



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE ALGUNOS
PROBLEMAS TÉCNICOS PARA
MANUFACTURA”

TESIS

PARA OBTENER TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

P. I. LUIS RAMÓN LÓPEZ SANDOVAL

ASESOR:

DR. DAVID DE LEÓN ESCOBEDO



TOLUCA, MÉXICO

2013

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al ingeniero Bernardo Ortiz por haberme dado la oportunidad en mi primer trabajo, ahí fue donde esta jornada comenzó.

Mi más sincero agradecimiento a Douglas Carson por desarrollarme en este fascinante campo de aplicación que es la solución de problemas y el pensamiento racional.

DEDICATORÍAS

A mis padres:

Que siempre me han apoyado sin importar las circunstancias. Ustedes me han convertido en la persona que soy. Es un orgullo ser su hijo.

A Car y Luisito:

Mi esposa y mi hijo. Mi fuerza motriz, mi razón de hacer las cosas con mi mayor esfuerzo. Este trabajo es para ustedes. Ustedes son mi vida.

A Meli, Vale y Amy:

Mis queridas hermanas. Reímos y reñimos pero siempre hemos sido unidos. Gracias por compartir tantos momentos.

A mis amigos del alma:

Abraham, Pedro, Juan, Manolo, Paco, German, Parra y Hamlet. No compartimos sangre, pero nuestras vivencias su apoyo incondicional los convierte en mis hermanos.

ÍNDICE

	PÁG.
INTRODUCCIÓN.....	I
CAPÍTULO I. LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y LA ORGANIZACIÓN.....	1
1.1 La Solución de Problemas.....	2
1.1.1 La curiosidad.....	2
1.1.2 Encontrando la pregunta.....	3
1.1.3 El auto engaño (la caja).....	3
1.2 La Solución de Problemas en la Industria y sus elementos.....	7
1.2.1 Tipos de Problemas en la industria.....	8
1.2.2 El Análisis de Problemas.....	10
1.2.2.1 Cuatro patrones del pensamiento.....	10
1.2.2.2 Condiciones y habilidades para el análisis de problemas.....	10
1.2.2.3 El enfoque tradicional.....	11
1.3 Conceptos clave para un Análisis de Problemas eficiente.....	12
CAPÍTULO II. EL 80/20 UN PRINCIPIO BÁSICO PARA UN LIDERAZGO EFICIENTE.....	15
2.1 Definición del principio de 80/20.....	16
2.2 Antecedentes de la Calidad Total.	18
2.2.1 Primer ola: La revolución de la calidad.	18
2.2.2 La revolución de la información.....	19
2.3 Fundamentos del principio 80/20.	20
2.4 Cómo usar el principio del 80/20.	22

2.5 ¿Por qué su estrategia No es correcta?.....	24
2.6 Características del pensamiento 80/20.....	25
2.7 El principio 80/20 en los negocios.....	27
2.8 Condiciones para un cambio Factible.....	29

CAPÍTULO III.

TÉCNICAS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS QUE SE BASAN EN EL 80/20.....

3.1 El método Kepner Tregoe (KT)	31
3.1.1 Análisis de Problemas KT.....	31
3.1.2 Características del Análisis de Problemas KT.....	32
3.1.3 Estrategia del Análisis de Problemas KT.....	32
3.1.4 Fases del Análisis de Problemas KT.....	34
3.1.5 Estructura del Método de Análisis de Problemas KT.....	37
3.1.6 Herramientas del Análisis de Problemas KT.....	37
3.2 El método Six Sigma.....	38
3.2.1 Características de Six Sigma.	37
3.2.2 Estrategia de Six Sigma: $f(X)=Y$	37
3.2.3 Etapas del método Six Sigma.....	39
3.2.4 Estructura del Método Six Sigma.....	41
3.2.5 Herramientas del Método Six Sigma.....	42
3.3 El Método Shainin [®]	54
3.3.1 Características del método Shainin [®]	54
3.3.1.1 Las estrategias Red X [®]	55
3.3.1.2 Características de las estrategias Red X [®]	55
3.3.1.3 Estrategia de las técnicas Red X [®]	56

3.3.1.4 Fases del enfoque Red X [®]	57
3.3.1.5 Estructura del enfoque Red X [®]	61
3.3.1.6 Herramientas de las estrategias Red X [®]	62
3.4 Comparación de las técnicas de Análisis y solución de Problemas.....	69
3.5 Selección del método base para Análisis y solución de Problemas.	70
3.6 Explicación detallada de la Técnica Kepner Tregoe.	71
3.6.1 Enunciar el Problema.....	71
3.6.2 Especificar/Describir el Problema.	72
3.6.2.1 ES Y NO ES: Una base de comparación.	72
3.6.2.1.1 ¿Qué?	73
3.6.2.1.2 ¿Dónde?.....	73
3.6.2.1.3 ¿Cuándo?	74
3.6.2.1.4 ¿Cuánto?.....	76
3.6.2.2 Importancia de las bases de comparación.	77
3.6.3 Desarrollar Posibles causas a partir de la identificación de distinguos y cambios soportados por el conocimiento y la experiencia.	78
3.6.3.1 Conocimiento y Experiencia.....	78
3.6.3.2 Distingos.	78
3.6.3.3 Cambios.....	79
3.6.4 Probar posibles causas.....	81
3.6.5 Verificar supuestos, Observar, Experimentar, Confirmar la causa potencial y/o arreglar y monitorear el resultado.	82
3.6.5.1 Prueba de confirmación: Mejor vs Actual.	84
3.6.5.2 FALLA.	84
3.6.6 Piense más allá de la solución.	84

3.7 Un proceso, no la panacea.....	85
------------------------------------	----

CAPÍTULO IV.

APLICACIÓN DEL MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DE ALGUNOS PROBLEMAS TÉCNICOS DE MANUFACTURA.....	86
---	----

4.1 Introducción.	87
------------------------	----

4.2 Descripción del Producto en estudio.....	87
--	----

4.2.1 Componentes del Solenoide A.....	88
--	----

4.2.2 El proceso de manufactura.	89
---------------------------------------	----

4.3 Casos de aplicación del manual en problemas de manufactura con el solenoides A.....	104
--	-----

4.3.1 Análisis y solución del Problema No. 1 “La falta de inyección en la parte trasera de las terminales del grupo magnético 326.”.....	104
---	-----

4.3.1.1 El análisis del problema.....	106
---------------------------------------	-----

4.3.1.1.1 Enunciar el problema.....	107
-------------------------------------	-----

4.3.1.1.2 Describir/especificar el problema.....	108
--	-----

4.3.1.1.2.1 Identificando el ¿Qué?.....	108
---	-----

4.3.1.1.2.2 Identificando el ¿Dónde?.....	110
---	-----

4.3.1.1.2.3 Definiendo ¿Cuándo?.....	112
--------------------------------------	-----

4.3.1.1.2.4 Definiendo ¿Cuánto?.....	114
--------------------------------------	-----

4.3.1.1.3 Identificación de la posible causa raíz mediante los distinguos y cambios.....	117
---	-----

4.3.1.1.3.1 Distingos y cambios.....	117
--------------------------------------	-----

4.3.1.1.4 Enunciando la causa más probable.	124
--	-----

4.3.1.1.4.1 Evaluar las posibles causas.	128
---	-----

4.3.1.1.5 Confirmar la causa verdadera.	137
--	-----

4.3.1.1.6 Extender la causa.....	149
----------------------------------	-----

4.3.1.1.7 Extender la solución.	152
4.3.2 Análisis y solución del Problema No. 2 “Exceso de rechazo en prueba final del solenoide 325”	153
4.3.2.1 El análisis del problema.	157
4.3.2.1.1 Enunciar el problema.....	157
4.3.2.1.2 Describir/especificar el problema.....	158
4.3.2.1.2.1 Identificando el ¿Qué?	159
4.3.2.1.2.2 Identificando el ¿Dónde?	160
4.3.2.1.2.3 Definiendo ¿Cuándo?	164
4.3.2.1.2.4 Definiendo ¿Cuánto?	166
4.3.2.1.3 Identificación de la posible causa raíz mediante los distinguos y cambios.....	167
4.3.2.1.3.1 Distingos y cambios.....	168
4.3.2.1.4 Enunciando la causa más probable.....	175
4.3.2.1.4.1 Evaluar las posibles causas.....	177
4.3.2.1.4.2 Enunciando la causa más probable.....	183
4.3.2.1.5 Confirmar la causa verdadera.....	184
4.3.2.1.6 Extender la causa.....	191
4.3.2.1.7 Extender la solución.....	193
CONCLUSIONES.....	194
RECOMENDACIONES.....	196
GLOSARIO.....	VI
BIBLIOGRAFÍA.....	X
ANEXOS.....	XII

ANEXO A. Tabla De Variantes Para Prueba De Confirmación Mejor Vs Actual En Base Al Nivel De Riesgo Aceptado Y/O Disponibilidad De Piezas.....	XIII
ANEXO B: Diagrama De Flujo Del Proceso De Ensamble Del Solenoide 325.....	XIV
ANEXO C: Diagrama De Flujo Del Proceso De Ensamble Del Solenoide 326.....	XVI
ANEXO D: Formato Para El Reporte Del Análisis Y Solución De Problemas Kepner Tregoe.....	XVIII
ANEXO E: Reporte del análisis y Solución del problema No. 1 La falta de inyección en la parte trasera de las terminales del grupo magnético 326.....	XIX
ANEXO F: Reporte del análisis y Solución del problema No. 2 Exceso de rechazo en prueba final del solenoide 325.....	XX

CAPÍTULO I

LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y LA ORGANIZACIÓN

1.1 La Solución de problemas

Las personas evadirán los problemas si no llegan al éxito después de enfrentarlos. El análisis de problemas sirve para explicar cualquier situación en que no se está logrando el nivel esperado de desempeño.

Con el presente trabajo se demostrará que el esfuerzo requerido para adoptar un enfoque sistemático para la solución de problemas es pequeño en comparación con los resultados que se logran.

1.1.1 La curiosidad

Uno de los 7 principios de Leonardo Da Vinci es el de la curiosidad (curiosità), el deseo de aprender más, todos los seres humanos lo tienen, el desafío es usarlo y desarrollarlo para beneficio propio.

Las preguntas que desafían el pensamiento diariamente reflejan los propósitos y tienen una influencia en la calidad de la vida del ser humano. Uno debe preguntarse ¿Cuándo fue la última vez que se buscó conocimiento con el propósito de encontrar la verdad? ¿Qué se obtuvo de ese esfuerzo?

La curiosidad aplicada en la solución de problemas.

Se pueden mejorar las habilidades para solucionar problemas en casa y en el trabajo afinando la habilidad para realizar preguntas. Para la mayoría de las personas consiste en cambiar el enfoque tradicional de buscar la respuesta correcta, por el cuestionamiento siguiente ¿es esta la pregunta correcta? y ¿De qué otra forma se puede analizar este problema?

Un análisis exitoso comúnmente requiere reemplazar o replantear la pregunta inicial. Las preguntas pueden ser ideadas de muchas formas diferentes y el enfoque que se les dé influenciará dramáticamente en su habilidad para solucionar problemas. El psicólogo Mark Brown presenta un ejemplo de la evolución del cuestionamiento que resultó en una transformación significativa de las sociedades humanas. Las sociedades nómadas se basaban en la pregunta ¿Dónde se encuentra el agua? Brown declara que se convirtieron en agricultores y culturas sedentarias una vez que modificaron la pregunta a ¿Cómo lograr que el agua venga en lugar de ir por ella?

1.1.2 Encontrando la pregunta.

¿Cómo se puede agudizar la habilidad para realizar preguntas de tal forma que las soluciones comiencen a auto revelarse? Se puede comenzar por realizar las preguntas más sencillas e inocentes que los expertos tienden a omitir. Se deben realizar preguntas diferentes como ¿Por qué esto es un problema? ¿Es el verdadero problema o es sólo un síntoma? ¿Por qué siempre se ha hecho así?

Se recomienda realizar preguntas que no se han planteado anteriormente. ¿Cuál es el problema? ¿Cuáles temas fundamentales, prejuicios, o paradigmas están influenciando la percepción de las cosas? ¿Qué pasaría si son ignorados? ¿Qué posibilidades aún no se han considerado? ¿Qué problemas pueden surgir al solucionar este problema? ¿Se pueden usar metáforas de la naturaleza para explicarlo? ¿Cuándo empezó? ¿Cuándo vuelve a pasar? ¿Cuándo no vuelve a pasar? ¿Cuándo se aprecian sus efectos? ¿Necesita solución? ¿Quién está interesado en el problema? ¿A quién(es) afecta? ¿Quién puede ayudar a resolverlo? ¿Quién lo mantiene? ¿Cómo sucede? ¿Cómo se consigue más información objetiva? ¿Cómo observar el problema desde perspectivas poco comunes? ¿Cómo puede ser cambiado? ¿Cómo se sabrá que ha sido solucionado? ¿Dónde sucede? ¿Dónde empezó? ¿Dónde no se ha mirado aún? ¿Dónde más está sucediendo? ¿Por qué es importante? ¿Por qué inició? ¿Por qué continuá?

“La mayor decepción que sufre el hombre proviene de sus propias opiniones^[13]”. ¿Obtenemos el mejor provecho de los errores? ¿Qué se aprende en la escuela acerca de cometer errores? ¿Qué enseñanzas dan los padres acerca de cometer errores? Debe preguntarse ¿Cuál ha sido su mayor error? ¿Qué aprendió de él? ¿Qué errores repetiría? ¿Qué papel juega el miedo a cometer errores en su vida diaria y en el trabajo?

1.1.3 El auto engaño (la caja).

Organizaciones de todo el mundo exigen urgentemente mayor creatividad, innovación e involucramiento en todos los niveles. Solicitan a sus empleados pensar afuera de la caja. Excepto cuando se trata del análisis y solución de problemas, en estos casos el enfoque es más a encontrar un culpable o una excusa que enfocar los recursos a un análisis completo direccionado a encontrar la causa

del problema. De acuerdo al libro “Liderazgo y autoengaño” del instituto Airbinger, esta situación coloca a los solucionadores de problemas en la caja.

El auto engaño nos ciega de las verdaderas causas de los problemas y una vez que estamos ciegos todas las soluciones que pensemos solo empeorarán la situación. Esta condición de auto engaño nos inhibe nuestra habilidad de tomar decisiones inteligentes y útiles.

La caja.

Comúnmente se llegan a observar patrones de comportamiento donde los líderes son arrogantes con la gente que los rodea, piensan critican a sus subordinados por su incompetencia o ineptitud.

El autoengaño es estar en la caja, es cuando una persona percibe que toda causa de los problemas se debe a cualquier cosa, menos esa persona. No hay nada más común en una organización que estar en la caja. **El auto engaño es la incapacidad de ver que tenemos un problema.**

El problema dentro de otro problema.

La mayoría de la gente ha experimentado el haber resuelto un problema que en realidad no se resolvió. Un ejemplo típico es el auto que se descompone en el tráfico, se hace una costosa reparación y luego vuelve a fallar camino a casa. Si la causa de la falla es un sensor dañado y la acción para solucionarlo fue ajustar el sistema de inyección, entonces el auto seguirá fallando.

La óptima solución de problemas no es el resultado de saber todas las cosas que pueden producir un efecto específico y luego elegir una acción dirigida hacia la causa más frecuentemente observada. Sin embargo ésta es la forma en la que la mayoría de las personas enfrentan sus problemas en el trabajo.

La forma más común de solucionar problemas es recurriendo a la experiencia pasada.

En muchas ocasiones se observan situaciones en las que el problema se manifiesta de diferentes maneras y que identificar la verdadera causa parece muy difícil y en ocasiones hasta imposible. Para ilustrarlo se presenta el siguiente caso:

Ignaz Semmelweis fue un doctor dedicado a la obstetricia a mediados del año 1800 en Viena. Trabajó en el Hospital General, un hospital en el cual también se hacía investigación, en el cual se presentó una gran tasa de mortalidad en el área de maternidad.

La sección de la sala de maternidad en la que Semmelweis se encontraba tenía un índice de mortalidad del 10%, esto es, que por cada 10 madres que daban a luz, una de ellas moría. La noticia se esparció rápidamente en Viena y algunas madres llegaron dar a luz en la calle y después ir al hospital.

Al conjunto de síntomas asociados con estas muertes se le llamó la fiebre post parto. La medicina convencional de esa época requería de un tratamiento para cada síntoma. La inflamación era típicamente asignada al flujo de sangre, así que drenaban a los pacientes o usaban sanguijuelas. El tratamiento para la fiebre era muy similar. Los problemas respiratorios significaban que el aire estaba contaminado, así que mejoraron es sistema de ventilación, y así continuaron los diagnósticos y los tratamientos, pero no funcionaron. Más de la mitad de las mujeres que adquirían la fiebre post parto morían en pocos días.

El riesgo era bien conocido, los pacientes solicitaban que se les transfiriera a la otra sala donde la tasa de mortalidad era del 2%. Semmelweis se obsesionó con el tema, especialmente en ¿Por qué la tasa de mortalidad era mucho más grande en una zona que en la otra dentro de la misma área? La única diferencia obvia era que el área de Semmelweis (la de mayor índice de mortalidad) era atendida por doctores y la otra área era atendida por parteras. Semmelweis no podía entender cómo esta diferencia explicaba la causa de la alta tasa de mortalidad,

así que trató de igualar las condiciones de todas las pacientes de las dos áreas de maternidad.

Estandarizó todo, desde las posiciones de parto, hasta la dieta y la ventilación. Hasta estandarizó la forma en la que se lavaba la ropa. Revisó cada posibilidad pero no encontró ninguna respuesta. Nada de lo que trató logró una diferencia notable en la tasa de mortalidad.

Entonces algo sucedió; se fue cuatro meses a visitar otro hospital y a su regreso, encontró que mientras no estaba, la tasa de muertes había disminuido significativamente en su sección del área de maternidad. Al principio no sabía explicar este cambio, pero poco tiempo después empezó a indagar gradualmente sobre este fenómeno y al final lo llevó a pensar en la posible influencia de los estudios de los doctores en cadáveres.

Al ser el hospital de Viena un hospital de investigación y enseñanza, muchos doctores dividían su tiempo entre la investigación de cadáveres y el tratamiento de pacientes vivos. No veían nada malo en la combinación de estas actividades debido a que aún no se tenía un buen entendimiento de los gérmenes. Lo único que podían ver eran síntomas, y cuando Semmelweis comparó sus prácticas con las de aquellos que lo suplieron en su ausencia y la única diferencia es que él pasaba mucho más tiempo investigando cadáveres.

De esta observación desarrolló una teoría sobre la fiebre postparto, una teoría que fue precursora de la teoría de los gérmenes. Concluyó que las partículas de los cadáveres eran transmitidos a los pacientes por medio de las manos de los doctores. Así que inmediatamente implementó una política para los doctores que instituía el lavado de las

manos con una solución de cloro y limón antes de atender a cualquier paciente.

El resultado fue satisfactorio, el índice de mortalidad se redujo a 1%. Los doctores eran los portadores, hacían lo mejor que podían con lo que sabían pero inconscientemente cargaban una enfermedad ^[20].

Ejemplos como éste pasan todo el tiempo en la industria. Muchas personas creerán tener razón cuando realmente no la tienen. Cuando un individuo se deja cegar por el exceso de confianza en él mismo y en sus habilidades personales la realidad de la situación se distorsiona. Esto es el auto engaño o estar en la caja. Cuando esto sucede hasta el mayor entrenamiento resulta ineficiente, sin una estrategia, las técnicas no son más que formas sofisticadas de enumerar excusas.

La habilidad de sacar provecho a la incertidumbre debe ser parte de nuestra vida diaria. El balance ante una paradoja es la clave no sólo en la efectividad sino también en la cordura en un mundo tan cambiante como el de la actualidad.

1.2 La Solución de Problemas en la Industria y sus elementos.

Los directores de las Empresas han tomado decisiones racionales durante siglos y podemos apostar a que seguirán solucionando problemas y tomando decisiones por varios siglos más.

La Organización.

Son sistemas sociales diseñados para lograr metas y objetivos por medio de los recursos humanos o de la gestión del talento humano y de otro tipo. Están compuestas por subsistemas interrelacionados que cumplen funciones especializadas.

Una organización tiene el propósito de operar como una sola unidad, muy frecuentemente no es así. Las partes operan en niveles desiguales de eficiencia, algunas veces coinciden o trabajan en contra de los intereses de otros. Las cosas se terminan, el progreso continúa. Pero las cosas no están terminadas lo suficientemente bien, como deberían. Sin embargo aunque a veces el progreso continúa, no logra alcanzar las expectativas planeadas de antemano.

Por muchos años se han estado buscando caminos para mejorar la efectividad organizacional. Comúnmente se acuerda en que hay espacio para la mejora, el que hacer acerca de esto y cómo hacer que mejore la organización para que sea más productiva y eficiente, son temas de polémica dentro de los diferentes departamentos de la organización.

Uno de estos temas polémicos dentro de la industria es el enfoque a la cultura de errores, hablando más claro, la solución de problemas, mediante la eficacia y eficiencia de los análisis de causas de variación, los cuales mejoran significativamente la organización, a través del logro de los objetivos de los departamentos que la conforman.

El equipo

Un equipo está basado primordialmente en las capacidades técnicas de sus miembros que trabajan en busca de metas específicas. Aunque más que las capacidades técnicas, lo importante es la estrategia, la dirección del mismo. Por ejemplo en los deportes, un equipo puede tener los mejores jugadores, los más experimentados y aun así puede que sus resultados no sean los deseados, la mejor forma de lograrlos es cuando el equipo juega con inteligencia, sabe cómo jugar contra cada oponente, evita errores innecesarios y se desenvuelve como una sola unidad.

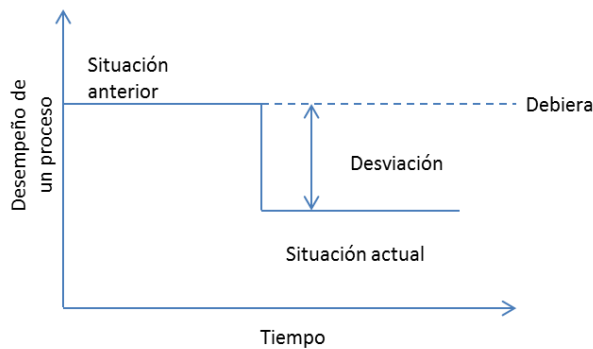
Así como es necesario dar a los miembros de un equipo de atletas, rutinas y técnicas que les ayuden a coordinar sus habilidades individuales para ganar, deberían de proporcionarse a un equipo de solución de problemas, directrices y metodologías comunes para recabar, compartir y usar información para resolver problemas, tomar decisiones y salvaguardar el futuro de la organización. A esto se le llama estrategia. En la solución de problemas la estrategia es fundamental.

1.2.1 Tipos de problemas en la industria

Todo problema es una desviación de lo que se desea contra la situación actual. Para el análisis de problemas se identifican dos tipos de problema.

Cambios en el desempeño.

