicación con expertos: En tanto se llevó a cabo el diseño y desarrollo de este estudio de desviación, siempre se contó con la fortuna de poderse relacionar con verdaderos miembros profesionales de las distintas áreas en las que se obtuvo como resultado el lograr obtener diversos enfoques y puntos de vista que enriquecían cada vez más este estudio y de igual manera, obtener una opinión objetiva para lograr mejores resultados y entrega en tiempo durante todo el proceso.

5.- Compromiso ético: Los valores éticos, laborales y personales que la empresa inculca en sus trabajadores fueron considerados en toda la duración de este diseño e implementación de proceso.

14.3 Sistémicas.

1.- Desarrollo de capacidad de aprendizaje: Durante todo el tiempo en el que este proyecto se llevó a cabo, se aplicaron de manera práctica todos los conocimientos adquiridos dentro de la carrera y es notable el considerar que de manera práctica y a fin de apoyar en la teoría que ya se había adquirido, se fueron aprendiendo cosas nuevas y con relevancia, así como la utilización y aplicación de nuevas metodologías de resolución de problemas orientadas a eficientar el desempeño laboral con el consiguiente aumento de productividad. Se procuró observarse siempre contar con la mejor disposición de aprendizaje y de recibir opiniones de cualquier persona a fin de mejorar en todos los aspectos no solamente este proceso sino también de manera personal

2.- Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos y prácticos en situaciones reales: Considerando estos dos factores, el conocimiento que se adquirió al realizar este estudio, podrá emplearse en el futuro en el ejercicio profesional, desde la solución de problemas manejo de personal, toma de decisiones, trabajo en conjunto con otras áreas y la realización de diferentes análisis para el posterior diseño y desarrollo de procedimientos procesos no solamente para productos ya existentes sino también para nuevos requerimientos de clientes. Estos conocimientos se complementaron en gran medida con los que ya se tenían no solamente de cursar una carrera profesional, sino también de experiencia previa adquirida en diferentes

labores de manera práctica a fin de utilizarlas y llevarlas a cabo en cualquier diseño de proyecto similar con la que pueda toparse en alguna situación similar futura en donde se quiera optimizar los procesos y reducir sus índices de errores con la derivada reducción de costos operativos.

3.- Capacidad de adaptación a situaciones inesperadas: Durante el desarrollo e implementación de este estudio, existieron situaciones en las que tenían que realizarse ajustes y correcciones que se llevaron a cabo, con el fin de que el producto terminado fuera obtenido con un mayor rendimiento en cuanto a parámetros de calidad y costo y con el fin de entregar los resultados dentro de los parámetros planteados desde el principio como la eliminación o reducción de material de desperdicio, tiempo invertido en retrabajo para corrección de errores y reducción de costos, entre otros teniendo en cuenta la apertura al diálogo y a la escucha de opiniones.

4.- Capacidad para generación de ideas nuevas: Durante la planeación, diseño y desarrollo de este proyecto se llevaron a cabo diferentes cambios en las diferentes etapas del proceso de parte del residente por medio de propia iniciativa y siempre tomando en cuenta la opinión y acatando la supervisión de los asesores. El contar con la observación de un amplio panorama y mantener un espíritu de iniciativa, siempre formaron parte de este rubro. Siempre se tuvo el objetivo de aportar no solamente nuevas ideas, sino también metodologías y estrategias con el fin de que el proyecto se entregara finalmente con resultados positivos a fin de obtener la satisfacción total de todos los interesados, principalmente empresa y clientes.

5.- Desarrollo de habilidades de investigación: No solamente la

información con la que se trabajó fue obtenida de reportes históricos y archivos impresos y digitales con los que ya contaba la empresa de manera previa en cada una de sus líneas de ensamble, sino que también se fue a más recopilando mucha información necesaria por medio de otras fuentes, tanto bibliográficas como electrónicas externas y por supuesto, opiniones de los asesores. La habilidad en la recopilación de estos quedó manifiesta desde el momento de llevar a cabo la planeación del estudio fijando los objetivos iniciales, medios y finales en base a cronograma previamente establecido a fin de tener un estado previo de lo que se requería para arrancar y ajustar el diseño del proceso conforme este fuera avanzando y solicitar el apoyo de acceso a la información de diferentes áreas involucradas dentro de la misma empresa proveedores de materia prima y distribuidores finales.

6.- Desarrollo de habilidades para trabajo de manera autónoma: Durante la realización del proyecto, si bien se contó con asesoría en todo momento., se buscó también el desarrollar la propia iniciativa no esperando solamente obtener respuestas y soluciones ya hechas, sino desarrollar las propias, de tal manera que al previo análisis personal, se implementaban, controlaban y se establecían tácticas operativas previa medición de funcionalidad de las mismas, para posteriormente, ya con auditoría personal previa, presentar estos puntos a consideración de los asesores para su aporte, revisión y posibles correcciones De esta manera, se aseguraba de trabajar todos con las mismas bases y persiguiendo los mismos objetivos.

Capítulo 8. Fuentes de información.

15. Referencias Bibliográficas.

1. <http://teams.corp.sensata.com/sites/snc/qualitytraining/Product/20Application>. (Intranet. Información exclusiva de Sensata Technologies)
2. Ishikawa, K. “Guide to quality control”. Asian Productivity Organization. Tokio, Japon. Calidad http://www.academia.edu/9612315/LAS_SIETE_HERRAMIENTAS_BASICAS_DE_LA_CALIDAD_2019
3. <https://diagramadepescado.wikispaces.com/Diagrama+de+Pescado>
4. <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2019/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>
5. MEYER, P.L.:(2020) “Probabilidad y Aplicaciones Estadísticas”. AddisonWesley. <http://cursos.aiu.edu/Fundamentos%20de%20Estad%C3%ADstica/pdf/Tema%205.pdf>
6. Herrera Acosta y Fontalvo Herrera:(2021) Seis sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones, Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2021b/939/
7. Dr. Shewhart. Economic Control of Quality of Manufactured Product (2019) https://books.google.com.mx/books/about/Economic_control_of_quality_of_manufactu.html?id=JtVnAAAAMAAJ&redir_esc=y&hl=es-419
8. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS 1. APUNTES DE CLASE
Profesor: Arturo Ruiz-Falcó Rojas Madrid, marzo 2020
<http://web.cortland.edu/matresearch/ControlProcesos.pdf>
9. Estadística básica en administración: conceptos y aplicaciones David M. Levine –1996 <https://books.google.com.mx/books?isbn=9688807842>
10. Roland R. Cavanagh Las Claves prácticas de Seis Sigma. 97884484440343.html

11. New Product Introduction. A complete guide.

Blokdyk, Gerardus. New product Introduction. A complete guide.
Emero Pty Limited. 2020.

12. Lean Six Sigma Black Belt.

Theisens H.C.

Van Haren Publishing 2022.

Pag. 112 a 119.

https://www.google.com.mx/books/edition/Lean_Six_Sigma_Black_Belt/In6sEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=rolled+throughput+yield&pg=PA116&printsec=frontcover