Se alcanza un estándar de desempeño cuando todas las condiciones requeridas para una actuación aceptable se presentan como debieran. Si el desempeño alguna vez alcanzó el debiera y ya no es así, es que ha ocurrido un cambio. Éste cambio es el objetivo del análisis de problemas. La fig. I.1 ilustra este comportamiento.

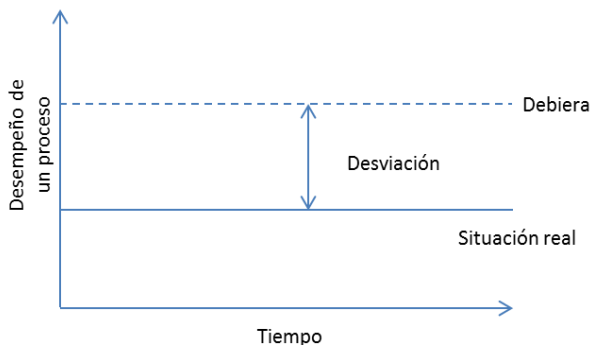


* El desempeño del proceso cambia del debiera a una situación diferente.

Fig. I.1 Cambio en el tiempo.

Problemas de arranque.

La figura I.2 representa un comportamiento correspondiente a los casos en que el desempeño nunca ha cumplido con el debiera, estos casos se llaman problema de arranque.



* El desempeño del proceso nunca ha sido como el debiera. Es un problema de arranque.

Fig. I.2 Problema de arranque.

1.2.2 El análisis de problemas.

El análisis de problemas es un proceso sistemático para resolver problemas, éste no rechaza el valor que tiene la experiencia o el conocimiento técnico. Más bien nos ayuda a hacer el mejor uso de la experiencia y el conocimiento.

Nuestra objetividad sobre una situación con frecuencia se ve sacrificada cuando estamos bajo presión. Cuando se requiere una solución rápida a un problema, es muy fácil recurrir a lo que recordamos haber hecho en el pasado, en la solución que alguna vez fue acertada o en el recurso que aparentemente corrigió algún problema similar. Con el análisis de problemas evitamos caer en esta pérdida de objetividad.

1.2.2.1 Cuatro patrones del pensamiento.

Existen cuatro patrones básicos del pensamiento que las personas utilizan cotidianamente:

- ¿Qué está sucediendo?
- ¿Por qué sucedió esto?
- ¿Qué curso de acción deberíamos tomar?
- ¿Qué nos espera más adelante?

La habilidad para contestar estas cuatro preguntas fueron las que hicieron posible la civilización y a la fecha sigue marcando la pauta para el desarrollo de la misma. Cuando aparece una situación que debe ser resuelta, la información disponible es normalmente una confusión entre lo pertinente y lo irrelevante, entre los pocos vitales y los muchos triviales.

1.2.2.2 Condiciones y habilidades para el análisis de problemas.

Las organizaciones no sólo disfrutan de las recompensas del éxito, también disfrutan el proceso que lo produce. Independientemente del nivel de la organización, ellos no solo aceptarán, si no también buscarán oportunidades para solucionar problemas siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

-
-
- ☞ Que posean las habilidades necesarias para resolver los problemas que surjan en sus trabajos.
 - ☞ Que experimenten el triunfo al usar estas habilidades.
 - ☞ Que sean recompensados por solucionar eficientemente los problemas.
 - ☞ Que no le teman al fracaso.

Causa y efecto

La solución de problemas requiere de un pensamiento efecto-causa. Similar al de los patrones básicos del pensamiento.

1.2.2.3 El enfoque tradicional.

En ocasiones nos tropezamos con la causa del problema. Algunas veces tomamos una acción que solamente reduce el efecto, aunque la causa nunca se explica correctamente. Probablemente porque asignamos muchas actividades para la misma cantidad de teorías y en una de ellas se encontraba la verdadera causa.

En otras ocasiones ni descubrimos la causa ni tomamos acciones que reducen la gravedad del problema, por lo tanto el efecto permanece. Una acción interina o provisional debe ser diseñada para que la operación continúe funcionando con el problema hasta que la verdadera causa sea encontrada; o hasta que el problema desaparezca sin la identificación de la causa. La eliminación de un problema por coincidencia ocurre con menos frecuencia de lo que uno espera. La acción provisional se convierte gradualmente en un procedimiento estándar que forma parte de la operación. El enfoque tradicional, produce más frustración y malos entendidos que buenos resultados.

Después de un estudio realizado en la organización donde el autor del presente documento laboró, se encontró una oportunidad de mejora considerable en los análisis de causa raíz elaborados durante el 2011. Una cantidad considerable de reportes mostraban cierta ambigüedad en la identificación de la causa raíz del problema. Las descripciones más comunes fueron:

-
-
- ☒ **Falla no considerada en el AMEF.** Se refiere a la no identificación de un problema en la fase de desarrollo del producto y del proceso de manufactura.
 - ☒ **Falta de entrenamiento a personal:** Indica un entrenamiento poco robusto que conlleva a un error que impactará en la calidad del producto final.
 - ☒ **Error o distracción del operador:** Aun cuando el operador ha sido entrenado, no sigue estos lineamientos debido a una falta de disciplina, y por ello, se genera una falla.
 - ☒ **El diseño permite el modo de falla:** El producto está diseñado de tal forma que la falla observada es posible y probable que suceda.
 - ☒ **Ambigüedad en la definición de la causa, lo que genera diversas causas raíz:** Diferentes factores que podrían ocasionar el problema, sin identificar uno de ellos como el de mayor influencia, lo que resulta en una lista considerable de acciones correctivas y que no aseguran la eliminación del problema.

Estas descripciones de causas que originan los problemas evidencian que los análisis de problemas no están siendo profundos, y por ende, las soluciones no serán efectivas.

1.3 Conceptos clave para un análisis de problemas eficiente.

Técnicas de solución de problemas.

Son aquellas técnicas que soportan al intelecto y el conocimiento, tienen una estructura definida y a través de ellas se realiza el análisis del problema para llegar a una causa raíz. En la industria existe una variedad considerable de estas técnicas algunas de ellas son:

- El Diagrama de Ishikawa
- El análisis de causa raíz (RCA)
- El 5 ¿por que's?

- Las ocho disciplinas
- El análisis de árbol de falla (failure tree analysis)
- El método Kepner Tregoe
- El Método Seis Sigma
- El Método Shainin®

Liderazgo.

La palabra liderazgo define al proceso de influir en otras personas y de incentivarlas para que trabajen en forma entusiasta por un objetivo común^[9]. El liderazgo es una parte indispensable en la solución de problemas y se complementa con las técnicas de solución.

El liderazgo puede existir pero sin la técnica adecuada nuestros resultados no serán los óptimos. Lo mismo pasa con el caso opuesto se puede contar con la técnica apropiada pero si no se cuenta con una técnica efectiva, entonces nuestro análisis no será profundo y por lo tanto existe un riesgo considerable de llegar a una conclusión errónea. La tabla 1 explica la interacción de los dos conceptos.

		Ineficaces	Eficaces
Liderazgo	Débil	<ul style="list-style-type: none"> •Cambios frecuentes de producto/proceso. •Cultura de excusas (percepción de que las fallas son inherentes al proceso) • Resultados inconsistentes. •Esfuerzos titánicos. •Clientes insatisfechos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentran soluciones pero no se implementan. •Cultura de apaga fuegos día - día. •Los problemas se “arrastran” indefinidamente. •Alta rotación de personal •Clientes frustrados.
	Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> • Los problemas son contenidos pero no arreglados. •Los resultados son tipo meseta y se dan lentamente (como esperar a que una fruta caiga del árbol). •Resultados inconsistentes. 	<ul style="list-style-type: none"> •Análisis realizados en corto tiempo. • Costos de calidad bajos. • Lanzamientos exitosos. •Alto rendimiento. •Lealtad de los clientes.

Tabla I.1 Liderazgo vs Técnicas de Solución de Problemas

Ambos conceptos son complementarios. En los siguientes capítulos se hablará de cómo desarrollar cada uno de ellos. Empezando por cómo construir un liderazgo fuerte y posteriormente describiendo las técnicas que se alinean con ese liderazgo.

CAPÍTULO II

EL 80/20 UN PRINCIPIO BÁSICO PARA UN LIDERAZGO EFICIENTE

“Dios juega a los dados con el Universo. Pero los dados están cargados. Y es nuestro objetivo principal el encontrar bajo qué reglas fueron cargados y cómo podemos usarlos para nuestros fines personales^[7].”

Henry Ford

2.1 Definición del principio de 80/20.

El principio 80/20 establece que existe un desequilibrio congénito entre las causas y los resultados, entradas y salidas y esfuerzo y recompensa. Típicamente las causas, entradas y esfuerzos se dividen en dos categorías:

- La mayoría que tienen poco impacto
- La pequeña minoría que tienen el mayor impacto y por lo tanto el impacto dominante.

80 por ciento de los resultados, salidas o recompensas se derivan sólo del 20 por ciento de las causas, entradas o esfuerzos. ¡Aproximadamente el 80 por ciento de la energía en el mundo es consumida por el 15 por ciento de la población del mundo!^[14]

El desequilibrio o la relación entre las causas y el efecto es mayormente 80/20 que 50/50. Las personas altamente efectivas tratan de lograr mucho con el menor esfuerzo debido a que siguen el principio del 80/20, el 80 por ciento de los resultados se dan concentrándose en el 20 por ciento de los problemas importantes.

El principio del 80/20 afirma que la minoría de las causas, entradas o esfuerzos usualmente guía a la mayoría de los resultados, salidas o recompensas. Este principio fue descubierto en 1897 por el economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923)^[14].

¿Qué descubrió Vilfredo Pareto? Al estudiar los patrones de la riqueza e ingresos de la Inglaterra del siglo XIX encontró que la mayoría de los ingresos y la riqueza se localizaban en la minoría de las personas de la muestra tomada.

Probablemente esto no sea muy extraño pero tuvo dos hallazgos interesantes: El primero fue que había una relación matemática consistente entre la proporción de gente (como un porcentaje de la población relevante total) y la cantidad de ingresos o riqueza que poseía ese grupo. La relación sigue un patrón logarítmico regular y la gráfica representada era similar sin importar la época del país en la que se tomaba.

La fórmula es la siguiente; siendo N el número de personas que reciben ingresos mayores a x, con A y m siendo constantes; Pareto encontró que:

$$\log N = \log A + m \log x.$$

Para simplificar la fórmula el 20 por ciento de la población gozaba del 80 por ciento de la riqueza. El segundo hallazgo, el cual llamó la atención de Pareto es que este patrón de desequilibrio se repetía consistentemente dondequiera que observara información referente a este tema en diferentes países o diferentes periodos de tiempo con una precisión matemática.

Considerándolo literalmente en el trabajo por ejemplo se dice que el 80 por ciento de lo que logramos en él proviene del 20 por ciento del tiempo empleado. Lo cual indica que cuatro quintos del esfuerzo empleado son irrelevantes. Lo cual es contrario a lo que la gente espera.

Este principio establece también que hay un desequilibrio entre las causas y sus resultados. Un patrón típico mostraría que el 80 por ciento de las salidas proviene del 20 por ciento de las entradas.

En los negocios este principio ha sido validado en incontables ocasiones, por ejemplo en la industria cinematográfica, el 80 por ciento de las ganancias proviene del 20 por ciento de las películas producidas.

Otro ejemplo claro es el motor de combustión interna ochenta por ciento de la energía es desperdiciada en la combustión y solo el veinte por ciento de energía se transmite a las ruedas este veinte por ciento genera el cien por ciento de la salida^[6].

El principio del 80/20 ha ayudado a formar el mundo actual, sin embargo ha permanecido en secreto debido a que los expertos que lo utilizan solo explotan una pequeña parte del mismo.

2.2 Antecedentes de la calidad total.

2.2.1 Primer ola: La revolución de la calidad.

La revolución tuvo lugar entre 1950 y 1990 y transformó la calidad tanto para el cliente como para el proveedor. El movimiento de la calidad ha sido una cruzada para obtener consistentemente mayor calidad a un menor costo mediante la aplicación de técnicas estadísticas y de conducta. El objetivo ahora, el cual muchas compañías están logrando, es obtener productos con cero defectos. Es discutible que el movimiento de la calidad haya sido el factor principal de una mayor expectativa de calidad de vida alrededor del mundo desde 1950.

El movimiento tiene una historia interesante, con dos grandes mesías: Joseph Juran (nacido en 1904) y W. Edwards Deming (nacido en 1900). Ingeniero en electrónica y estadístico respectivamente. Desarrollaron ideas paralelamente después de la segunda guerra mundial, pero fue imposible interesar a alguna compañía grande de los Estados Unidos de América en su Método de Control de Calidad. El único interés provino de Japón y ambos de mudaron en 1951 a dicho país.

Su trabajo vanguardista tomó una economía conocida en ese entonces como imitaciones pobres de otros sistemas y la transformaron en una estación generadora de alta calidad y productividad. Fue entonces cuando productos japoneses como motocicletas y fotocopiadoras comenzaron a invadir los Estados Unidos y a acaparar más clientes que proveedores nacionales. Muchas corporaciones comenzaron a tomar el movimiento de la calidad seriamente.

Después de 1980 Juran, Deming y sus discípulos emprendieron una transformación de los estándares de calidad occidentales, llevando a mejoras significativas en el nivel y la consistencia de la calidad, reducciones dramáticas en la tasa de reclamaciones y una reducción importante en costos de manufactura.

El principio 80/20 fue una de las piedras angulares del movimiento de la calidad. Joseph Juran lo describía como el principio de Pareto o la Regla de los pocos vitales. En la primera edición del Método de Control de Calidad Juran comentó que las pérdidas (lo que es manufacturado pero debe ser desechado debido a una calidad deficiente) no surgen de un número grande de causas:

“...más bien las pérdidas están distribuidas de tal forma que un porcentaje pequeño de las características de calidad siempre contribuyen a un alto porcentaje de las pérdidas de calidad^[12]...”

Juran aplicó el principio del 80/20 al control estadístico de la calidad. El enfoque es el de identificar los problemas que están ocasionando falta de calidad y ordenarlos por importancia. Ambos Juran y Deming usaron la frase de 80/20 constantemente, impulsando la búsqueda de los pocos defectos que causaban la mayoría de los problemas. Tuvieron la idea de usar el principio del 80/20 junto con otros métodos estadísticos para encontrar la causa raíz de fallas de calidad y eliminarlas definitivamente, mejorando la confiabilidad y el valor de los bienes industriales y del consumidor.

Una vez que estos pocos vitales han sido identificados, la mayoría de los esfuerzos son asignados para lidiar con ellos, en lugar de tratar de eliminar todos los problemas al mismo tiempo. Hoy en día todos los practicantes de la calidad están familiarizados con el 80/20. El principio de Pareto fue uno de los pocos vitales que impulsaron la revolución de la calidad.

2.2.2 La revolución de la información.

Apple usó el principio de 80/20 en el desarrollo del Apple Newton Message Pad, un organizador electrónico personal. Los ingenieros de este dispositivo, tomaron ventaja de una versión ligeramente modificada del principio 80/20. Encontraron que el 0.01% del vocabulario de una persona era suficiente para hacer

el 50% de las cosas que normalmente hacemos con una pequeña computadora de mano^[19].

En 1963 IBM descubrió que el 80 por ciento del tiempo de procesamiento es ocupado en la ejecución del 20 por ciento del código operativo. Inmediatamente modificó su sistema operativo de tal forma que ese 20 por ciento de las funciones se realizaran más rápido y sencillo para el usuario, convirtiendo de este modo a las computadoras de IBM más eficientes y veloces que las de sus competidores en la mayoría de las aplicaciones.

2.3 Fundamentos del principio 80/20.

Tendemos a pensar que todas las causas tendrán casi la misma importancia, que todos los clientes son igual de importantes, que todos los problemas tienen un gran número de causas y por lo tanto que no tiene sentido aislar solo algunas causas clave.

Tendemos a pensar que el 50 por ciento de las causas o entradas son motivo del 50 por ciento de los resultados o las salidas. El principio del 80/20 afirma que cuando dos conjuntos de datos relacionados entre causas y resultados, son analizados y examinados, el resultado más probable será un patrón de desequilibrio.

Dicho desequilibrio podrá ser 65/35, 70/30, 75/25, 80/20, 95/5, 99.9/0.1 o cualquier combinación intermedia. Cuando encontramos la relación nos sorprendemos de qué tan desbalanceada es. Podemos sentir que algo de nuestro tiempo es más valioso que el resto pero si medimos las entradas y las salidas, la desigualdad nos sorprenderá.

Los recursos que tienen el mayor impacto se utilizan tanto como se puede. Cada recurso es idealmente usado en donde aporta el mayor valor. Cuando es posible, los recursos débiles (aquellos que generan menores resultados positivos a la organización) son desarrollados de tal forma que puedan imitar el comportamiento de los mejores recursos.

El principio del mínimo esfuerzo de Zipf.

Un redescubrimiento y adaptación del principio de Pareto es el principio de esfuerzo de Zipf. El cuál establece que las entradas (personas, bienes, habilidades, tiempo y todo aquello que sea productivo) tienden a auto ordenarse para minimizar el trabajo de tal forma que aproximadamente del 20 al 30 por ciento de cualquier fuente son motivo del 70-80 por ciento de la actividad relacionada con esa fuente.

El principio del desequilibrio.

Junto con el principio del 80/20, el principio del desequilibrio asevera que el mundo es no lineal, causa y efecto rara vez están ligados de una forma equitativa. Ambos principios están basados en la idea de la no linealidad, una cantidad considerable de sucesos es irrelevante y puede ser descartado. Aun así hay algunas pocas fuentes que tienen una influencia mucho más allá de sus números. Si son fuentes que no se desean, se necesita pensar cuidadosamente cómo neutralizarlas, si son fuentes o efectos que se desean entonces se necesita encontrar cómo incrementarlas.

El primero en llegar es el que se sirve mejor (Teoría del Caos).

La compañía que sea en las etapas más tempranas del mercado 10 por ciento mejor que sus rivales puede terminar con un margen de ganancias del 100 o 200 por ciento mayor que sus competidores, aun cuando sus rivales provean un producto mejor en el futuro. Por ejemplo, en la etapa del lanzamiento del reloj circular, el 51% de los relojes giraban en el sentido que ahora llamamos de las manecillas del reloj en lugar de en contra de las manecillas del reloj, este balance se convirtió en el predominante, aún cuando los relojes pudieron haber girado hacia la izquierda tan bien como lo hacen hacia la derecha.

Una división 51/49 es inherentemente inestable y tiende a gravitar hacia un 95/5, 99/1, o incluso a un 100/0^[14]. La igualdad termina en dominio, es decir la mayoría obtiene la preferencia; este es uno de los mensajes de la teoría del caos. El mensaje del principio del 80/20 es diferente pero complementario con la teoría del caos. Se dice que, en cualquier punto, la mayoría de cualquier fenómeno será explicado o causado por la minoría de los factores participando en el fenómeno. Resumiendo, pocas cosas son importantes, la mayoría no lo son.

Un ejemplo del principio del 80/20 es la industria del cine. Dos economistas realizaron un estudio en Estados Unidos de las rentas y duración de vida de 300 películas lanzadas en un periodo de 18 meses. Encontraron que cuatro películas- solo 1.3 por ciento del total- reunieron el 80 por ciento de las ganancias de taquilla, las otras 296 películas o 98.7 por ciento reunieron sólo el 20 por ciento del capital. En este caso en particular se tiene un desequilibrio del 80/1 (el 80% de los resultados se deben al 1% de las entradas).^[10]

2.4 Como usar el principio del 80/20.

Hay dos formas de usar el principio de 80/20; el análisis y el pensamiento. El análisis 80/20 es un método sistemático y cuantitativo de comparación de causas y efectos.

El pensamiento de 80/20 es un procedimiento más amplio, menos preciso y más intuitivo que permite realizar hipótesis de cuáles son las causas importantes para cualquier aspecto relevante en nuestras vidas.

George Bernard Shaw, lo dijo eficientemente:

“...El hombre lógico se adapta al mundo. El ilógico persiste en adaptar al mundo para él. Por ello todo progreso es gracias al hombre irracional...^[11]”

Dejemos de pensar en 50/50

Se requiere una reeducación para dejar de pensar en que la relación causa – efecto es 50/50 y empezar a considerarla como 80/20. Espere lo inesperado. Espere que el 80 por ciento de un resultado sea derivado por el 20 por ciento de las causas. Si puede identificar ese 20 por ciento de las causas, enfoque sus recursos en este 20%.

Se pueden hacer las entradas no productivas un poco semejantes a las altamente productivas, los resultados no sólo se pueden sumar sino multiplicar. Con creatividad y determinación este salto es alcanzable. La experiencia sugiere que cada recurso tiene un lugar si se encuentra ese lugar, ese recurso puede ser mucho más productivo que en otras posiciones.

¿Está trabajando en hacer a otros ricos o es en sentido contrario?

Es mejor estar en el lugar correcto que ser listo y trabajar duro. Es mejor ser astuto y enfocarse en los resultados que en las entradas. Actuar en pocas áreas clave da resultado, muchas ideas y trabajo duro, dan resultado pero en mayor tiempo y en menor medida.

El pensamiento correcto es escoger una canasta, colocar todos los huevos y cuidarlos como un halcón. Es decir, escoger el área de mayor oportunidad y enfocar la mayor cantidad de recursos posible hasta lograr los resultados deseados.

El análisis 80/20

Examina la relación entre dos conjuntos de datos comparables. Un conjunto es un universo de personas u objetos, usualmente una muestra de 100 o más que pueden ser transformados a porcentaje. El otro conjunto se refiere a alguna característica interesante acerca de personas u objetos que también puede ser transformada a porcentaje.

El análisis 80/20 tiene las siguientes características:

- Preciso
- Cuantitativo
- Requiere de investigación
- Provee hechos
- Altamente valioso

La mejor forma de mostrar la relación 80/20 es gráficamente.

¿Para qué se usa en análisis 80/20?

Un uso es para concentrarse en las causas claves de la relación, el 20 por ciento de las entradas que nos lleva al 80 por ciento de las salidas (o cualquier relación aproximada). No se deje influenciar por el pensamiento de que si todos miran a la misma variable esa es la que más importa, **hable con hechos que lo respalden y; con el panorama completo visualizado, se debe estar conscientes**

de que si accidentalmente se toma la perspectiva incorrecta o incompleta, entonces se tendrá un panorama inexacto.

2.5 ¿Por qué su estrategia no es correcta?

A menos que aplique el principio del 80/20 es muy probable que su estrategia tenga fallas repetidamente. Seguramente no tiene todo el panorama o está haciendo demasiado por todo. Se tiende a asumir que las organizaciones están haciendo lo mejor que pueden y a pensar que el negocio es altamente competitivo y ha logrado una especie de equilibrio o callejón sin salida. ¡Nada está más alejado de la verdad!

SIMPLE ES HERMOSO

“Mi esfuerzo es en dirección a lo simple. La gente en general tiene tan poco y le cuesta tanto adquirir incluso lo básico (dejando afuera los lujos, los cuales creo que todos tenemos derecho a ellos) porque casi todo lo que hacemos es más complejo de lo que debe ser. Nuestra ropa, comida o bienes materiales; todos ellos podrían ser mucho más simples de lo que son y al mismo tiempo se verían mejor.^[7]”

Henry Ford.

El poder de la simplicidad

La complejidad es querida por los gerentes. Debido a que es estimulante y desafiante, evita la rutina y hace más interesante el trabajo de los gerentes. La complejidad es apoyada por los gerentes, entre más compleja sea la actividad, mayor exposición tendrá la gerencia.

Debido a que los negocios son derrochadores y a que la complejidad y el desperdicio se alimentan el uno al otro un negocio sencillo será mucho mejor que uno complejo. La forma de tener algo excelente es hacerlo sencillo. Cualquiera que desee entregar un producto de calidad a bajo costo, buscará la forma de hacerlo sencillo mediante la reducción de la complejidad.

Sea selectivo.

No afronte todos los problemas con el mismo esfuerzo. ¡La reducción de costos es un negocio caro! Identifique las áreas (posiblemente el 20 por ciento de las áreas) que tienen el mayor potencial para la reducción de costos y concentre el 80 por ciento de los recursos en ellas.

Reduciendo costos con el principio 80/20.

Todas las técnicas efectivas para reducir costos usan tres fundamentos del principio 80/20: simplificación, mediante la eliminación de la actividad no productiva; enfoque en los impulsores de mejora; y comparación del desempeño. Los últimos dos requieren elaboración.

El entendimiento de las cosas requiere de la recopilación de datos. El objetivo como pensadores del 80/20 es el de reducir la acción, antes de reaccionar se debe hacer una pausa, hacer un análisis de la información que se tiene, lograr el entendimiento de los mismos y entonces actuar selectivamente en algunos objetivos y limitar los esfuerzos a estos objetivos para producir resultados excelentes con el menor esfuerzo y sin recursos extras.

Normalmente la mayoría de los factores parecen ser importantes cuando en realidad solo pocos factores lo son. Estos son los pocos vitales, el resto podemos llamarlos la mayoría trivial. Enfocándonos en los pocos vitales podemos obtener resultados importantes.

Las causas pueden ser predominantes sin ser necesariamente apreciables o muy grandes. El equilibrio de las circunstancias puede ser cambiado en un rango mayor con una acción menor. Sólo algunas decisiones son importantes, aquellas que hacen cambios radicales.

2.6 Características del pensamiento 80/20.

El pensamiento tradicional.

Hemos sido entrenados para pensar en términos de causa y efecto, en relaciones regulares, en niveles regulares de beneficio, competencia perfecta, y en salidas predecibles. ¡Así no es el mundo real! El mundo real abarca una infinidad

de influencias, donde la causa y el efecto no están ocultos. Donde hay patrones repetidos de comportamiento irregular y la causa de este comportamiento es uno o pocos factores.

La estrategia 80/20 es poco convencional.

Las estrategias comunes son aquellas que llevan al desperdicio y a no alcanzar nuestro máximo potencial. La estrategia 80/20 guía haciendo las cosas de una forma diferente a través del pensamiento poco convencional. La experiencia es un concepto auto creado que usualmente se debe más a la percepción de la realidad que a la realidad misma del entorno.

El pensamiento 80/20 es estratégico.

Ser estratégico es concentrarse en lo que es importante, en aquellos pocos objetivos que pueden dar una ventaja comparativa en lo que es importante para el objetivo en lugar de lo que los demás piensen; y para, planear y ejecutar dicho plan con determinación y tenacidad.

El pensamiento 80/20 es no lineal.

El pensamiento tradicional está encajonado dentro de un poderoso, pero en ocasiones equivocado y autodestructivo, modelo mental. Es lineal y creé que X nos lleva a la Y y que la Y a la Z y que b es inevitablemente consecuencia de a. Me hiciste infeliz porque llegaste tarde, mi pobre educación me llevó a este empleo mediocre, soy exitoso porque soy muy astuto, etc. Todos estos son ejemplos del pensamiento lineal.

El pensamiento lineal es atractivo porque es sencillo, rutinario. El problema es que es una descripción pobre del mundo y una mala preparación para cambiarlo. Los científicos e historiadores han abandonado el pensamiento lineal por largo tiempo.

El pensamiento del 80/20 ofrece una salvación, nada surge de una sola causa, nada es inevitable, nada es equilibrado o inalterable, ningún estado indeseable tiene que ser soportable, ningún objetivo debe ser inalcanzable. Muy poca gente logra entender la verdadera causa de algo, bueno o malo.

El pensamiento 80/20 nos libera del engaño de la lógica lineal, apelando a la experiencia, introspección e imaginación. Si piensa que su carrera no va a ningún lado no divague buscando por mejoras graduales; una mejor oficina, un auto más caro, un título más ostentoso, menos horas de trabajo o un jefe más comprensivo. Mejor piense en los logros propios más importantes de su vida y busque realizar más logros similares. De ser necesario cambie de trabajo o incluso profesión. No busque causas, especialmente por las causas del fracaso. Visualice las circunstancias que lo harán feliz y productivo.

El pensamiento 80/20 combina ambición con una conducta relajada y confiada.

Hemos sido enseñados a pensar que la ambición debe ser impulsada con hiperactividad, largas horas de trabajo, sin parar con el sacrificio de uno mismo y los demás por la causa y estar ocupado todo el tiempo, en resumen una lucha despiadada por el éxito. Pagamos caro la asociación de estas ideas; la combinación no es deseable ni mucho menos necesaria.

Una combinación mucho más atractiva o al menos igual de factible es la de una gran ambición con la confianza, relajación y modales civilizados. Este es el ideal del 80/20 y se basa en fundamentos prácticos. Los mayores logros han sido obtenidos gracias a la combinación del cuestionamiento constante y el entendimiento imprevisto. Tomemos a Arquímedes en su tina de baño o a Newton golpeado por una manzana debajo de un árbol por ejemplo. El importante descubrimiento que realizó cada uno de ellos, si Arquímedes no hubiera pensado en el desplazamiento del agua o si Newton no hubiera pensado en la gravedad. Seguramente Arquímedes no hubiera descubierto nada si hubiera estado atado a un escritorio o si Newton hubiera estado guiando científicos en un laboratorio. Los logros se deben al entendimiento de nuestro alrededor y a la actividad selectiva.

2.7 El principio 80/20 en los negocios.

El principio 80/20 sigue siendo el mejor secreto para los negocios debido a que puede ser aplicado de manera beneficiosa a cualquier industria y a en cualquier organización, función, e incluso a cualquier trabajo individual, y de igual forma, aplica para todos los niveles organizacionales.

¿Por qué funciona en los negocios?

Porque se enfoca en generar el mayor beneficio con el menor uso de recursos y esfuerzo. La relación causa y efecto, entrada y salida, esfuerzo y recompensa no trabajan de un modo lineal. Muchas alteraciones en un negocio pueden provenir de causas aparentemente insignificantes. Es posible encontrar irregularidades y beneficiarnos de ellas.

Libérese de obligaciones impuestas por otros.

Aún si se trabaja para una compañía muy grande, se debe visualizar a uno mismo como un negocio independiente, trabajando para sí. La clave es averiguar qué tanto podemos desviarnos de los estándares sin ser retirados de la organización. Todo esto tomando en cuenta la tarea para la que se fue contratado.

Si al inicio no se es tan eficiente como se desea, identifique a alguien que lo sea, sus conductas y patrones, la clave para sobresalir como esa persona, es simular, manufacturar y desplegar su inteligencia.

Reglas de oro para ser exitoso.

1. Especializarse en un sólo ambiente; desarrollar habilidades fundamentales.
2. Escoger un ambiente que se disfrute, donde se pueda destacar y donde se tenga la oportunidad de convertirse en un líder reconocido.
3. Reconocer que el conocimiento es poder.
4. Identificar su negocio y sus clientes clave. Ofrecerles el mejor servicio.
5. Identificar las áreas dónde aplicando el 20 por ciento de del esfuerzo, se obtendrá el 80 por ciento de las ganancias.
6. Aprender del mejor.
7. Emplear tantos creadores de valor como pueda.

2.8 Condiciones para un cambio factible

Por años, los psicólogos han dicho que el ser humano se resiste al cambio; y así es, pero sólo se resiste a los cambios que le provocan desconfianza o que están en contra de sus intereses. El ser humano acepta cambios que le beneficien o al ambiente que le rodea.

No hay satisfacción en el trabajo a menos que pueda lograr mucho con poco. Se debe preguntar ¿Cómo hacer esto más fácil? ¿Qué hizo en el 20 por ciento del tiempo donde obtuvo el 80 por ciento de los resultados? **Se deben realizar más actividades como éstas** ¿Qué hace el 80 por ciento de su tiempo cuando sus logros son pocos? **Realizar menos actividades como esas.**

CAPÍTULO III

TÉCNICAS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS QUE SE BASAN EN EL 80/20

En el capítulo I se describieron los tipos de problemas que se presentan en la industria. Ambos tipos de problemas; una situación que venía comportándose como debería y luego cayó a una desviación y aquella situación en la que nunca se han cubierto las expectativas del desempeño pueden abordarse a través de las técnicas de solución de problemas.

En este capítulo se describirán brevemente tres técnicas de solución de problemas, las cuales concuerdan con el principio del 80/20. Esto es, buscar la fuente de mayor variación y enfocarnos en ella. Posteriormente se seleccionará una como técnica base y se fortalecerá con herramientas de las dos restantes.

3.1 El método Kepner Tregoe (KT).

Kepner Tregoe define cuatro procesos racionales básicos para emplear y compartir información acerca de preocupaciones organizacionales, estos procesos están diseñados para hacer el mejor uso de los patrones del pensamiento y estos procesos son:

1. Evaluación de situaciones
2. Análisis de problemas
3. Análisis de decisiones
4. Análisis de oportunidades o problemas potenciales.

En el presente trabajo se mencionará solo el proceso de Análisis de problemas.

3.1.1 Análisis de problemas KT.

Es el segundo proceso racional y se basa en el patrón del pensamiento causa-efecto. Ello permite identificar, describir, analizar, y resolver con precisión una situación en donde algo ha salido mal y no se sabe qué lo causó. Esto da un recurso sistemático para extraer información esencial de una situación problemática y hacer a un lado la información confusa e irrelevante.

3.1.2 Características del análisis de problemas KT.

El análisis de problemas KT proporciona las habilidades necesarias para explicar cualquier situación en la que el nivel esperado de desempeño no se está logrando y donde la causa de este desempeño mal logrado es desconocida.

Es un proceso sistemático utilizado para encontrar la causa de una desviación positiva o negativa. Al tener una desviación deben plantearse las preguntas: ¿La causa de este problema es conocida? ¿Es necesario conocer la causa para aplicar una acción efectiva?

3.1.3 Estrategia del análisis de problemas KT.

El análisis de problemas KT se basa principalmente en preguntas efectivas para identificar de dónde proviene la desviación.

Si la causa es conocida o se cree que es conocida, se debe confirmar esa causa y si resulta ser cierta entonces no hay necesidad de aplicar un análisis de problemas, en su lugar se debe aplicar una acción correctiva y evaluar su efectividad. Si la respuesta es que no se conoce la causa, se debe plantear la pregunta: ¿Realmente necesitamos conocer la causa?

Tómese por ejemplo un bolígrafo, si deja de aplicar tinta aun cuando lleve unos pocos días de uso, ¿se necesita conocer la causa de su fallo? Probablemente el costo, tiempo y recursos para investigar este defecto será mayor al de reemplazar el bolígrafo y continuar con tareas que agreguen mayor valor a mi trabajo. Lo mismo pasa en la solución de problemas, existirán ocasiones donde la causa no es relevante y es mucho más sencillo aplicar una acción efectiva.

Por otro lado existirán problemas donde la aplicación de una acción sin fundamentos sólidos tendrá un riesgo potencial no sólo de no eliminar la desviación observada, si no de incrementar los costos y continuar con este estado de crisis. En esta situación es necesario un Análisis de Problemas. La figura III.1 resume lo anterior.

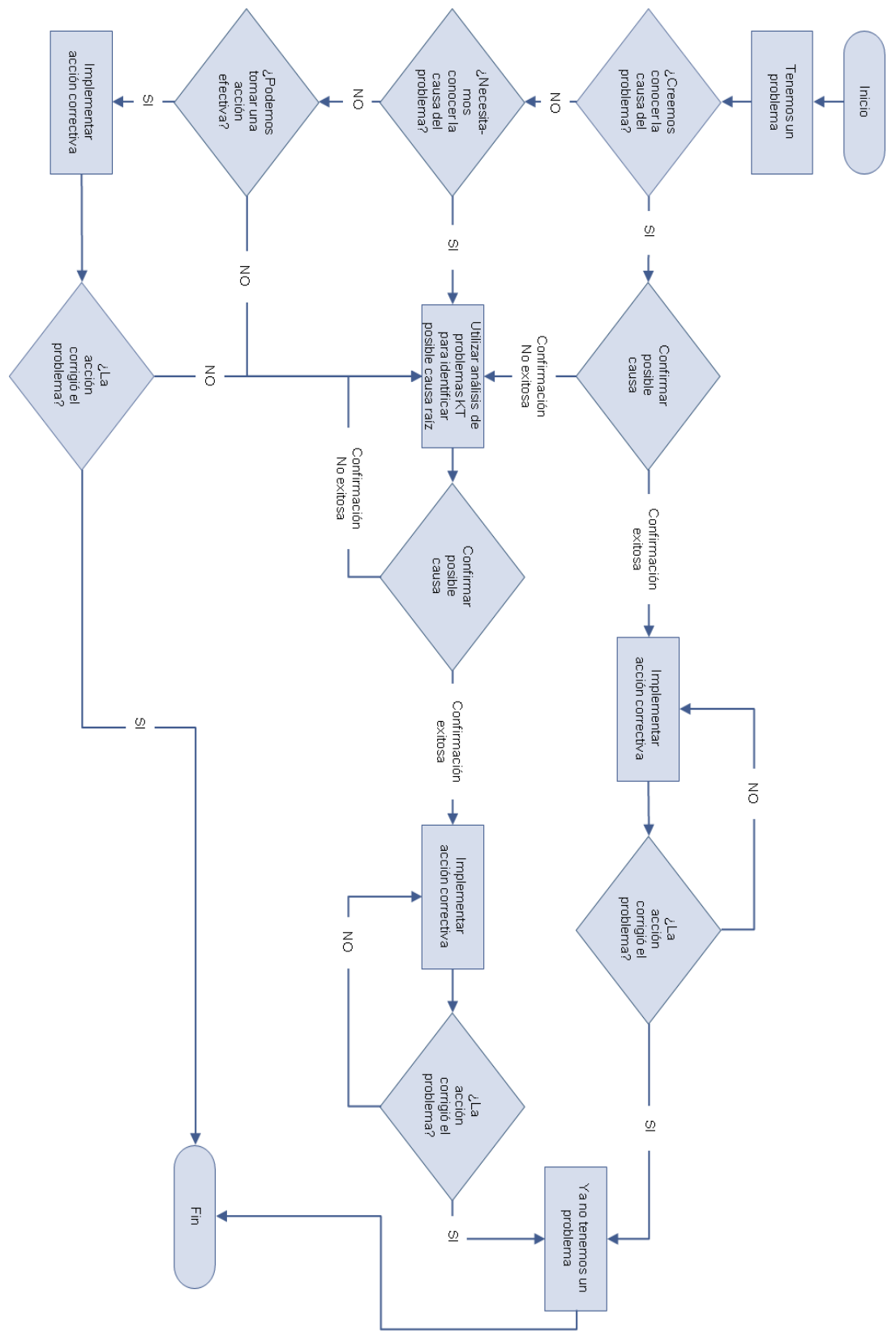


Figura III.1 Diagrama de Flujo Análisis de Problemas KT

3.1.4 Fases del análisis de problemas KT.

Las etapas del análisis de problemas Kepner Tregoe son seis. En la figura III.2 se tiene una sobrevista de dichas etapas.

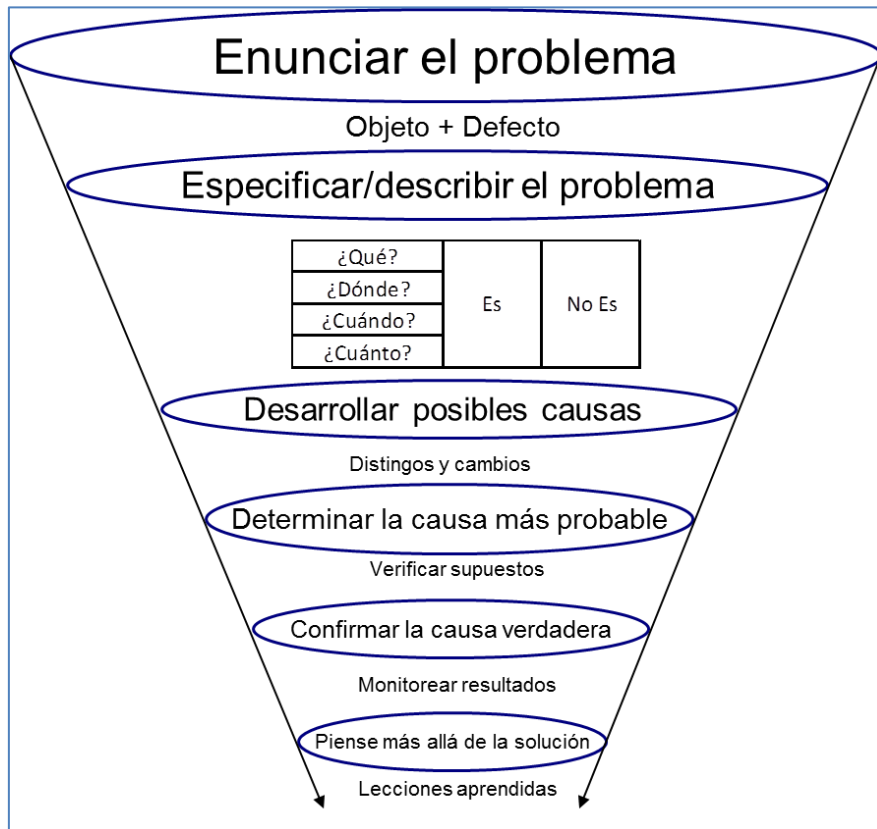


Figura III.1 Proceso de análisis de problemas KT

Enunciar el problema.

Es el primer paso del análisis de problemas Kepner Tregoe. Consiste en la identificación del objeto que presenta la falla y la desviación que observamos. Es un análisis preliminar del problema a resolver. Se deben contestar las siguientes preguntas:

- ¿Qué Objeto (o grupo de objetos) tiene la desviación?
- ¿Qué desviación tiene?
- ¿Qué se ve, escucha, siente, prueba o huele que dice que hay una desviación?
- Incluir el objeto y el defecto en el enunciado del problema.

Especificar el problema.

Es la etapa fundamental del proceso de análisis de problemas KT. En ella se deben contestar las preguntas en las cuatro dimensiones ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo? y ¿Cuánto? Las bases para contestar estas preguntas son:

- ¿QUÉ...? La identidad o desviación que hay que resolver.
- ¿DÓNDE...? La ubicación en la que aparece la desviación.
- ¿CUÁNDO...? El tiempo en el que aparece la desviación.
- ¿CUÁNTO...? La magnitud de la desviación.

Se deben realizar preguntas estructuradas para ganar conocimiento sobre la naturaleza del problema. Se establece una base de comparación y se identifican los factores característicos que aíslan nuestro problema.

Desarrollar posibles causas.

Es una etapa de análisis con base en la información obtenida en la descripción del problema en la cual se identifica lo que Kepner Tregoe llama distingos y cambios y se deben plantear las preguntas: ¿Qué es distinto acerca de...? en las cuatro dimensiones ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo? y ¿Cuánto? En esta etapa se usa el conocimiento y la experiencia para elaborar teorías de qué puede estar causando el problema o desviación tomando en cuenta la información obtenida previamente. Con esto se evita caer en el pensamiento tradicional.

Determinar la causa más probable.

En esta fase ponemos a prueba las teorías elaboradas mediante el análisis retrospectivo. Los puntos críticos de este paso son:

- Si _____ es la verdadera causa de _____, ¿Cómo explica tanto la información del ES como el del NO ES en las cuatro dimensiones?
- Generación de supuestos en caso de que la causa no explique toda la información del ES y NO ES en las cuatro dimensiones.
- Determinar la causa más probable
 - ¿Qué causa explica mejor la información del ES y el NO ES?
 - ¿Qué causa tiene el menor número de suposiciones más simples y más razonables?

Verificar supuestos, confirmar la verdadera causa.

Es la etapa del análisis donde se confirma la causa más probable. En ella se deben contestar las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede hacerse para verificar cualquier suposición planteada?
- ¿Cómo puede ser observada esta causa en el trabajo?
- ¿Cómo se puede demostrar la relación causa-efecto?
- Cuando se tome la acción correctiva, ¿Cómo se verificarán los resultados?

Extender la causa.

Es la etapa final del análisis de problemas Kepner Tregoe. En ella compartimos las lecciones aprendidas. Al igual que las fases anteriores se basa en preguntas estratégicas. Estas son:

- Extender la causa
 - ☞ ¿Qué otro daño podría ser creado por esta misma causa?
 - ☞ ¿Dónde más podría esta causa crear problemas?
 - ☞ ¿Qué causó la causa?
 - ☞ ¿Por qué no se detectó (sistema)?
- Extienda la solución
 - ☞ ¿Qué otras cosas idénticas necesitan la misma solución?
 - ☞ ¿Qué problemas podría ocasionar esta solución?

3.1.5 Estructura del método de análisis de problemas KT.

La estructura de un equipo de análisis de problemas KT es sencilla. En la tabla III.1 se muestran las categorías y los roles de cada miembro.

Categoría	Empleado estándar	Solucionador de Problemas	Campeón	Dueño del proceso (Gerente)	Dueño del proceso (Director)
Responsabilidad / Habilidades	<p>Pensamiento metódico: Ejecuta porciones del proceso de solución de problemas utilizando métodos estándar de la planta. (necesita coaching)</p> <p>Generación y análisis de datos: Genera, analiza, interpreta la información y reacciona con base en los resultados (necesita guía y supervisor del campeón).</p>	<p>Pensamiento metódico: Lidera el proceso de solución de problemas usando los métodos de la planta. Cuando es necesario demuestra iniciativa mediante un pensamiento racional (estrategia).</p> <p>Generación y análisis de datos: Aplica herramientas apropiadas y eficientes para la generación, análisis, interpretación y reacción con base en los datos.</p>	<p>Pensamiento metódico: Identifica y lidera proyectos complejos de alto impacto en los métricos de la organización. Desarrolla y entrena a otros en los métodos.</p> <p>Generación y análisis de datos: Demuestra habilidad para utilizar las herramientas de generación y análisis de información en situaciones complejas. Desarrolla a otros en la correcta selección de las herramientas para la generación de datos.</p>	<p>Fija la Dirección Identifica proyectos ¿Cómo visualiza el éxito? Facilita la efectividad Provee Tiempo y Recursos Remueve Barreras Moldea el comportamiento Exige una buena estrategia Exige confirmación</p>	<p>Inicia el Movimiento Pregunta frecuentemente sobre el estatus Pregunta frecuentemente sobre las barreras Pregunta ¿cuando será completado el siguiente paso? ¿Qué se necesita para completarlo antes?</p>

Tabla III.1 Estructura del equipo de solución de problemas KT

3.1.6 Herramientas del análisis de problemas KT.

El análisis de problemas Kepner Tregoe no contiene herramientas como tal para generar el análisis. Se basa en el pensamiento crítico, el conocimiento y la experiencia.

3.2 El método Seis Sigma.

Es una técnica para mejorar procesos y solucionar problemas. Su propósito principal es el de reducir la variación y eliminar defectos en los productos.

La meta es lograr la perfección mediante el mejoramiento del desempeño de los procesos, esto es, 3.4 defectos por millón, lo que equivale a un nivel de calidad de Seis Sigma (99.99966% de eficiencia). Entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.

3.2.1 Características de Seis Sigma.

Seis Sigma se enfoca al cliente. Lo que es importante para su compañía es determinar lo que en realidad es importante para el cliente.

La filosofía de Seis Sigma es aplicar una metodología estructurada y sistemática para alcanzar la excelencia operacional en todas las áreas de su negocio, con la comprensión de que los procesos libres de defectos resultan de la mejora acelerada.

La mayoría de las actividades de Seis Sigma están enfocadas a establecer la ecuación de definición para el proceso de interés. Una vez que esta ecuación se determina y se entiende, el proceso puede ser re direccionado y la variación puede ser reducida y controlada para una mejora de impacto.

3.2.2 Estrategia de Seis Sigma: $f(X)=Y$

σ Sentido Común:

- Las salidas son función de las entradas.

σ Pensamiento Tradicional:

- ¿Cuáles entradas son significativas?
- ¿Cuál es la relación entre las entradas (X's) la salida (Y)?

σ Proceso Seis Sigma:

- Establece ésta relación para ser usada en la optimización y mejora.

La estrategia de Seis Sigma consiste en tener una definición de la ecuación adecuada y luego utilizarla para la mejora continua.

3.2.3 Etapas del método Seis Sigma.

Seis Sigma tiene cinco etapas y se define como el proceso DMAIC (por sus siglas en inglés). La figura III.3 Representa un panorama del proceso.

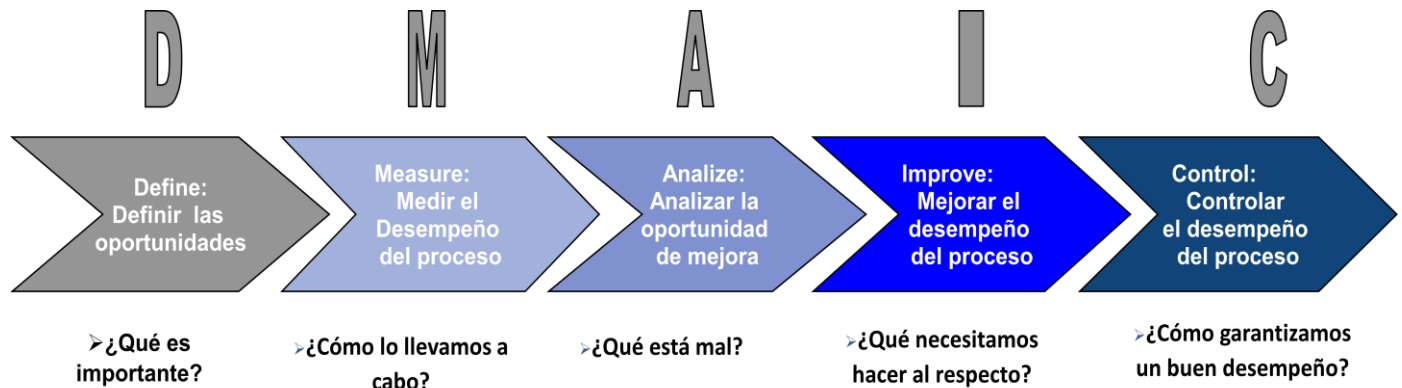


Figura III.3 Proceso DMAIC

Definir (Define): definir las oportunidades.

Este paso consiste en definir cuantitativamente las necesidades de los clientes y lo que constituye un defecto. Esto es, establecer los objetivos de mejora. Lo importante es lo que quiere el cliente. Se definen las características críticas de calidad (CTQ's)

Podemos definir las oportunidades con las siguientes preguntas:

- ¿Quién es el cliente?
- ¿Cuáles son los requerimientos de nuestro cliente?

-
-
- ¿Cuáles son los procesos afectados?
 - ¿Cuál es la estrategia del proyecto?

Un problema mal definido llevará a implementar soluciones para falsos problemas.

Medir (Measure): medir el desempeño.

En esta etapa se identifica el proyecto mediante la elección de uno de los objetivos de la organización. Se realiza el manejo de la medición, esto es, identificar el ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? Mediante la técnica del muestreo se detecta de donde proviene la variación del proceso en investigación. También se determina el proceso sigma

El conocimiento de la estadística se hace fundamental en el método Seis Sigma. Los expertos mencionan que la calidad no se mejora a menos que se pueda medir.

En esta etapa se identifican las Y's críticas que son las salidas del proceso que reflejan las CTQ's (Críticas para los requisitos de calidad). Resumiendo, en la etapa de medir se realiza lo siguiente:

- Medir el desempeño actual del proceso a mejorar.
- Identificar las fuentes de información.
- Recolectar la información.
- Comparar el estatus actual contra los requerimientos del cliente (identificación de los CTQ's).
- Definir el nivel de mejoramiento necesario.

Analizar (Analyze): analizar la oportunidad de mejora.

Es la etapa del proceso en la cual se realiza el análisis de problemas y se identifica la causa raíz del mismo mediante el análisis estadístico de los datos para identificar los factores críticos que afectan el proceso y provocan los errores.

Los pasos fundamentales de esta etapa son:

- Estratificación y análisis del proceso.
- Determinar las causas raíz.
- Identificar las interacciones.
- Validación de las causas raíz.

Mejorar (Improve): mejorar el desempeño del proceso.

En la etapa de mejorar se generan las propuestas de solución en base a la causa o causas raíz identificadas en el análisis. También se define como se va a verificar la eficacia de las acciones correctivas. Los pasos a realizar en esta etapa son:

- Diseñar soluciones para eliminar el problema y alcanzar la satisfacción del cliente.
- Desarrollar un plan de implementación.
- Reflejar las mejoras en los métricos a través del tiempo.

Controlar (Control): controlar el desempeño del proceso.

Es necesario confirmar el resultado de las mejoras realizadas. Por lo tanto se deben establecer los controles que aseguren la sustentabilidad de las mejoras introducidas.

3.2.4 Estructura del Método Seis Sigma

La estructura de Seis Sigma es un poco más compleja debido a que las posiciones son muy específicas y requieren un nivel alto de dominio de la metodología. La tabla III.2 muestra los roles y responsabilidades en un proyecto Seis Sigma.

Categoría	Cinta Verde (Green Belt)	Cinta Negra (Black Belt)	Maestro Cinta Negra (Master Black Belt)	Campeón
Responsabilidad / Habilidades	-Responsables del proyecto -Usualmente son ingenieros de procesos o ingenieros de calidad -Capaz de utilizar las herramientas de Seis Sigma.	-Realiza proyectos específicos de Seis Sigma Su función preliminar es realizar proyectos identificados por el Campeón y el Maestro cinta negra bajo el enfoque Seis Sigma. -Es capaz de elaborar la estrategia completa de un proyecto	-Actúan como instructores internos en las herramientas Seis Sigma. - Apoyan al Campeón en la selección de proyectos. - Guían a los cinta verde y cinta negra en el desarrollo de los proyectos Seis Sigma. -Deben tener habilidades analíticas altamente desarrolladas. -Tienen amplio manejo de estadística avanzada.	-Responsables de la implementación integral del programa de Seis Sigma en la organización. -Usualmente son gerentes

Tabla III.2 Estructura Seis Sigma

3.2.5 Herramientas del Método Seis Sigma.

Seis Sigma posee una amplia colección de herramientas estadísticas sofisticadas. La tabla III.3 identifica algunas herramientas por cada etapa del proceso DMAIC. De las cuales se explicarán las herramientas más básicas y que pueden proveer información aún cuando no se aplique un proyecto de Seis Sigma.

Definir	Medir	Analizar	Mejorar	Controlar
Modelo de aprendizaje	Mapeo del proceso	Estadística descriptiva	Diseño de experimentos (DOE) variable	Operación evolutiva (EVOP)
Administración de proyectos	Matriz causa-efecto	Correlación	Diseño de experimentos (DOE) fraccionado	Superficies de respuesta
Herramientas computacionales	Diagrama de pescado	Regresión	Diseño de experimentos (DOE) completo y 2^k factorial	Regresión múltiple
Estadística descriptiva	Análisis estadístico	Prueba de hipótesis	Diseño de experimentos (DOE) avanzado	Planes de transición
Pareto	Estadística descriptiva	Análisis estadístico	Regresión logística	Plan de control
Histograma	Análisis del sistema de medición (MSA)	Análisis de varianza (ANOVA)		Control estadístico del proceso (SPC)
	Análisis de capacidad del proceso	Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)		Métodos de control

Tabla III.3 Herramientas Seis Sigma

Estadística Descriptiva.

La estadística descriptiva es un conjunto de herramientas estadísticas básicas que tienen por objeto presentar masas de datos por medio de tablas, gráficos y/o medidas de resumen. De acuerdo con lo anterior, la estadística descriptiva es la primera etapa a desarrollar en un análisis de información.

Para aplicar la estadística descriptiva es necesario conocer conceptos como: desviación estándar, distribución binomial, distribución normal, error estadístico, frecuencia estadística, grados de libertad, muestra, población, probabilidad, media, mediana, moda, muestreo, rango, varianza.

Algunas herramientas de la estadística descriptiva son: Pareto, series temporales, diseño experimental, estadística inferencial, histograma, regresión estadística, tabla de frecuencias, diagrama de caja entre muchas otras.

Para efectos del análisis y solución de problemas técnicos se han seleccionado cuatro herramientas de la estadística descriptiva que son fáciles de usar y la forma en la que se presenta la información facilita la identificación de los pocos vitales. Estas herramientas son la Serie Temporal, el Histograma, el Pareto y el Diagrama de Caja.

La serie temporal.

Una serie temporal se define como una colección de observaciones de una variable recogidas secuencialmente en el tiempo. Estas observaciones se suelen recoger en instantes de tiempo equidistantes. Permite visualizar el momento en el tiempo en el que un evento sucede y así analizar el comportamiento y la relación de los mismos a lo largo de un periodo de tiempo.

Como elaborar una serie temporal en excel.

1. Recolectar los datos.
2. Generar una tabla de dos columnas, una columna contendrá los datos y la otra la fecha en la que se recolectaron esos datos.
3. Seleccionar todos los datos.
4. En la barra de herramientas de Excel seleccionar insertar gráfico.
5. Seleccionar grafico lineal.

Ejemplo: En la tabla III.4 tenemos la recolección de datos referentes a la cantidad de piezas rechazadas por defectos de inyección en una celda de manufactura. Posteriormente en la figura III. 4 se muestran estos datos graficados en la serie temporal. Podemos identificar fácilmente un periodo de inestabilidad del proceso en una ventana de tiempo definida.

Fecha	Piezas Rechazadas	10-Nov-08	15
20-Oct-08	9	11-Nov-08	3
21-Oct-08	16	12-Nov-08	7
22-Oct-08	0	13-Nov-08	56
23-Oct-08	0	14-Nov-08	290
24-Oct-08	2	15-Nov-08	5
25-Oct-08	0	18-Nov-08	369
26-Oct-08	6	19-Nov-08	199
27-Oct-08	0	20-Nov-08	52
28-Oct-08	29	21-Nov-08	19
29-Oct-08	4	22-Nov-08	155
30-Oct-08	2	25-Nov-08	97
31-Oct-08	6	28-Nov-08	20
3-Nov-08	90	29-Nov-08	258
4-Nov-08	2	1-Dec-08	241
5-Nov-08	4	2-Dec-08	120
6-Nov-08	94	3-Dec-08	77
7-Nov-08	5	4-Dec-08	129
8-Nov-08	17	5-Dec-08	5
10-Nov-08	15	6-Dec-08	0
		8-Dec-08	0
		9-Dec-08	15

Tabla III.4 Rechazo de piezas en proceso de inyección.

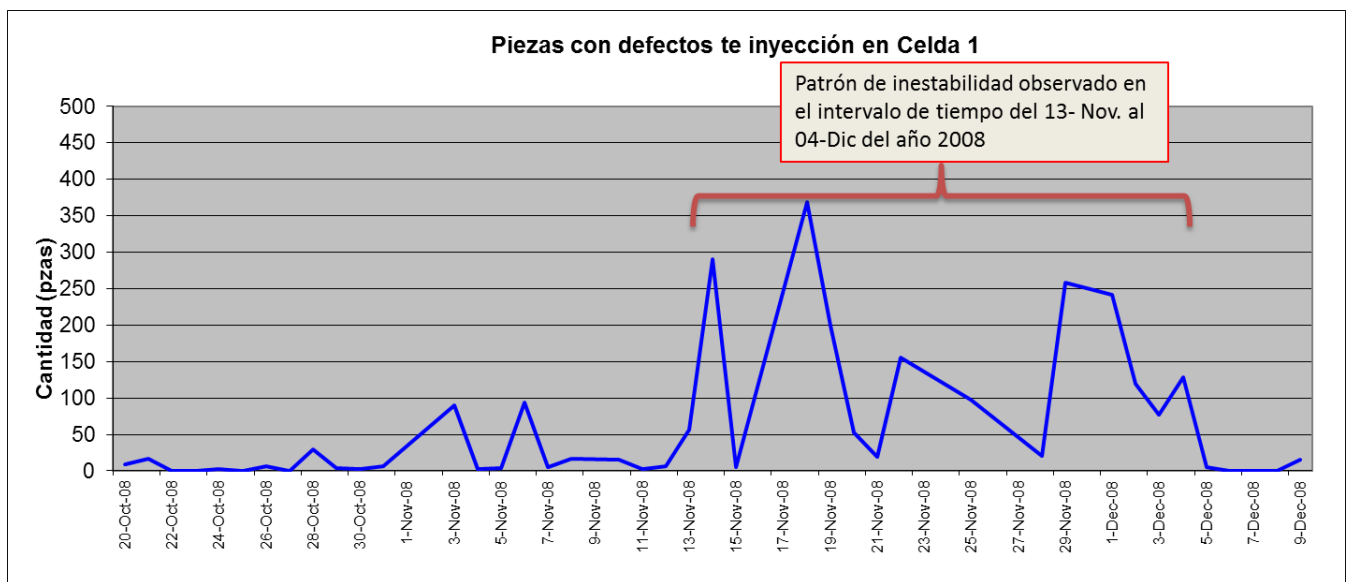


Figura III.4 Serie temporal de cantidad de piezas rechazadas en proceso de inyección de Octubre a Diciembre del 2008.

Nota: En el eje X deben aparecer las fechas de recolección de los datos y en el eje Y el valor obtenido.

Histograma.

Es una representación gráfica de valores en forma de barras donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. El histograma permite reconocer y analizar patrones de comportamiento en la información que no son aparentes a primera vista al calcular un porcentaje o la media.

Cómo realizar un histograma.

1. Después de la recolección de datos, contar el número de datos en su muestra. Por ejemplo tomemos un estudio realizado sobre motores rechazados por consumo de corriente mayor a 10 amperes.

11,11, 11, 12, 12, 12, 12, 12, 13, 13, 13, 13, 13, 14, 14, 14, 14, 14,14,15, 15, 15, 15, 16,16. → 25 datos

2. Determinar el rango

$$R = \text{mayor valor} - \text{menor valor} R=16-11 = 5 \text{ Rango} = 5$$

3. Obtener el número de clases:

Existen varios criterios para determinar el número de clases. Sin embargo ninguno de ellos es exacto. Un criterio usado frecuentemente es que el número de clases debe ser aproximadamente a la raíz cuadrada del número de datos.

$$\text{Número de datos} = \sqrt{25} = 5 \text{ clases (barras).}$$

4. Determinar la longitud del intervalo

$$\text{Rango} = 5 \text{ Número de clases} = 5$$

$$\text{Longitud del intervalo} = 1$$

5. Construir los intervalos

Determinando el límite (los números que definen el rango) del intervalo o también llamados puntos finales se determinaran los intervalos.

Tomar la medida individual más pequeña en el conjunto de datos (11).

Utilizar este número o aproximarlo al siguiente número más bajo. Ahora, se debe tomar este número y sumar la longitud del intervalo (1) de forma consecutiva manteniendo el rango de todos los números, pero sin incluir el número más alto (16).

- ⇒ Intervalo 1 [11-12]
- ⇒ Intervalo 2 [12-13]
- ⇒ Intervalo 3 (13-14]
- ⇒ Intervalo 4 [14-15]
- ⇒ Intervalo 5 [15-16]

6. Determinar la frecuencia absoluta y la frecuencia relativa.

- Frecuencia absoluta: Es el número de veces que aparece en la muestra dicho valor de la variable.
- Frecuencia relativa: Es la frecuencia absoluta dividida por el número total de datos.

En la tabla III 5 tenemos los cálculos para nuestro ejemplo:

Intervalo	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
[11-12]	3	12%
[12-13]	5	20%
[13-14]	5	20%
[14-15]	6	24%
[15-16]	6	24%
Total	25	100%

Tabla III.5 Cálculo de Frecuencias.

7. Trazar y marcar los ejes horizontales y verticales.
8. Dibujar las barras, las bases de las barras son los intervalos de clases y la altura son las frecuencias de cada intervalo.

9. Colocar los datos del histograma para facilitar el entendimiento de la gráfica.
La figura III.5 muestra el histograma de nuestro ejemplo.

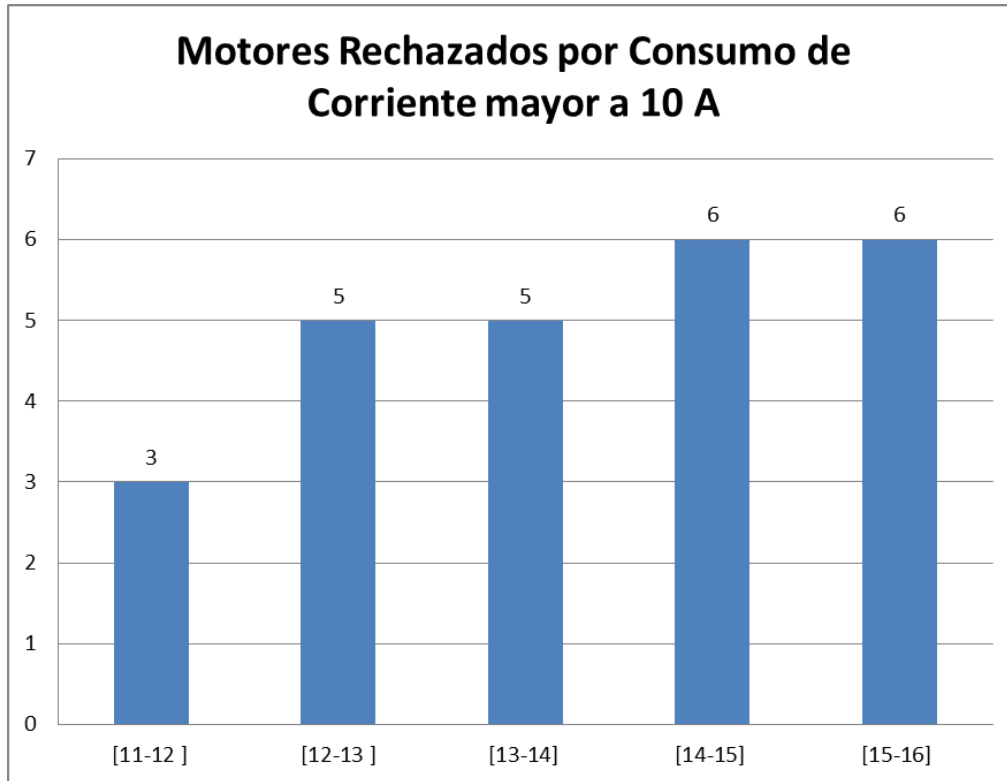


Figura III.5 Histograma de motores rechazados por consumo de corriente mayor a 10 A.

Observaciones del histograma.

Los histogramas pueden presentarse de diferentes formas e indican el comportamiento de la variable observada. En la figura III.6 se encuentran los patrones más comunes.

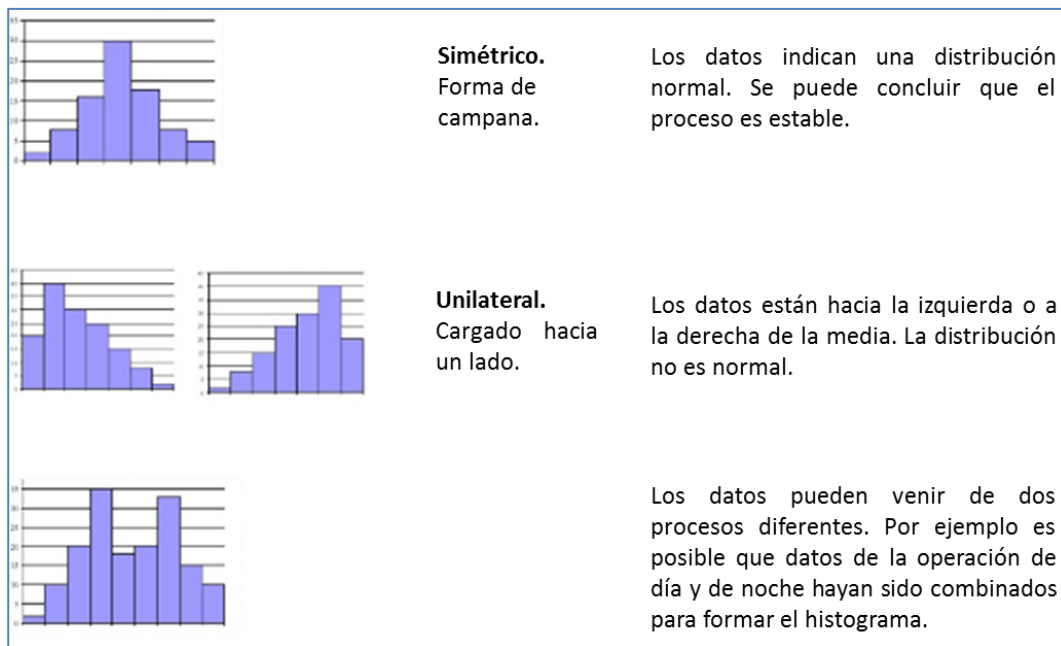


Figura III.6 Diferentes tipos de comportamiento de un proceso representados con histogramas.

Diagrama de Pareto.

Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar. También se conoce como Diagrama ABC o Diagrama 80/20. Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se trataría pues de identificar ese pequeño porcentaje de causas vitales para actuar prioritariamente sobre él.

Construcción de un Diagrama de Pareto.

1. Ordenar los factores de mayor a menor en función de la magnitud de cada uno de ellos.
2. Calcular la magnitud total del conjunto de factores.
3. Calcular la frecuencia relativa y la frecuencia acumulada.

Frecuencia acumulada: Se obtiene sumando los porcentajes de los factores anteriores de la lista más el porcentaje del propio factor del que se trate.

Tómese como ejemplo un estudio sobre el desperdicio de un área de manufactura que produce solenoides para transmisiones automáticas de los autos. Se realizó un diagrama de Pareto de las fallas detectadas por el banco de pruebas al final de la línea de producción. Los resultados y el cálculo de las frecuencias se muestran en la tabla III.6.

Falla	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
Hyst_error_count	5231	65%	65%
flowrate_error_cnt	1142	14%	79%
CC_max_up_slope 2	427	5%	84%
CC_max_down_slope 2	320	4%	88%
CC_error_count	314	4%	92%
3 static_flowrate	175	2%	94%
CC_min_up_slope 2	129	2%	95%
CC_min_down_slope 3	69	1%	96%
CC_max_down_slope 3	58	1%	97%
CC_max_up_slope 3	47	1%	98%
CC_min_down_slope 2	46	1%	98%
Resistance_20C (calc.)	45	1%	99%
CC_min_up_slope 3	45	1%	99%
O-Ring_present	44	1%	100%
Test_temperature	13	0%	100%
CC_max_up_slope 1	0	0%	100%
CC_min_up_slope 1	0	0%	100%
CC_max_down_slope 1	0	0%	100%
CC_min_down_slope 1	0	0%	100%
flowrate_max	0	0%	100%
Total	8105	100%	

Tabla III.6 Cálculo de Frecuencias de rechazos en Banco de pruebas.

4. Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal. Situar en el eje vertical izquierdo la magnitud de cada factor. La escala del eje está comprendida entre cero y la magnitud total de los factores. En el derecho se representan el porcentaje acumulado de los factores, por tanto, la escala es de cero a 100. El punto que representa a 100 en el eje derecho está alineado con el que muestra la magnitud total de los factores detectados en el eje izquierdo. Por último, el eje horizontal muestra los factores empezando por el de mayor importancia.
5. Se trazan las barras correspondientes a cada factor. La altura de cada barra representa su magnitud por medio del eje vertical izquierdo.
6. Se representa el gráfico lineal que representa el porcentaje acumulado calculado anteriormente. Este gráfico se rige por el eje vertical derecho.

7. Escribir junto al diagrama cualquier información necesaria, sea sobre el diagrama o sobre los datos.

Regresando al ejemplo de los solenoides, la figura III.7 presenta el diagrama de Pareto construido para identificar la causa principal de rechazo en el banco de pruebas.

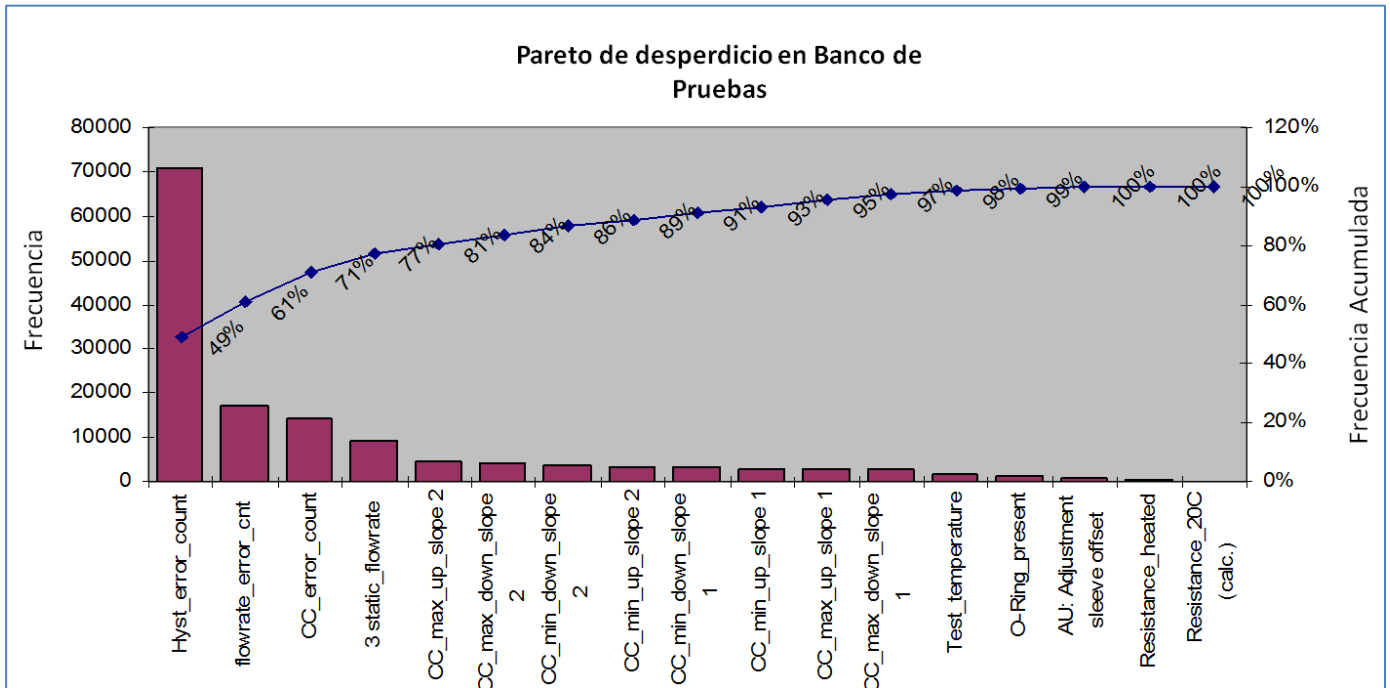


Figura III.7 Diagrama de Pareto de desperdicio en banco de pruebas.

Del diagrama podemos concluir que la falla principal es Hyst_error_count y aporta un 50% del total de rechazos en el banco de pruebas. También se puede observar que si se resuelven las 2 fallas que le siguen se eliminaría el 71% de los rechazos. Esta herramienta es muy útil para identificar donde debemos enfocarnos.

Diagrama de caja.

Los diagramas de Caja-Bigotes (boxplots o box and whiskers) son una presentación visual que describe varias características importantes, al mismo tiempo, tales como la dispersión y simetría.

Para su realización se representan los tres cuartiles y los valores mínimo y máximo de los datos, sobre un rectángulo, alineado horizontal o verticalmente.

Una gráfica de este tipo consiste en una caja rectangular, donde los lados más largos muestran el recorrido inter cuartílico. Este rectángulo está dividido por un segmento vertical que indica donde se posiciona la mediana y por lo tanto su relación con los cuartiles primero y tercero (recordemos que el segundo cuartil coincide con la mediana).

Esta caja se ubica a escala sobre un segmento que tiene como extremos los valores mínimo y máximo de la variable. Las líneas que sobresalen de la caja se llaman bigotes. Estos bigotes tienen un límite de prolongación, de modo que cualquier dato o caso que no se encuentre dentro de este rango es marcado e identificado individualmente.

Pasos para construir un diagrama de caja.

Utilicemos un ejemplo de la distribución de los valores de fuga de los módulos de gasolina. Se tomaron 20 datos.

36 25 37 24 39 20 36 45 31 31

39 24 29 23 41 40 33 24 34 40

1. Ordenar los datos del menor al mayor.

20 23 24 24 24 25 29 31 31 33 34 36 36 37 39 39 40 40 41 45

2. Calcular los cuartiles:

Q_1 , el cuartil Primero es el valor mayor que el 25% de los valores de la distribución. Como $N = 20$ resulta que $N/4 = 5$

$$Q_1 = \frac{N}{4} = \frac{20}{4} = 5$$

Sustituyendo valores, el primer cuartil es la media aritmética de dicho valor y el siguiente:

$$Q_1 = \frac{(24 + 25)}{2} = 24.5$$

Q2, el Segundo Cuartil es, evidentemente, la mediana de la distribución, es el valor de la variable que ocupa el lugar central en un conjunto de datos ordenados.

$$me = Q_2 = \frac{N}{2} = \frac{20}{2} = 10$$

Como $N/2 = 10$; la mediana es la media aritmética de dicho valor y el siguiente:

$$Q_2 = \frac{(33 + 34)}{2} = 33.5$$

Q3, el Tercer Cuartil, es el valor que sobrepasa al 75% de los valores de la distribución.

$$Q_3 = \frac{3N}{4} = \frac{3(20)}{4} = 15$$

En nuestro caso:

$$Q_3 = \frac{(39 + 39)}{2} = 39$$

3. Identificar los valores máximo y mínimo del subgrupo en cuestión.
4. Dibujar la Caja y los Bigotes. En la figura III.8 tenemos la gráfica de caja para nuestro ejemplo.

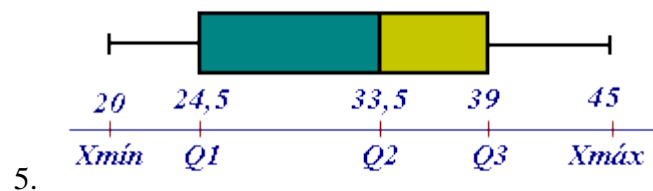


Figura III.8 Gráfica de caja de valores de fuga de módulos de gasolina scem's.

6. El bigote de la izquierda representa al colectivo de valores de fuga (X_{\min} , Q_1)

La primera parte de la caja a (Q_1 , Q_2),

La segunda parte de la caja a (Q_2 , Q_3)

El bigote de la derecha viene dado por (Q_3 , X_{\max})

Donde:

X_{\min} Es el valor mínimo de la serie de datos

X_{\max} Es el valor máximo de la serie de datos

Información del diagrama.

Se puede obtener abundante información de una distribución a partir de estas representaciones, como se observa a continuación:

- ☞ La parte izquierda de la caja es mayor que la de la derecha; ello quiere decir que las fugas comprendidas entre el 25% y el 50% de la población está más dispersa que entre el 50% y el 75%.
- ☞ El bigote de la izquierda (X_{\min} , Q_1) es más corto que el de la derecha; por ello el 25% de las fugas están más concentradas que el 25% de las mayores.
- ☞ El rango intercuartílico = $Q_3 - Q_1 = 14,5$; es decir, el 50% de la población está comprendido en $14,5 \text{ sccm}^1$.

Comparar distribuciones.

La mayor utilidad de los diagramas caja-bigotes es para comparar dos o más conjuntos de datos. Análogamente a lo realizado, se comparan, mediante estos diagramas, esta distribución con la de otro ejemplo de distribución de fuga de otra celda de producción:

35 38 32 28 30 29 27 19 48 40
39 24 24 34 26 41 29 48 28 22

La figura III.9 muestra la comparación del comportamiento de valores de fuga de dos celdas de producción de módulos de gasolina.

¹ Sccm= Standard cubic centimeter

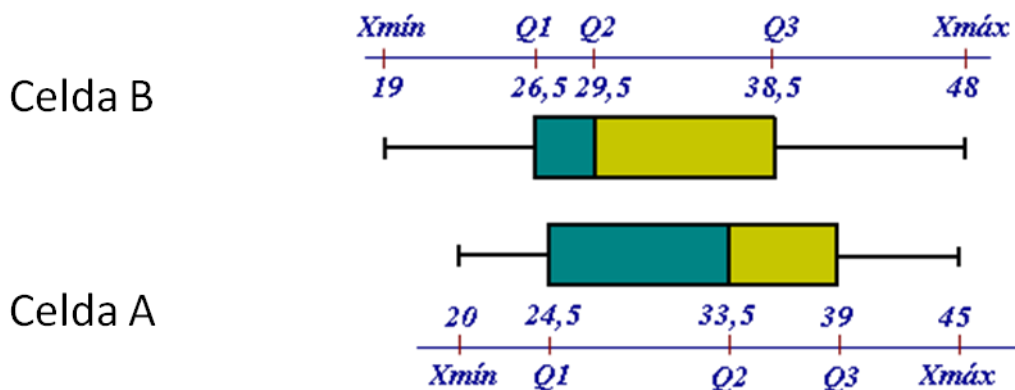


Figura III.9 Gráficas de caja de valores de fuga de módulos de gasolina (sccm's) de las celdas B y A.

Diagrama de caja a través de excel.

Existe un sitio de internet en el que se encuentra un archivo de Excel descargable para la realización de diagramas de caja. El sitio es:

<http://www.estadisticaparatodos.es/taller/graficas/cajas.html#33>

3.3 El Método Shainin®.

Es una técnica de Solución y Prevención de Problemas. Shainin mejora la calidad de los productos y procesos, así como su confiabilidad y rendimiento a través de estrategias de investigación.

3.3.1 Características del método Shainin®.

Shainin® descubre y resuelve problemas detectados en la fase de diseño antes de que el producto entre a la etapa de fabricación los cuales son más costosos de resolver, asegurando que estos no afecten a los clientes cuando el producto entre al mercado.

Shainin® trabaja en problemas de Diseño, Manufactura o del tipo Transaccionales encontrando la causa raíz que afectan dichos procesos o productos, asimismo ofrece soluciones sistémicas para el aseguramiento de las soluciones a través del tiempo y a través de la estructura organizacional.

Para resolver los diferentes tipos de problemas, Shainin® ha definido tres tipos de estrategias:

-
-
1. Estrategias Product Risk ReducXion[®] para los problemas de Diseño.
 2. Estrategias TransaXional[®] para problemas transaccionales.
 3. Estrategias Red X[®] para los problemas de Manufactura.

Debido a que trabajo está enfocado a la solución de problemas de manufactura, se describirán las estrategias Red X[®].

3.3.1.1 Las estrategias Red X[®].

La metodología Red X[®] está reconocida en todo el mundo como la manera más rápida para resolver los problemas llamados Difíciles de resolver usando el mínimo de recursos de las organizaciones.

Es un sistema donde los problemas técnicos complejos son resueltos tanto en el piso (lugar de producción) como en el laboratorio sin la necesidad de conocimientos especializados de estadística. Como resultado de esto, las herramientas de Shainin[®] han sido identificadas como técnicas basadas en estadística pero sin la estadística.

Este método investigativo utiliza un proceso de eliminación que mantiene al equipo enfocado en encontrar la verdadera causa de los problemas; evitando el desperdicio de recursos, evitando atacar diferentes causas potenciales al mismo tiempo.

3.3.1.2 Características de las estrategias Red X[®].

☞ Enfoque:

Shainin[®]: Convierte el problema como es percibido por la gerencia en una descripción de ingeniería con apalancamiento. El beneficio de esto, entre otros, es que esta descripción elimina la confusión que proviene de analizar información de dos o más modos de falla, cada uno con su propia causa raíz, sobrepuestos.

Al estar enfocados en el efecto que se trata de lograr, se evita desperdiciar tiempo y recursos en análisis complejos sobre las diferentes posibles causas. En su lugar, se elimina amplios grupos de posibles causas con cada paso. Shainin[®] respalda cada paso identificado hacia la identificación de la causa raíz con evidencia sólida y medible, permitiendo la

convergencia hacia las posibles causas aún sin conocerlas o tener idea de cuáles son.

☞ **Velocidad:**

Hay más de una forma de atacar un problema, pero siempre un camino es el más rápido. Los problemas técnicos tienen una estructura que los hace susceptibles a patrones de solución de problemas previamente definidos. Las estrategias Red X[®] son capaces de identificar rápidamente opciones estratégicas basadas en éstos patrones y elegir la mejor opción basada en tiempo, costo y recursos invertidos.

☞ **Eficiencia:**

Shainin[®] usa el mínimo esfuerzo mediante la utilización de tamaños de muestra pequeños, equipos reducidos de 1 o 2 personas, opciones estratégicas y acciones enfocadas que convergen rápidamente.

☞ **Efectividad:**

Shainin[®] ha desarrollado herramientas simples tanto gráficas como estadísticas que nos permiten responder la pregunta ¿Por qué? cuando la respuesta es desconocida. Insiste en confirmar y demostrar que se puede controlar el efecto deseado antes de cantar victoria.

☞ **Hablar con las partes:**

Los problemas complejos frecuentemente involucran interacciones que aún no han sido entendidas o identificadas a través de la experiencia. Mediante la comparación de los mejores y los peores casos, la causa que los hace diferentes es revelada.

3.3.1.3 Estrategia de las técnicas Red X[®].

❑ **Pensamiento de la Y a la X:**

- Basado en el mundo de la física
- Basado en el principio de Pareto.

❑ **Filosofía de la Green Y[®]:**

- La Green Y[®] es una distribución de desempeño o enunciado descriptivo para un problema.

-
-
- La Green Y[®] tiene apalancamiento de ingeniería.

■ Filosofía de la Red X[®]:

- La Red X[®] es la variable con mayor apalancamiento sobre la Green Y[®] desde el nivel BOB* hasta el nivel WOW**.
 - *BOB= Lo mejor de lo mejor (Best of the Best).
 - **WOW= Lo peor de lo peor (Worst of the Worst).
- Siempre hay una Red X[®].
- La ruta más rápida hacia la Red X[®] es una búsqueda progresiva en base a una Green Y[®] bien definida.

■ No todos los problemas técnicos son iguales. Tipos de Green Y[®]

- Existen patrones de comportamiento de las fallas. Para cada uno de estos patrones hay diferentes estrategias de solución, esto se hace mediante la identificación de los diferentes tipos de Green Y[®]:
 - **Característica:** Es la diferencia de un datum a puntos de superficie de la característica.
 - **Propiedad:** Es una interacción entre las moléculas de un cuerpo y la energía, en diferentes regiones de ese cuerpo.
 - **Defecto:** Los defectos son diferencias locales extremas en las propiedades.
 - **Evento:** Son una función de características y propiedades cuando se les aplica energía. Shainin[®] identifica dos tipos de eventos para solución de problemas: Evento de Mal Funcionamiento y Evento Destructivo.

■ Uso de una buena estrategia:

- Usa el principio KISS (Keep it statistically simple): Manténlo estadísticamente sencillo.
- Combinar el intelecto con una buena estrategia hace a ingenieros ordinarios en solucionadores de problemas extraordinarios.
- El principio de Pareto es esencial para una buena estrategia. Los efectos de las variables no son lineales.

3.3.1.4 Fases del enfoque Red X[®].

Las estrategias Red X de Shainin se llevan a cabo mediante el proceso FACTUAL que consiste de siete etapas. La figura III.10 muestra un panorama del proceso FACTUAL.



Figura III.10 Proceso FACTUAL para la solución de problemas técnicos.

Enfocar recursos (Focus).

Proceso de selección usado para identificar los proyectos con un alto potencial (múltiples métricos). Es responsabilidad de los gerentes y directores de la organización. Las funciones principales son:

- ❑ Apalancar eventos.
- ❑ Estimar el beneficio de la eliminación del problema.
- ❑ Convertir retos de negocios en proyectos.

Elaborar la estrategia (Approach).

Es una de las etapas críticas del proceso. En ella debemos asegurar que la Green Y esté ligada al problema (fotos, distribuciones, etc.), definir la estrategia a seguir en base a la Green Y[®], y discutir las opciones con contraste fuerte. Tener evidencia de la confiabilidad del sistema de medición. Resumiendo se debe:

- ❑ Desarrollar una estrategia de investigación
- ❑ Identificar la Green Y[®].
- ❑ Establecer un sistema de medición efectivo.

Llevar a cabo la estrategia (Converge).

Es la etapa medular de la investigación. En ella se asegura que el mejor contraste es apalancado. Es la fase del proceso donde se ejecuta la estrategia planteada y se descartan causas potenciales mediante la eliminación sistemática de estas posibles causas apoyándose de la comparación entre los eventos o piezas BOB y WOW.

La representación de esta eliminación sistemática se hace en el árbol de solución. Y cada división del árbol debe ser soportada por evidencia objetiva. El árbol de solución debe terminar con un sospechoso a Red X[®].

- ❑ Ejecutar la estrategia.
- ❑ Eliminación sistemática de posibles causas mediante la comparación BOB-WOW de nuestro problema.
- ❑ Converger en la Red X[®] sospechosa.

Confirmar la causa potencial (Test).

Es la etapa donde ponemos nuestra Red X[®] en juicio. Se debe seleccionar un nivel de riesgo apropiado (riesgo de creer tener la causa y que no sea así), discutir el diseño y ejecución de la prueba de confirmación.

- ❑ Probar la Red X[®] con un método de confirmación.
- ❑ Evaluar el riesgo.
- ❑ Encender y apagar la falla.

Entender y delimitar la Red X[®] (Understand).

Una vez que la Red X[®] es confirmada se debe describir la relación entre Green Y[®] y la Red X[®]. También se optimizan las tolerancias de la Red X[®]. Existen ocasiones donde controlar la Red X[®] no es suficiente para eliminar el problema por completo en estos casos se está hablando de que existe una interacción entre una Red X[®] y una Pink X[®]. En estos casos, hay que determinar si es necesaria mayor investigación para controlar nuestro problema.

- ❑ Mapa de superficies de respuesta.
- ❑ Evaluar interacciones.

-
-
- ❑ Establecer los límites de la Red X[®] para satisfacer las necesidades del producto.

Controlar y monitorear la Red X[®] (Apply).

Es la etapa del proceso de solución de problemas donde se seleccionan las acciones correctivas óptimas. Se monitorea la completa implementación de estas acciones con un seguimiento; es muy importante documentarlas por ejemplo: referenciar los documentos de cambios de ingeniería, rutas de las modificaciones a la documentación, AMEF, Plan de Control, instrucciones de trabajo, etc.

- ❑ Evaluar las opciones de control.
- ❑ Aplicar la acción correctiva.
- ❑ Monitorear la Green Y[®].
- ❑ Actualizar procedimientos.

Extender el valor (Leverage).

Es el último paso del proceso FACTUAL, en él se comunican los resultados del proyecto y acciones correctivas a otros departamentos, líneas, plantas y divisiones organizacionales. Se calcula el impacto real del proyecto (ahorros, reducción de rechazo, reducción del tiempo de paro, etc.)

El conocimiento adquirido y las lecciones aprendidas son compartidas a través de la organización mediante la actualización de del AMEF de diseño y proceso. Se somete el proyecto a certificación por parte de la empresa Shainin LLC. También se reconoce al equipo por su contribución y certificación.

- ❑ Traspasar los controles de la Red X[®].
- ❑ Aplicar estrategia a retos similares.
- ❑ Mejorar la competencia de investigación mediante la certificación del proyecto.

3.3.1.5 Estructura del enfoque Red X®.

La estructura del grupo de solución de problemas que emplean las estrategias Red X de Shainin es amplia y requiere el involucramiento de la gerencia y dirección de la organización. La tabla III.7 muestra los diferentes niveles de certificación y las responsabilidades de cada miembro.

Miembro del Equipo	Nivel de certificación	Rol	Habilidad
Gerente de Departamento	RT5* Manager	<ul style="list-style-type: none"> -Modela con el ejemplo. -Selecciona los proyectos. -Provee tiempo y recursos. -Establece el ritmo de los proyectos. -Apoya la certificación de los candidatos. -Soporta activamente la realización de los proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Removedor de barreras -Modelador de comportamiento. -Conocedor de las herramientas de Red X.
Director de Área	RT5* Executive	<ul style="list-style-type: none"> -Lidera el cambio cultural -Fija las metas. -Crea infraestructura para desarrollar el programa mediante el cambio de la mentalidad hacia los errores. -Autoriza la certificación de los candidatos. -Monitorea activamente la realización de los proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Iniciador de la acción. -Facilidad para apalancar el éxito. -Vive el pensamiento de la Y a la X.
Contribuidor del Proyecto	N/A	<ul style="list-style-type: none"> -Ejecuta las tareas durante el proyecto. -Es el experto del proceso a estudiar, su labor es soportar la estrategia. -Participación parcial dentro del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Conocimiento del proceso a evaluar. -Cooperativo.
Miembro del Proyecto	Red X Apprentice	<ul style="list-style-type: none"> - Participación activa en el proyecto como miembro o líder del proyecto. -Ejecuta estrategia establecida por el Coach. -Comprende el pensamiento de la Y a la X. 	<ul style="list-style-type: none"> -Capaz de aplicar las herramientas Red X. -Necesita asesoría del Coach
Líder del proyecto	Red X Journeyman	<ul style="list-style-type: none"> -Usualmente es el líder del proyecto. -Aplica las herramientas de Red X eficientemente. -Selecciona la estrategia a seguir. 	<ul style="list-style-type: none"> -Capaz de analizar y solucionar cualquier problema técnico. -Puede desarrollar la estrategia por sí solo. -Necesita del Coach ocasionalmente.
Coach	Red X Master	<ul style="list-style-type: none"> -Soluciona problemas complejos. - Desarrolla aprendices y journeymans. -Aplica todas las herramientas Red X -Apoya al RT5 Manager en la selección de proyectos. -Utiliza herramientas avanzadas. -Apoya en el cambio cultural. -Desarrolla estrategias para otros. 	<ul style="list-style-type: none"> -Capaz de asesorar en proyectos. -Desarrollador de estrategias eficientes.

*RT5= Rolling Top 5

Tabla III.7 Estructura de un equipo de trabajo de Red X®.

3.3.1.6 Herramientas de las estrategias Red X[®].

Shainin[®] cataloga los diferentes fallas técnicas en uno de los 5 tipos de Green Y[®] previamente mencionados. De acuerdo a la Green Y[®], se aplican diferentes herramientas para su análisis y solución. La tabla III.8 presenta las herramientas disponibles para cada tipo de estrategia.

Al igual que en la descripción del método Seis Sigma, se explicarán algunas herramientas básicas del método Shainin[®] que pueden ser utilizadas para generar información sin la necesidad de llevar a cabo el proceso completo.

	Objetivo	Característica	Propiedad	Defecto	Evento de mal funcionamiento	Evento destructivo
Fase de proceso FACTUAL	Ejemplos de G(Y)	-Radio -Longitud -Posición Real -Espesor	-Densidad -Dureza -Fuerza/Resistencia (física) -Concentraciones (químicas)	-Suciedad en pintura -Ondas (en pintura o soldado) -Porosidad -Agujeros soplados -Cracks	-Ruido -Fugas -Trabajo de salida (power output) -Vibración	-Cracks -Abolladuras -Soldado -Derretimiento
Focus/ Approach	Cómo enfocar el problema.	-Árbol de definición del problema. -Estadística básica (Pareto, Histograma, líneas de tiempo, etc.) '-Árbol de definición del proyecto.	-Árbol de definición del problema. -Estadística básica (Pareto, Histograma, líneas de tiempo, etc.) '-Árbol de definición del proyecto.	-Árbol de definición del problema. -Estadística básica (Pareto, Histograma, líneas de tiempo, etc.) '-Árbol de definición del proyecto.	-Árbol de definición del problema. -Estadística básica (Pareto, Histograma, líneas de tiempo, etc.) '-Árbol de definición del proyecto.	-Árbol de definición del problema. -Estadística básica (Pareto, Histograma, líneas de tiempo, etc.) '-Árbol de definición del proyecto.
Approach	Cómo validar el sistema de medición	-Datos variables -Usar Isoplot -¿Cuál/qué es el datum?	-Datos variables -No hay datum -Los sistemas de medición son normalmente eventos -Cortar las muestras en dos o más secciones (para isoplot)	-Localización, no magnitud -¿Cómo se ve el defecto? -¿Podemos discriminar BoB y WoW?	-Pensar en energía -Etapa cero component search -Mirar el evento a través del tiempo	-Mapear la localización de la falla -Pensar en energía -Cortar las muestras en dos o más secciones
Converge	Herramientas para la generación de pistas	-Diragrama de flujo de proceso -Diagrama de estrategia. -Isoplot. -Multivari -Scatter plot -Operation Search	-Diragrama de flujo de proceso -Diagrama de estrategia. -Isoplot. -Multivari -Scatter plot -Operation Search	-Diragrama de flujo de proceso -Diagrama de estrategia (consecuencia del diag. flujo) -Diagramas de concentración -Operation Search	-Modelo de energía -Diagrama de estrategia -Component Search -Paired or Group comparison	-Modelo de energía -Diagrama de estrategia -Diagrama de concentración -Event to energy transform
Test	Pruebas de confirmación estadística	-Barrier B vs C -Spike B vs W	-Five penny -Barrier B vs C	-Five penny -Barrier B vs C	-B vs W -Spike B vs W	-Barrier B vs C -Spike B vs W
Understand	Herramientas para la elaboración de superficies de respuesta	-Parelelogramo de tolerancias	-Parelelogramo de tolerancias -Elipse de Tolerancias	-Parelelogramo de tolerancias	-Parelelogramo de tolerancias -Elipse de Tolerancias	-Parelelogramo de tolerancias -Elipse de Tolerancias -Full Factorial
Leverage	Herramientas para apalancar el éxito	-Matriz de identificación de oportunidades potenciales.	-Matriz de identificación de oportunidades potenciales.	-Matriz de identificación de oportunidades potenciales.	-Matriz de identificación de oportunidades potenciales.	-Matriz de identificación de oportunidades potenciales.

Tabla III.8 Estructura de un equipo de trabajo de Red X[®].

Diagrama de flujo del proceso.

Los diagramas de flujo del proceso representan pictográficamente procesos seriales y paralelos, que, cuando se conjuntan con las entradas y las funciones, conocemos los requerimientos para producir un producto. Sirven para:

- Ayudar a entender los pasos del proceso.
- Caracterizar el proceso.
- Desarrollar una estrategia efectiva en base al defecto observado.

El diagrama de flujo del proceso debe tener:

- Entradas, operaciones y las funciones de estas operaciones.
- Pasos del proceso seriales y paralelos.
- Orientación de la parte con respecto a los procesos.

Guías para la construcción de un Diagrama de flujo del proceso.

1. Camine el proceso.
2. Muestre cada operación en el flujo en orden secuencial.
3. Liste las entradas, operaciones y funciones de cada operación. Use la lógica (verbo + sustantivo, nombre del equipo que hace la operación).
4. Diagrame todas las operaciones de flujo del producto dentro y entre las operaciones.
5. Mostrar todas las rutas de flujo, tanto seriales como paralelas. Registrar posición y orientación de las partes entre posiciones cuando aplique.

Nota: Cuando se conduce la investigación, queremos observar el proceso como corre normalmente.

En la figura III.11 se presenta la estructura del diagrama de flujo del proceso y la figura III.12 muestra los ejemplos gráficos del diagrama de flujo del proceso. En el capítulo IV se presentará una aplicación para un caso específico.

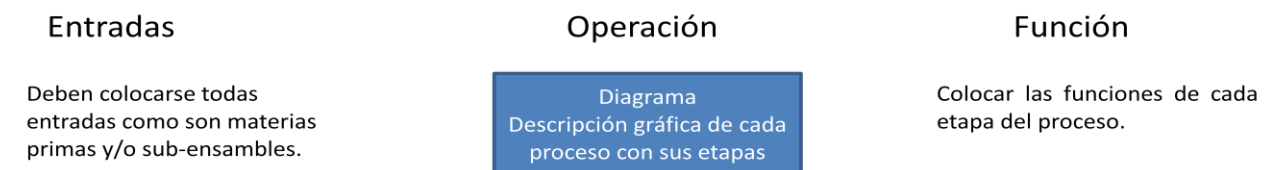
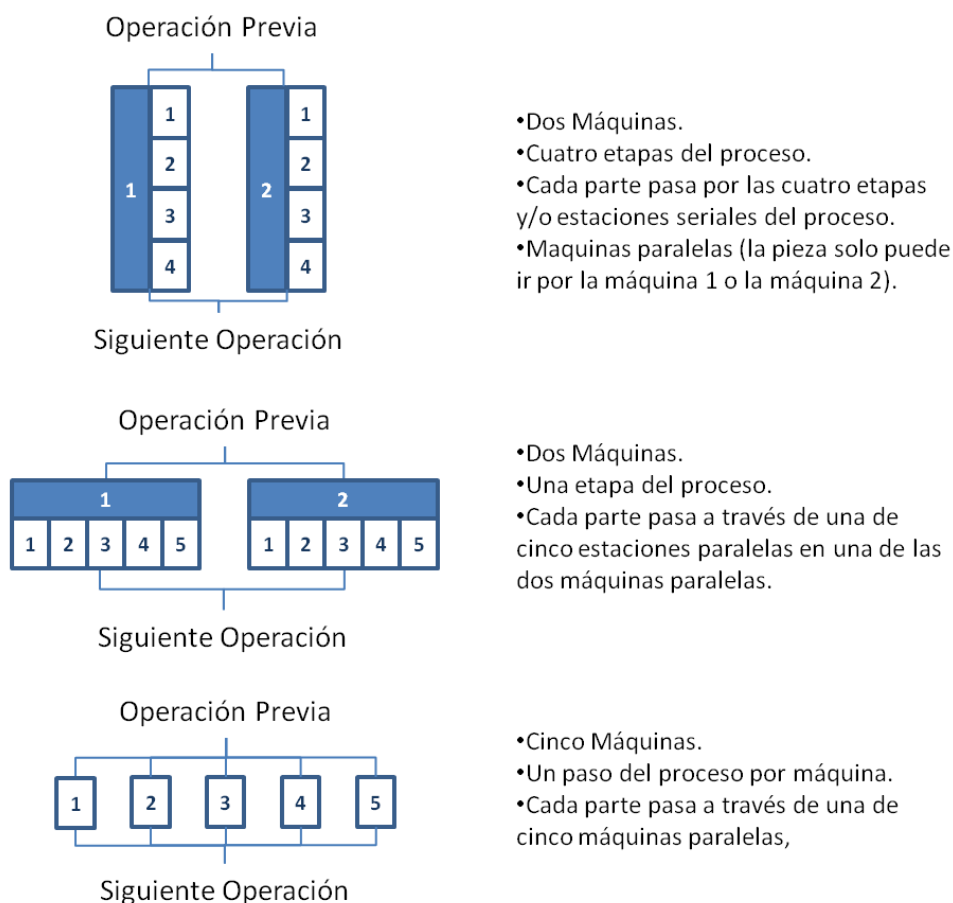


Figura III.11 Estructura del diagrama de flujo del proceso.

Tipos de presentación del diagrama:



- Dos Máquinas.
- Cuatro etapas del proceso.
- Cada parte pasa por las cuatro etapas y/o estaciones seriales del proceso.
- Máquinas paralelas (la pieza solo puede ir por la máquina 1 o la máquina 2).

- Dos Máquinas.
- Una etapa del proceso.
- Cada parte pasa a través de una de cinco estaciones paralelas en una de las dos máquinas paralelas.

- Cinco Máquinas.
- Un paso del proceso por máquina.
- Cada parte pasa a través de una de cinco máquinas paralelas,

Figura III.12 Ejemplos gráficos del diagrama de flujo del proceso.

La Gráfica Multivariable (Multivari).

La Multivari o gráfica Multivariable es una herramienta muy útil que permite observar diferentes fuentes de variación con respecto a una variable en una sola gráfica.

Guías para la construcción de una Gráfica Multivariable.

1. Identifique las posibles fuentes de variación en referencia a la variable en estudio. Puede considerar:
 - a. Construir un diagrama de flujo de proceso y en base a él, identificar los posibles factores a comparar.

2. Determine un plan de muestreo estratificado.
 - a. Las muestras que deben ser tomadas deben provenir de las diferentes fuentes de variación identificadas.
 - b. Las muestras deben ser consecutivas con un mínimo de 3 lecturas por fuente de variación.
3. Organice los datos en una tabla de Excel por fuente de variación. Grafique el multivari seleccionando insertar gráfico en la barra de herramientas de Excel.
 - a. Seleccionar gráfica de línea.
 - b. La selección de datos del eje X son las diferentes fuentes de variación identificadas con respecto a la variable observada.
 - c. La selección de los valores del eje Y son los correspondientes a las lecturas de la variable en estudio.
4. Corra la gráfica multivariable hasta que la variación sea observada.
5. Identifique la fuente de mayor variación (o la que muestre mayor contraste) en función de la variable observada.

Ejemplo:

Tomemos como ejemplo un sub-ensamble formado por una parte A que se inserta en una parte B. El resultado será una pieza que dará movimiento a un inyector de combustible (sub-ensamble C). La figura III.13 ilustra lo anterior. Se tienen dos máquinas y dos turnos. Se desea conocer si existe alguna diferencia entre los procesos de una máquina y otra y si hay una influencia del tiempo en el proceso de ensamble respecto a una la característica del alabeo de la pieza C.

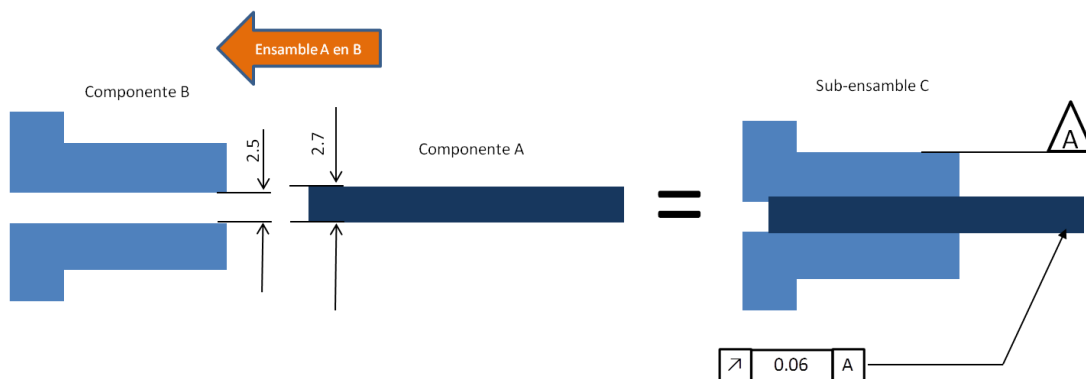


Figura III.13 Creación del sub-ensamble C.

Se realizaron mediciones de 3 piezas consecutivas en cada turno del proceso de ensamble del sub-ensamble C tanto en la máquina 1 como en la máquina 2. Los resultados fueron los siguientes:

Máquina 1:

Turno A: 0.022, 0.02 y 0.019 mm.

Turno B: 0.03, 0.032 y 0.028 mm.

Máquina 2:

Turno A: 0.02, 0.065 y 0.055 mm.

Turno B: 0.06, 0.065 y 0.055 mm.

Es difícil observar alguna diferencia con solo mirar los números. Aplicando las guías de la multivari, el primer paso es identificar las fuentes de variación, las cuales son la máquina y el turno. Posteriormente se deben obtener las lecturas, ya se cuenta con éstas que son los valores de alabeo de las 3 muestras de cada combinación. Ahora es momento de ordenar los datos en formas de familias. Normalmente la familia más grande es el tiempo así que esa será la primera comparación en la tabla y la segunda será la de las máquinas. La tabla III.9 muestra cómo quedan los datos arreglados:

Mediciones de Alabeo de inducido (mm)				
Turno	Turno A		Turno B	
Máquina	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 1	Máquina 2
pza1	0.022	0.02	0.03	0.06
pza2	0.02	0.065	0.032	0.065
pza3	0.019	0.055	0.028	0.055

Tabla III.9 Valores de alabeo por máquina y por turno acomodados para formar gráfica multivari.

En este punto ya se puede observar una variación. Realizando la gráfica multivariable esta variación será mucho más evidente. En la figura III.14 se tiene la multivari para los datos de la tabla III.9.

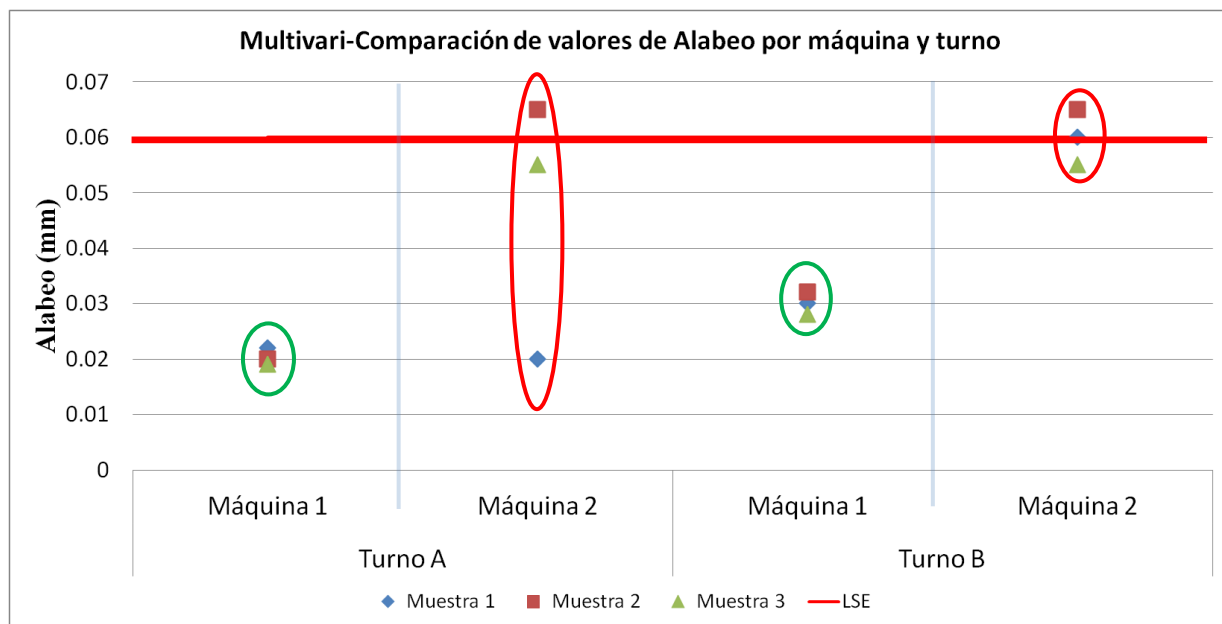


Figura III.14 Grafica multivari para los valores de alabeo del sub-ensamble C.

Como conclusión se observa un patrón de inestabilidad en la máquina 2. También se observa una pequeña variación entre el turno A y el turno B; sin embargo, no es considerable con respecto a la variación observada entre máquinas.

Diagrama de concentración.

El diagrama de concentración proporciona información posicional de una falla. Es comúnmente usado en problemas de apariencia, sin embargo puede usarse también para expresar gráficamente una tendencia de comportamiento en máquinas. Por ejemplo cantidad de rechazos en una línea de producción.

Guías para elaborar un diagrama de concentración.

1. Reunir piezas con el defecto a observar. Recomendable 30 piezas.
2. Realizar un diagrama o croquis de la pieza que se va a evaluar. Puede ser una fotografía o una impresión de la vista del dibujo de la parte a evaluar.
3. Evaluar las muestras identificando en qué posición de ellas se localiza el defecto. Es posible que el defecto se detecte en más de una posición en la misma pieza.
4. Marcar en el diagrama la localización del defecto o falla. Usar una letra o símbolo para identificar la falla. Será un solo diagrama por todas las muestras.

-
-
5. Analizar el diagrama e identificar la localización de la zona (o zonas) donde se encuentra el defecto observado.

Ejemplo: Tomemos un proceso de soldado por ultra sonido que tiene un componente llamado la reserva al cual se le sueldan 2 partes llamadas canales, existe el canal largo y el canal corto. Se están teniendo problemas de fuga de aceite en la zona de los canales. Se hará un diagrama de flujo para identificar la zona o zonas donde se concentra la fuga y de esta forma realizar un análisis en el proceso de soldado.

Se revisaron 60 piezas con fuga. Tomando las guías de la construcción de un diagrama de concentración se tomó una impresión del dibujo de esta pieza y se marcaron las posiciones donde se observó la fuga de aceite. La figura III.15 muestra el diagrama de concentración de fugas de aceite para el soldado de la reserva y los canales.

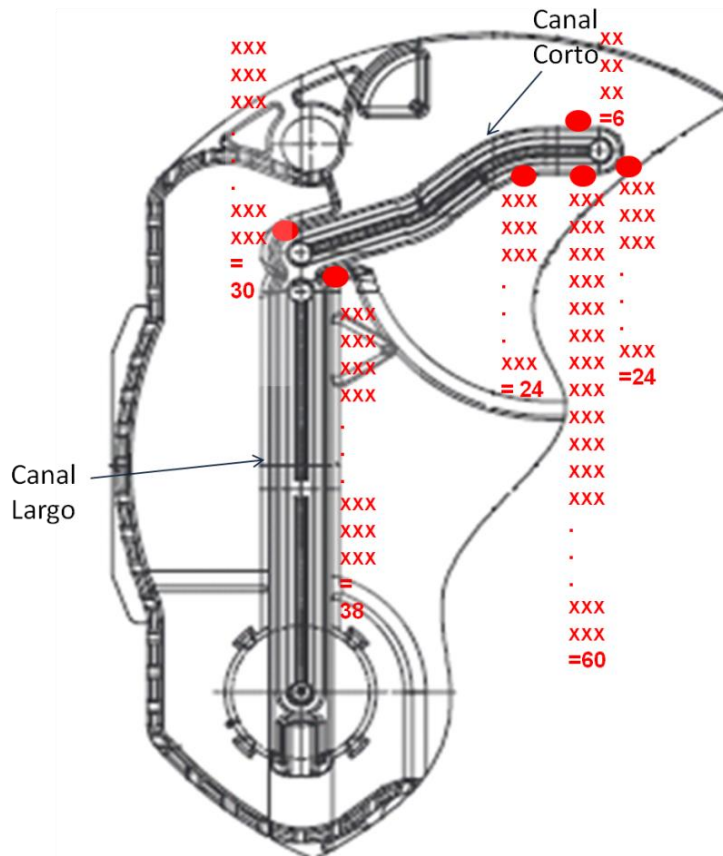


Figura III.15. Diagrama de concentración de fugas de aceite del soldado de reserva y canales corto y largo.

Se puede concluir que el 100% de los defectos ocurren en el canal corto. Se deben de enfocar los recursos al análisis del proceso específicamente en el ensamble También se observa que se tienen más problemas en el lado derecho del canal corto. Es probable que el herramental que hace el soldado no esté completamente alineado.

El diagrama de concentración es una gran herramienta para enfocar la investigación en corto tiempo.

3.4 Comparación de las técnicas de Análisis y solución de Problemas.

Hasta ahora se ha hecho una descripción breve de los métodos Kepner Tregoe, Seis Sigma y Shainin[®]. También hemos explicado algunas herramientas de las últimas dos técnicas. Ahora se realizará una comparación de estas 3 técnicas para elegir una como método principal. La Tabla III.10 es una comparación de los tres métodos identificando sus ventajas y desventajas.

En esta tabla se ha colocado una columna con un signo + o – considerando la accesibilidad de la herramienta al público y la complejidad de la aplicabilidad del método. El último renglón es una sumatoria de los signos + colocados en cada aspecto evaluado en las diferentes técnicas.

Técnica	Kepner Tregoe	Eval. +/-	Shainin	Eval. +/-	Six Sigma	Eval. +/-
Meta	-Identificación de la causa raíz para un problema repentino dentro de un proceso mediante la comparación sistemática del "ES/ NO ES"	+	-Identificación de la causa raíz de un problema técnico mediante la eliminación sistemática de causas potenciales (aplicación del pensamiento del juego del diccionario).	+	-Identificación de las variables que afectan a un problema y reducción/eliminación de las fuentes de variación mediante un enfoque sistemático.	+
Procedimiento	-Estrictamente analítico en base a la información y datos disponibles. -Utiliza estadística básica	+	-Experimental y analítico, realizar tan pocas mediciones como se pueda, sin estadística complicada. -Basada en hechos y en el mundo de la física.	+	-Experimental y analítico -Fuertemente orientado a datos y estadísticas avanzadas.	-
Entrenamiento/Calificación	-Moderador KT , 3 días. -No requiere certificación	+	-Shainin Journeyman; 3+4 días (3 para apprentice). Requiere Certificación.	-	Black Belt; 4 semanas Requiere Certificación.	-
Aplicación de Software	-Bajo, EXCEL de ser necesario	+	-El software Red X Trackeres necesario pero no indispensable para desarrollar el proyecto; puede usarse Excel de ser necesario	+	-Alto, Sostware estadístico Minitab	-
Reporte	-Formato KT (1 hoja) + información de soporte de ser requerido.	+	-Reporte FACTUAL. Compuesto de muchas hojas de soporte.	-	-Reporte DMAIC. Compuesto de muchas hojas de soporte.	-
Pre requisito(s)	-El proceso estaba trabajando sin problemas hasta que en un punto determinado apareció la desviación.	+	-Respuesta rápida a un problema técnico difícil. -Identificación de impacto esperado. Contraste BoB-WoW* de partes-procesos.	+	-Conocimiento específico del proceso en cuestión es requerido. -La recolección de los datos es indispensable para esta técnica por lo que el tiempo es un factor importante	-
Limitantes	-Si no se cuenta con la evidencia objetiva para realizar la evaluación del "ES/NO ES" el análisis se puede direccionar a la ambigüedad. -Cuando la falla ha estado desde siempre, el análisis se complica. -Aplicación condicionada a la comparación de procesos, condiciones de operación.	-	-Búsqueda de BoB y WoW (partes, procesos, eventos) -Tecnología no recomendable para fases de diseño del producto y del proceso de producción. -El entrenamiento de las herramientas y la certificación requieren de una inversión aproximada de \$10,000 Dólares	-	-Aplicabilidad de herramientas abierta a elección del coach. -Tiempos de recolección de datos y de respuesta considerables. -Mayormente utilizada para fases de diseño o de mejoramiento de un proceso controlado. -El entrenamiento de las herramientas y la	-
Involucramiento de los directivos	-Bajo-Moderado	+	-Alto, Roles definidos (sponsors, leader, members, coach) y responsabilidades.	-	-Alto, roles definidos (champion) y responsabilidades.	-
Tiempo promedio de realización	-Pocos días 2-10	+	-1-4 meses	-	-3-9 meses	-
Area de aplicación	-Procesos de producción. -Análisis de causa raíz de corto tiempo, problemas del día a día que no permiten continuar con el proceso. -Problemas de mantenimiento y de OEE. -Puede llegar a utilizarse en áreas administrativas.	+	-Problemas técnicos que no han sido resueto nunca y que ahora son considerados como parte del proceso. -Solución de problemas reactiva (situaciones de emergencia). -Problemas técnicos que impactan métricos como el desperdicio/retrabajo, OEE, tiempos de mantenimiento. -Reclamaciones de cliente 0 Km y Campo.	+	-Cualquier área de la organización en producción donde se desee mejorar lo controlado, desarrollo (DFSS*) y en áreas indirectas (transaccionales). -Proyectos de mejora de un proceso-sistema en medio-largo término. -Mayormente utilizada como herramienta de optimización de procesos.	+
Calificación de aplicabilidad.	9 (cantidad de signos + en evaluación)		5 (cantidad de signos + en evaluación)		2 (cantidad de signos + en evaluación)	

*DFSS= Design For Six Sigma

Tabla III.10 Comparación de las técnicas Kepner Tregoe, Seis Sigma y Shainin®

3.5 Selección del método base para Análisis y solución de Problemas.

Con base en la tabla comparativa III.10, se ha elegido el método **Kepner Tregoe** como la técnica base para los análisis de problemas de manufactura. Esto se debe a que es sencilla y consta de pocos pasos para llevarse a cabo. Se fortalecerá con las herramientas de Seis Sigma y Shainin® descritas previamente para reducir las debilidades de la técnica.

3.6 Explicación Detallada de la Técnica Kepner Tregoe.

3.6.1 Enunciar el Problema.

Antes de que se pueda describir, analizar y experimentar un problema, debemos definirlo con toda precisión. Esto se logra enunciando el problema. Es importante expresar este enunciado eficientemente por todo el trabajo que hay que seguir. Los enunciados del problema vagos o generalizados que empiezan como Potencia baja o Rendimiento pobre deben de volverse a redactar en enunciados más específicos que nombren un objeto o tipo de objeto y una anomalía que se desea descubrir y explicar la causa.

Se debe explicar exactamente la desviación que vemos, sentimos, olemos, oímos o probamos. Es muy tentador combinar dos o más desviaciones en un solo esfuerzo para resolver problemas más rápido o tratar de formar grupos de problemas relativamente iguales en un solo problema global. Este procedimiento es casi siempre ineficiente e improductivo. La figura III.16 contiene guías para la correcta elaboración del enunciado del problema.

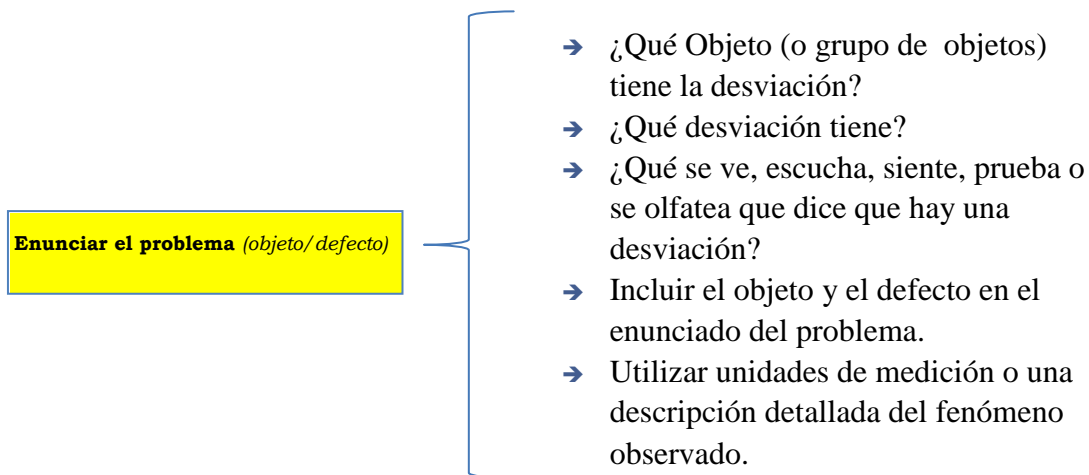


Figura III.16. Guías para enunciar el problema eficientemente.

Herramientas de soporte para enunciar el Problema.

Esta etapa del análisis de problemas es básica lo más importante es usar el pensamiento crítico. En este paso no se tienen identificadas herramientas de soporte.

3.6.2 Especificar/Describir el Problema.

Una vez que se ha enunciado el problema, el siguiente paso en el análisis es describir el problema detalladamente o especificarlo en relación a cuatro dimensiones.

- ☞ ¿QUÉ...? → La identidad o desviación que hay que resolver.
- ☞ ¿DÓNDE...? → La ubicación en la que aparece la desviación.
- ☞ ¿CUÁNDO...? → El tiempo en el que aparece la desviación.
- ☞ ¿CUÁNTO...? → La magnitud de la desviación.

Se deben realizar preguntas estructuradas para ganar conocimiento sobre la naturaleza del problema. Las respuestas a estas preguntas darán exactamente los fragmentos de información que serán más convenientes para el análisis.

Debido a que cada problema es único y su contexto refleja su singularidad, es probable que, una o más preguntas de la especificación no generen respuesta alguna, sin embargo se hacen. Se debe hacer el mejor intento por responder cada una de las preguntas. **Al saltarse preguntas que aparentemente no tienen importancia, se destruye la objetividad del análisis y podemos sesgarlo a nuestros deseos.**

3.6.2.1 ES Y NO ES: Una base de comparación.

Lo que se necesita para realizar el análisis es una base de comparación. Una vez que se han identificado los datos sobre lo que pudiera SER pero NO ES, también se será capaz de identificar factores característicos que aíslan el problema: exactamente qué es, donde es observado, cuando es observado y su grado o magnitud. Estos factores característicos acercan a la causa del problema.

3.6.2.1.1 ¿Qué?

Se refiere a describir la realidad del objeto que tiene la desviación. Se debe buscar una base de comparación entre el objeto que tenga la desviación y un objeto o grupo de objetos similares que no presenten la desviación y que pudieron haberla presentado. Así como la desviación (o desviaciones) específica que presenta el objeto en estudio y las desviaciones que pudo haber tenido pero que no tiene. La tabla III.11 Resume lo anterior.

¿QUÉ?	
ES	NO ES
¿Qué objeto específico tiene la desviación?	¿Qué objeto(s) similar(es) podría(n) tener la desviación pero no la tiene(n)?
¿Qué (cuál) es la desviación específica?	¿Qué otras desviación(es) podría tener el objeto pero no la(s) tiene?

Tabla III.11 Descripción del problema en la dimensión ¿Qué?

Herramientas de Soporte.

Para la evaluación del ¿Qué? se han identificado las herramientas de la estadística descriptiva: Pareto, Histograma, Box Plot. Así como fotografías del problema en cuestión. Descripción de la especificación del debe y el es y por cuanto se está teniendo al desviación Ejemplo: Fuga alta >12 sccm.

3.6.2.1.2 ¿Dónde?

Esta dimensión tiene como propósito la localización de la falla. Existen dos preguntas fundamentales en esta dimensión; el primero es identificar dónde geográficamente la desviación (o el problema) es observada, esto se refiere a cualquier ubicación donde se presenta el problema, ya sea en la organización donde se produce el objeto o en el lugar donde se detecta el problema (líneas de producción, zonas del país, regiones del mundo, etc.).

Así mismo se debe de identificar en que otra ubicación geográfica pudo haberse presentado el problema pero no fue así, tomemos por ejemplo dos plantas de la misma organización que hacen el mismo producto y solo una de ellas presenta el problema, sería interesante preguntarse qué hay de diferente entre la planta que tiene la desviación y la que no la tiene si ambas realizan el mismo producto.

El otro aspecto importante de esta dimensión es dónde en el objeto se observa la desviación, esto es, en que parte de nuestro objeto se está presentando el problema, por ejemplo si fabricamos rines y estamos teniendo un problema de rayones en el rin, ¿en qué sección del mismo observamos dichos rayones? ¿En qué sección o secciones no se observa? La palabra clave en esta dimensión es la LOCALIZACION. Las preguntas clave para recopilar información de la localización de la falla están descritas en la tabla III.12.

¿DÓNDE?	
ES	NO ES
¿Dónde (geográficamente) se encuentra el objeto cuando la desviación es observada?	¿Dónde más (geográficamente) se pudo haber encontrado el objeto cuando la desviación fue observada pero se encontró?
¿Dónde en el objeto se encuentra la desviación?	¿Dónde más en el objeto podría estar localizada la desviación pero no lo está?

Tabla III.12 Descripción del problema en la dimensión ¿Dónde?

Herramientas de soporte.

Para el análisis del ¿dónde? Se han seleccionado diferentes herramientas como: Pareto (Ejemplo: líneas con y sin falla, regiones en pieza y en el mundo), **diagrama de concentración**, Diagrama de flujo del proceso, identificando las zonas del proceso donde se detecta la falla.

3.6.2.1.3 ¿Cuándo?

En esta dimensión se identificará la incidencia del problema en tres aspectos fundamentales en el tiempo.

Se debe identificar cuándo apareció la desviación en el objeto por primera vez. Es posible que la desviación se haya presentado en el pasado y haya desaparecido por un tiempo hasta el momento donde retomamos el tema. Estos detalles son importantes y se deben registrar en el análisis.

El segundo aspecto, es el de identificar con qué frecuencia a partir de que observamos la desviación se presenta la misma, ¿existe algún patrón?

Finalmente debemos preguntar ¿cuándo en la historia o ciclo de producto fue observada esta desviación? Esta pregunta es importante para marcar en una línea de tiempo el comportamiento de nuestro objeto para identificar el momento en el que nuestro objeto empezó a presentar la desviación y poder profundizar en ese cambio en el tiempo.

Para los tres aspectos de la dimensión ¿cuándo?, se debe realizar la misma pregunta pero en los intervalos del tiempo donde no se observó, se observa o se presenta la desviación pero que pudo haberlo hecho. Por ejemplo: tómese un producto que se ha fabricado durante 15 años, y se tiene registro de una falla que ha aparecido un par de veces cada 5 años, esto a partir del 3 año de producción entonces la falla fue observada por primera vez a partir del 3 año de producción y se ha presentado cada 5 años a partir de ese momento.

En cuanto al ciclo de vida de ese producto se puede decir que la desviación no se presentó en el inicio del mismo. Ahora imaginemos que en los últimos dos años la falla se ha incrementado 8 veces más de lo que se había estado presentando en los años anteriores, entonces identificaríamos dos patrones diferentes: el primero donde marcamos cuándo se observó el problema por primera vez, el cual no fue al inicio del producto y el segundo que nos marca una línea que indica que hubo un cambio importante en el producto (ya sea por los componentes o el proceso entre otros factores) que incrementó la ocurrencia de la desviación.

La tabla III.13 proporciona las preguntas a realizar en la comparación del ES y NO ES en la dimensión ¿Cuándo?.

¿CUÁNDO?	
ES	NO ES
¿Cuándo fue observada la desviación por primera vez (hora y fecha)?	¿Cuándo pudo haber sido observada la desviación por primera vez (hora y fecha) pero no lo fue?
¿Cuándo desde entonces la desviación ha sido observada? ¿Hay algún patrón?	¿Cuándo desde entonces la desviación pudo haber sido observada pero no lo fue?
¿Cuándo en la historia o ciclo de vida del objeto fue observada la desviación por primera vez?	¿Cuándo en la historia o ciclo de vida del objeto pudo haber sido observada la desviación por primera vez pero no lo fue?

Tabla III.13 Descripción del problema en la dimensión ¿Cuándo?

Herramientas de soporte.

La herramienta primordial para esta fase del análisis de problemas será la **Serie Temporal**. También se pueden utilizar histogramas y compararlos de tiempo a tiempo. El Box Plot y la multivari (turno-turno, mes-mes) son muy útiles en esta etapa si contamos con la información a través del tiempo. Para reunir esta información se recomienda la revisión de bitácoras de producción, sistemas de rastreo de materiales.

3.6.2.1.4 ¿Cuánto?

Probablemente se ha preguntado, si en la dimensión del es, se define la o las desviaciones que tiene nuestro objeto, entonces ¿debo enfocarme en todas, que hay del principio del 80/20? Esto es muy cierto por ello en la dimensión del cuanto, definimos cuantos objetos tienen cada desviación, cuantas desviaciones por cada objeto, la tendencia tanto en los objetos como en la ocurrencia de la desviación, así mismo como cuantos objetos no presentan la desviación pero que pudieron haberlo hecho, otros tamaños del problema pero que no lo son, tendencias que no observamos pero que podrían ser observadas.

En esta etapa se delimita el problema a la desviación con mayor incidencia, el defecto más grave, etc. La tabla III.14 resume este paso del análisis de problemas.

¿CUÁNTO?	
ES	NO ES
¿Cuántos objetos tienen la desviación?	¿Cuántos objetos pudieron tener la desviación pero no la tienen?
¿Cuál es el tamaño de la desviación?	¿Qué otro tamaño podría tener la desviación pero no lo tiene?
¿Cuántas desviaciones hay en cada objeto?	¿Cuántas desviaciones podría tener el objeto pero no las tiene?
¿Cuál es la tendencia? (¿...en el objeto?) (¿...en la ocurrencia de la desviación?) (¿...en el tamaño de la desviación?)	¿Cuál podría ser la tendencia pero no es? (¿...en el objeto?)(¿...en la ocurrencia de la desviación?)(¿...en el tamaño de la desviación?)

Tabla III.14 Descripción del problema en la dimensión ¿Cuánto?

Herramientas de soporte.

Pareto, histogramas, fotos, identificación de Lotes de producción, porcentajes de falla por no. de parte por línea, Box Plot, Multivari, etc. Los datos duros de la identificación del qué y el dónde.

3.6.2.2 Importancia de las bases de comparación.

Independientemente del problema, nada es más apropiado para razonarlo que algunas bases relevantes de comparación. En el análisis de problemas, se buscan bases de comparación en las cuatro dimensiones de la especificación observada.

Mientras más cercana sea la comparación, mayor precisión se tendrá para acortar y encaminar el proceso hacia su solución. En resumen al momento de identificar los no es debemos pensar en las posibilidades más cercanas que pudieron haber presentado el mismo problema pero no lo hicieron. La razón de esta comparación es para poder identificar objetivamente los distinguos y los cambios dentro de estas bases objetivas. Los cuales son el siguiente paso dentro del análisis.

3.6.3 Desarrollar Posibles causas a partir de la identificación de distingos y cambios soportados por el conocimiento y la experiencia.

3.6.3.1 Conocimiento y Experiencia.

Normalmente se tiene idea de las posibles causas de un problema, pero usando la comparación ES/NO ES, se pueden venir nuevas ideas a la mente, mientras otras pueden ser eliminadas por la poca factibilidad de que se den. El propósito es aumentar la probabilidad de encontrar la verdadera causa.

Es posible que esta búsqueda genere causas poco razonables o causas difíciles de comprobar en tiempo, por lo cual debemos de apoyarnos de los DISTINGOS Y CAMBIOS.

3.6.3.2 Distingos.

Al aplicar la pregunta ¿Qué es distinto acerca de...? en las cuatro dimensiones de un problema, nuestro análisis empieza a revelar indicios importantes sobre la verdadera causa del problema. Al no poder responder o explicar algunas diferencias, esta información o falta de ella proporciona pistas objetivas sobre la naturaleza de nuestro problema. La pregunta que se hace para elegir distingos es ¿Qué es distinto acerca de (los datos del es de cada dimensión) cuando es comparado con (los datos del no es de cada dimensión)?

Las cuatro dimensiones de una especificación producen distingos de diferente cantidad y calidad. Frecuentemente una o más dimensiones no producen distingos. La meta es obtener distingos de calidad: pistas sólidas, características sobresalientes en los datos del ES.

Herramientas de soporte.

En la identificación de distingos debemos comparar lo que hace diferente al ES del NO ES en cada dimensión algunas herramientas que pueden aportar información son la multivari, el Box Plot y el histograma.

3.6.3.3 Cambios.

Los directivos saben que una baja en un desempeño anteriormente aceptable, da a entender que algo ha cambiado, el sentido común les dice que busquen ese cambio. Pero dicha búsqueda puede ser frustrante si se enfrentan a una serie de cambios considerables, cambios planeados, cambios inesperados, los cuales frecuentemente ocurren en cualquier proceso.

En vez de buscar en toda esa maraña de cambios para encontrar aquel que está relacionado con la causa del problema, se debe examinar aquella área pequeña donde estamos seguros de encontrarlo, esto es, buscar cambios en relación a los datos de los distingos del ES y el pudiera ser pero NO ES.

Una vez que los distingos y cambios han sido identificados, se debe evaluar ¿Qué cambios son los más viables que puedan sugerir la causa de nuestro problema? Aquellos que son más relevantes a sus características particulares de QUE, DONDE, CUANDO, CUANTO.

Cuando se hacen las siguientes preguntas de cada distingo: ¿Qué cambió en, sobre, alrededor o acerca de este distingo? Se están identificando los cambios capaces de indicar una posible causa. Se está dejando fuera cualquier cambio que no es relevante al problema (los muchos triviales) y se enfocan en los pocos vitales del mismo.

Herramientas de soporte.

La herramienta fundamental será la serie temporal. Resulta muy práctica para mapear el momento en el que un cambio fue realizado a la línea o departamento donde se observa la desviación.

Resumen de la identificación de Distingos y Cambios

En algún lugar de la lista de distingos y cambios que surgen durante el Análisis de Problemas, está la explicación de la causa; siempre y cuando toda la información relevante acerca del problema haya sido incluida.

En ocasiones surgirán varias posibles causas. En algunos casos partes de información deben ser unidas para desarrollar una explicación satisfactoria de la causa del problema. Dos cambios operando en combinación pueden interactuar y producir la desviación cuando normalmente uno solo no lo haría.

Se identifican posibles causas haciendo las siguientes preguntas: ¿cómo puede este distinguo y/o este cambio producir la desviación descrita en el enunciado del problema? De nuevo, al usar el conocimiento y la experiencia, es necesario desarrollar enunciados que expliquen como la causa crea la desviación. Empezando por la primera dimensión, distinguos y cambios relativos al ¿Qué?

En la tabla III.15 se muestran algunas guías para llevar a cabo la identificación de distinguos y cambios.

¿QUÉ?			
ES	NO ES	DISTINGOS	CAMBIOS
¿Qué objeto específico tiene la desviación?	¿Qué objeto(s) similar(es) podría(n) tener la desviación pero no la tiene(n)?		
¿Qué (cuál) es la desviación específica?	¿Qué otras desviación(es) podría tener el objeto pero no la(s) tiene?		
¿DÓNDE?			
ES	NO ES	DISTINGOS	CAMBIOS
¿Dónde (geográficamente) se encuentra el objeto cuando la desviación es observada?	¿Dónde más (geográficamente) se pudo haber encontrado el objeto cuando la desviación fue observada pero se encontró?		
¿Dónde en el objeto se encuentra la desviación?	¿Dónde más en el objeto podría estar localizada la desviación pero no lo está?		
¿CUÁNDO?			
ES	NO ES	DISTINGOS	CAMBIOS
¿Cuándo fue observada la desviación por primera vez (hora y fecha)?	¿Cuándo pudo haber sido observada la desviación por primera vez (hora y fecha) pero no lo fue?		
¿Cuándo desde entonces la desviación ha sido observada? ¿Hay algún patrón?	¿Cuándo desde entonces la desviación pudo haber sido observada pero no lo fue?		
¿Cuándo en la historia o ciclo de vida del objeto fue observada la desviación por primera vez?	¿Cuándo en la historia o ciclo de vida del objeto pudo haber sido observada la desviación por primera vez pero no lo fue?		
¿CUÁNTO?			
ES	NO ES	DISTINGOS	CAMBIOS
¿Cuántos objetos tienen la desviación?	¿Cuántos objetos pudieron tener la desviación pero no la tienen?		
¿Cuál es el tamaño de una desviación?	¿Qué otro tamaño podría tener la desviación pero no lo tiene?		
¿Cuántas desviaciones hay en cada objeto?	¿Cuántas desviaciones podría tener el objeto pero no las tiene?		
¿Cuál es la tendencia? (¿...en el objeto?) (¿...en la ocurrencia de la desviación?) (¿...en el tamaño de la desviación?)	¿Cuál podría ser la tendencia pero no es? (¿...en el objeto?) (¿...en la ocurrencia de la desviación?) (¿...en el tamaño de la desviación?)		

DISTINGOS Y CAMBIOS
→ ¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro, o peculiar que tenga el Es comparado con su No Es?

→ ¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor, o acerca de cada distinción?

→ ¿Cuándo ocurrió el cambio?

→ ¿Cómo podría cada cambio haber causado esta desviación?

→ ¿Cómo podría un cambio más una distinción haber causado esta desviación?

→ ¿Cómo un cambio más un cambio podría haber causado esta desviación?

→ ¿Qué de esta distinción sugiere una causa para esta desviación?

CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA

→ En base a la experiencia. ¿Qué pudo haber causado esta desviación?

→ ¿Cómo con esta causa pudo darse la desviación?

Tabla III.15 Identificación de distinguos y Cambios.

3.6.4 Probar Posibles Causas

Al incluir todas las posibles causas no se pierde nada, se mantiene la objetividad y se reduce la incidencia de conflicto y discrepancia en la explicación del problema. En la etapa de prueba, se deja que los hechos en la especificación hagan la función de juzgar la probabilidad relativa de las posibles causas.

Se hace la pregunta: si esta es la verdadera causa del problema, ¿Cómo explica cada dimensión de la explicación? La verdadera causa debe explicar cada uno y todos los aspectos de la desviación, dado que la verdadera causa creó el efecto exacto que se está observando en la desviación.

Determinar la Causa más Probable

Frecuentemente, algunas causas más probables, tienen supuestos que deben estar sucediendo en la realidad si la causa es verdadera. Se compararán supuestos hechos al probar la causa preguntando ¿Cuál es la causa con menos supuestos? ¿Cuál causa tiene los supuestos más lógicos? ¿Cuál causa tiene los supuestos más simples de probar? La selección de la causa más probable puede depender en gran parte, tanto de la calidad de los supuestos como de la cantidad.

La figura III.16 proporciona una muestra de cómo realizar tanto la prueba de posibles causas como la determinación de la causa más probable.

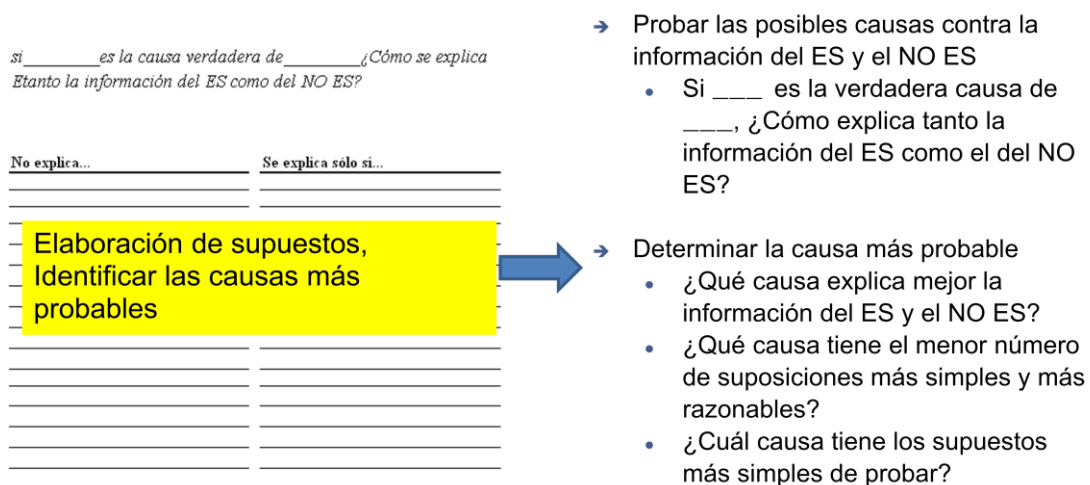


Figura III.16. Prueba de posibles causas y determinación de la causa más probable.

3.6.5 Verificar supuestos, Observar, Experimentar, Confirmar la causa potencial y/o arreglar y monitorear el resultado.

La confirmación es un paso fundamental que se toma para **probar la relación causa-efecto**. Para probar una causa hay que probar que produce el efecto observado.

La confirmación es posible en casi todos los problemas. El objetivo en este paso es usar el método más seguro, confiable barato y rápido que diga si realmente he encontrado la verdadera causa, esto debido a lo que se conoce como el **riesgo α** , el cual consiste en el riesgo de creer que se conoce la verdadera causa identificada y no sea así. Imagine la consecuencia de esto en el problema.

Pongamos un ejemplo donde la acción correctiva es una modificación mayor en el proceso con un costo elevado, imagínese que no se realiza una confirmación y se decide hacer este cambio y después de un par de meses de modificaciones la desviación vuelve a aparecer, se estaría hablando de que el problema continúa y que aunque nuestro análisis fue detallado, es posible que se haya pasado por alto algún factor importante y entonces solo empeora la situación, este es el riesgo α .

Imagínese ahora otro ejemplo donde no se confirma la causa y se retiran las contenciones que se tenían para detectar una falla con un riesgo de seguridad para el cliente. Independientemente de los costos que significaría hacer esto, el problema puede irse a términos legales. Todo por falta de certeza de que se ha encontrado la causa del problema.

La prueba de confirmación nos protege de estos riesgos. En la tabla III.16 se explican los niveles de riesgo. En el análisis de problemas queremos evitar el riesgo α para hacer más eficiente nuestro trabajo.

	Creo que conozco la causa	Creo que no conozco la causa
No Riesgo	Creo que conozco la causa verdadera y así es	Creo que no conozco la causa verdadera y no la tengo
Riesgo	Creo que conozco la causa verdadera y no es así Riesgo Alto = Riesgo α	Creo que no conozco la causa verdadera y si la tengo Riesgo Bajo= Riesgo β

Tabla III.15 Niveles de riesgo en el análisis de problemas

Dependiendo de qué tanto riesgo se esté dispuestos a aceptar, se plantea la siguiente prueba de confirmación: La correlación X-Y mediante la modificación de la X en sus niveles menos (donde observamos la falla) y más (donde no se observa), **siendo X la causa más probable identificada en los pasos anteriores.**

El fundamento de la prueba se basa en la probabilidad de sacar el resultado que se desea de un grupo de muestras probadas aleatoriamente. Tómese un ejemplo, si yo tengo 3 pelotas marcadas con una B (bueno) y el mismo número de pelotas marcadas con la letra M (malo) y se ponen en una caja, se agitan y se saca una bola, ¿cuál es la probabilidad de que saque una marcada con la letra M? La respuesta es $3/6 = 50\%$ de probabilidades, ahora ¿cuál es la probabilidad de que saque nuevamente otra M? La probabilidad es $2/5 = 40\%$ y finalmente la probabilidad de que saque la tercer pelota M es de $1/4 = 25\%$.

Ahora la probabilidad de hacerlo a nuestra voluntad es de $3/6 \times 2/5 \times 1/4 = 0.05 = 5\%$. La prueba de confirmación consiste en eliminar el azar de tal forma que se pueda mandar el experimento para predecir cuándo un objeto presentará desviación y cuando no. La figura III.17 explica gráficamente esta estadística.

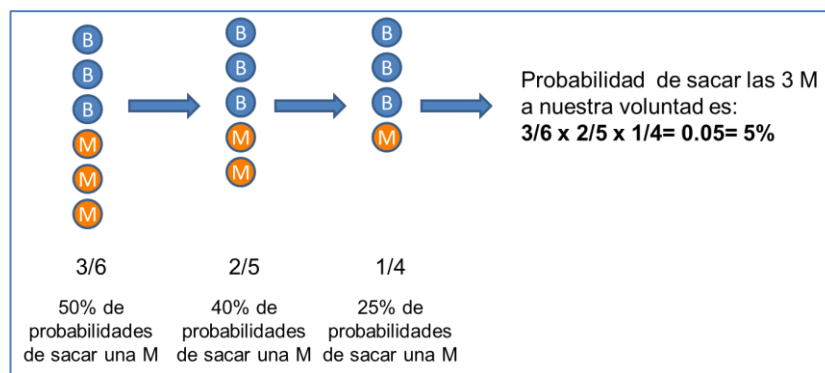


Figura III.17. Estadística detrás de Prueba de confirmación

3.6.5.1 Prueba de confirmación: Mejor vs Actual.

Esto significa que si se hacen 3 objetos en las condiciones óptimas y 3 en las peores condiciones respecto a la causa verdadera se estará confirmándola con un nivel de riesgo del 5% o lo que es lo mismo un nivel de confiabilidad del 95%

Estableciendo el nivel de riesgo y variantes de la prueba.

El nivel de riesgo aceptable puede cambiar, de igual forma si no es posible tener la misma cantidad de piezas en el nivel bueno y en el nivel malo, entonces hay que variar la prueba. En el anexo A se encuentra una tabla con las diferentes variantes de la prueba de confirmación dependiendo del nivel de riesgo aceptado y la cantidad de piezas a probar.

3.6.5.2 FALLA.

Claro que es posible fallar. Mientras la causa más probable se encuentre en datos no considerados dentro del análisis. A continuación los 3 errores más comunes:

- Usar información equivocada o sin precisión para describir el problema.
- Identificar insuficientemente los distinguos y cambios relacionados al ES de la especificación. (No identificación de los pocos vitales).
- Permitir que algunos supuestos distorsionen el sentido común durante el periodo de prueba. Cuanto más grande sea el número de supuestos que agreguemos a una posible causa para describirla como más probable, hay menos posibilidades de que pase la prueba de confirmación.

3.6.6 Piense más allá de la solución.

En la etapa final del análisis de problemas se comparten las lecciones aprendidas. Podemos llevar a cabo estas actividades contestando las siguientes preguntas.

- Extender la causa
 - ☞ ¿Qué otro daño podría ser creado por esta misma causa?
 - ☞ ¿Donde más podría esta causa crear problemas?
 - ☞ ¿Que causó la causa?

☞ ¿Por qué no se detectó (sistema)?

➤ Extienda la solución

☞ ¿Qué otras cosas idénticas necesitan la misma solución?

☞ ¿Qué problemas podría ocasionar esta solución?

3.7 Un proceso, no la Panacea.

Cientos de personas han utilizado estas técnicas para resolver problemas que parecían no tener solución o solo la tendría con grandes inversiones tanto de tiempo como de dinero.

Existen ciertas restricciones para que el análisis de falla nos de las respuestas correctas. Si no podemos encontrar los hechos claves que se necesitan para solucionar el problema, este problema continuará resistiéndose a que se le encuentre una solución. Ningún método ni proceso, no importa que tan sofisticado sea desentrañará el secreto de ese problema.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN DEL MÉTODO PARA LA SOLUCIÓN DE ALGUNOS PROBLEMAS TÉCNICOS DE MANUFACTURA

4.1 Introducción.

Hasta ahora se ha explicado la importancia de la solución de problemas en la industria, se han identificado los factores clave para un análisis eficiente, los cuales son el liderazgo y las técnicas de análisis y solución de problemas. Se han explicado ambos y como se relacionan entre ellos.

En este capítulo final se presentarán 2 casos de aplicación de la técnica Kepner Tregoe fortalecida con algunas de las herramientas de Seis Sigma y Shainin[®] descritas en el capítulo III.

La organización automotriz.

Antes de presentar los casos se hará una descripción breve de la empresa dónde se emplearon las técnicas descritas en el presente documento. Es una empresa transnacional de prestigio con más de 60 plantas en todo el mundo solo para el giro automotriz. En México existen 4 plantas de éste giro, la planta de Toluca es una de ellas.

La planta de Toluca fabrica diferentes productos, algunos de ellos son:

- Alternadores.
- Motores levanta cristales y mueve asientos.
- Sistemas limpia parabrisas.
- Módulos de suministro de gasolina
- Válvulas solenoides para transmisiones automáticas.
- Etc.

Los dos casos que se presentarán fueron realizados en el área de fabricación de válvulas solenoides, una de las áreas con mayores problemas de la organización debido a la complejidad e innovación del producto. Se presentarán dos tipos de fallas una visual y otra funcional.

4.2 Descripción del producto en estudio.

Se explicará brevemente el proceso de manufactura del producto en estudio. Posteriormente se mostrará, a manera de proyecto, cómo se solucionaron las fallas definitivamente.

La válvula solenoide es utilizada en los módulos controladores de la transmisión automática de los automóviles. Se producen 2 plataformas de solenoides A y B. A tiene dos números de parte (325 y 326) y B cuatro (342, 343, 344 y 345). La demanda de B es variable, mientras que la de A es fija entre sus dos números de parte y a su vez entre celdas de manufactura la cantidad a producir era de 24000 piezas diarias. El caso de estudio es el producto A.

4.2.1 Componentes del solenoide A.

Para su correcta función el solenoide A-325 cuenta con 22 componentes y el solenoide A-326 contiene 23. Las figuras IV.1 y IV.2 indican los componentes de cada número de parte así como la ubicación de los mismos.

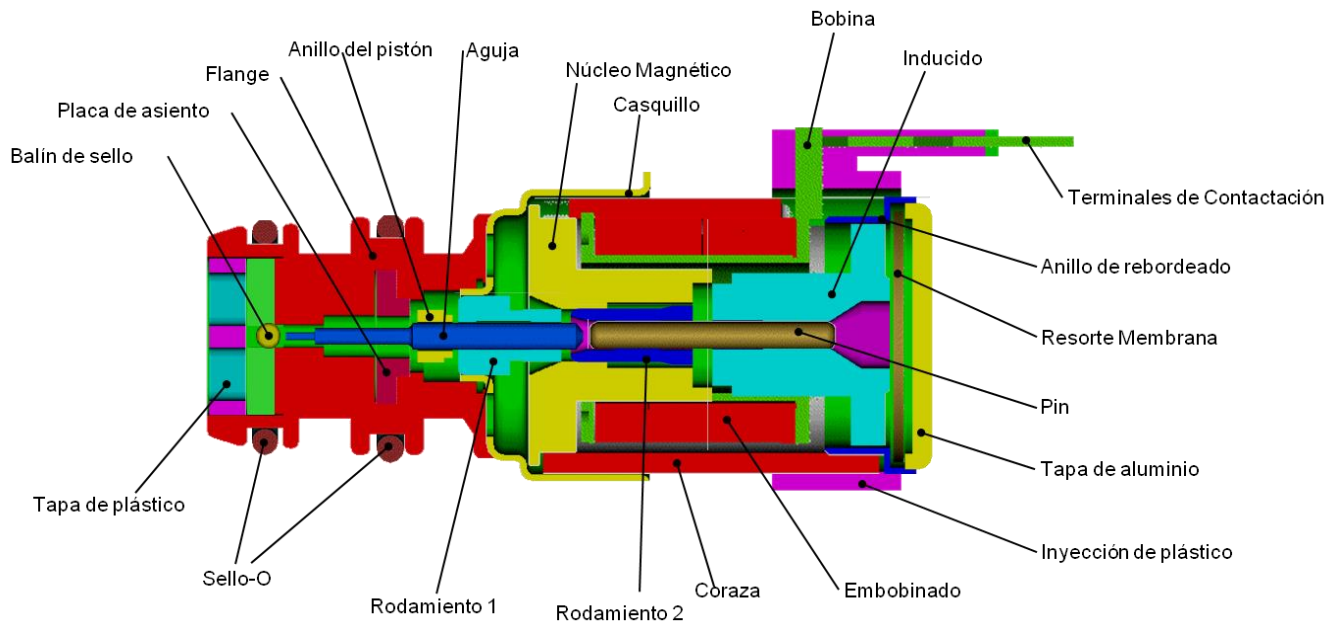


Figura IV.1. Componentes del solenoide A-325. 22 componentes.

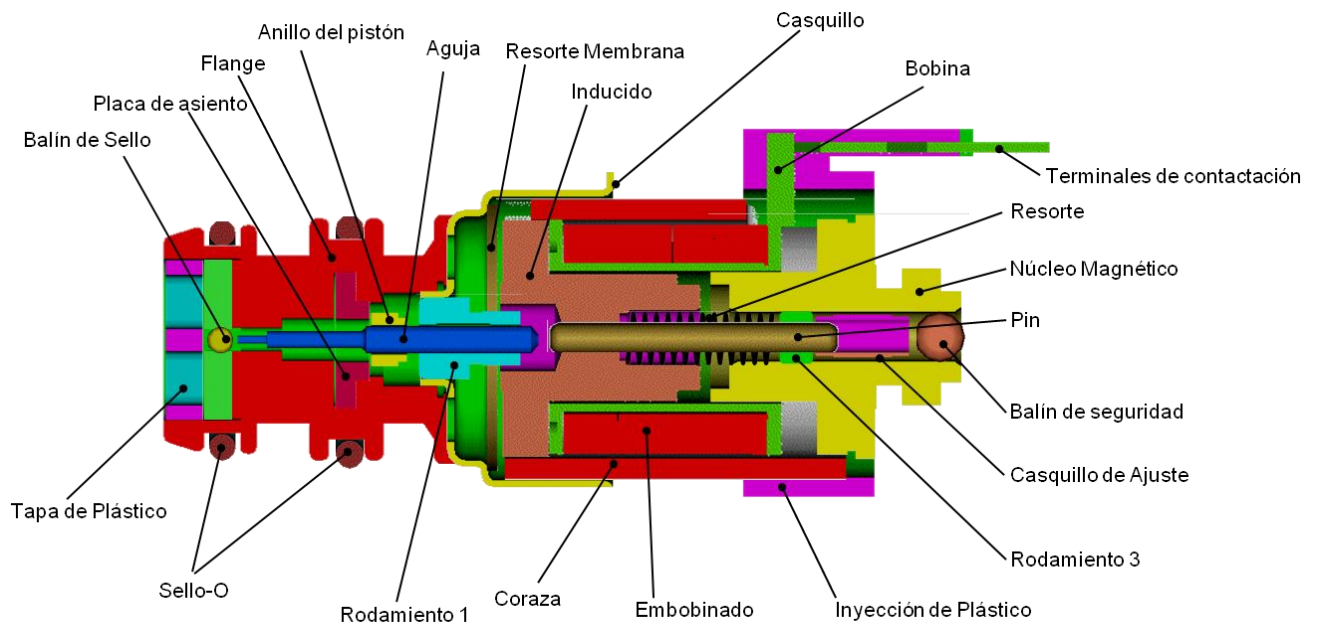


Figura IV.2. Componentes del solenoide A-326. 23 componentes.

4.2.2 El proceso de manufactura.

El proceso de fabricación del solenoide A es complejo en sus dos números de parte 325 y 326. Se explicará paso a paso y se soportará con imágenes de modelos 2D cada una de las etapas de ensamble y manufactura. El producto se divide en tres grandes sub-ensambles llamados Flange, Grupo Magnético y el Inducido. El sub-ensamble Flange es el mismo para los dos números de parte 325 y 326. Tanto el grupo magnético como el inducido son diferentes.

Elaboración del sub-ensamble Flange.

La primer etapa del proceso es la inyección de plástico para crear el sub-ensamble alojamiento flange.

1. Primero se coloca el casquillo y la placa de asiento en un magazine del molde, cada molde tiene cuatro cavidades y dos magazines.
2. Se coloca el magazine en la posición de entrada donde unos sensores de abanico aseguran la correcta posición tanto de la placa de asiento como del casquillo.
3. Se introduce el magazine en el molde y se acciona la inyectora.

4. La inyectora realiza el ciclo aplicando el plástico fundido a través de los conductos del molde llamados venas, hacia los componentes antes mencionados. Este proceso tiene 3 etapas fundamentales:

- Calentamiento
- Dosificación del material
- Enfriamiento del plástico.

5. Al final del ciclo de inyección las piezas son retiradas del magazine e inspeccionadas visualmente por el operador. En caso de observar un defecto en el sub-ensamble, la pieza es rechazada. Si la pieza no muestra ningún defecto se coloca en una charola para pasar a la siguiente etapa. La figura IV.3 muestra un modelo de los componentes y el sub-ensamble.

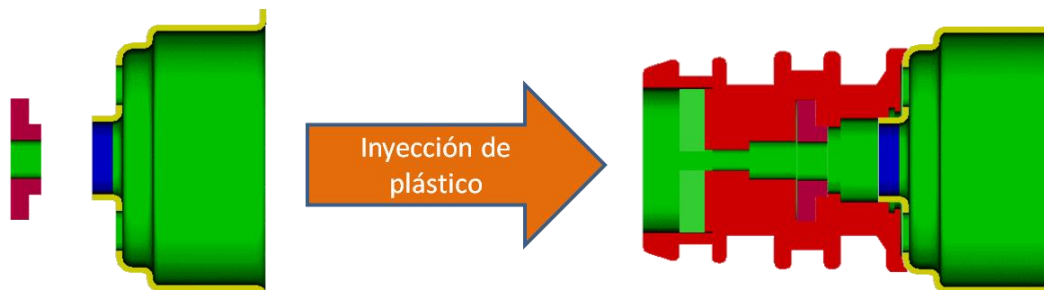


Figura IV.3. Elaboración del alojamiento Flange.

6. El siguiente paso es envejecer el plástico para reducir esfuerzos mediante el horneado del alojamiento flange. Para esto se colocan las piezas en charolas, cada charola tiene 56 posiciones y entran 8 charolas a lo ancho del horno. Existen 3 hornos. Las piezas deberán pasar 2 horas curándose con un tiempo de una hora para entrar al centro del horno y una hora para salir de esta zona obteniendo un total de 6 horas de curado. Finalmente las piezas son almacenadas para su enfriamiento de al menos cuatro horas y uso posterior en el proceso. La figura IV.4 ilustra el proceso de horneado.

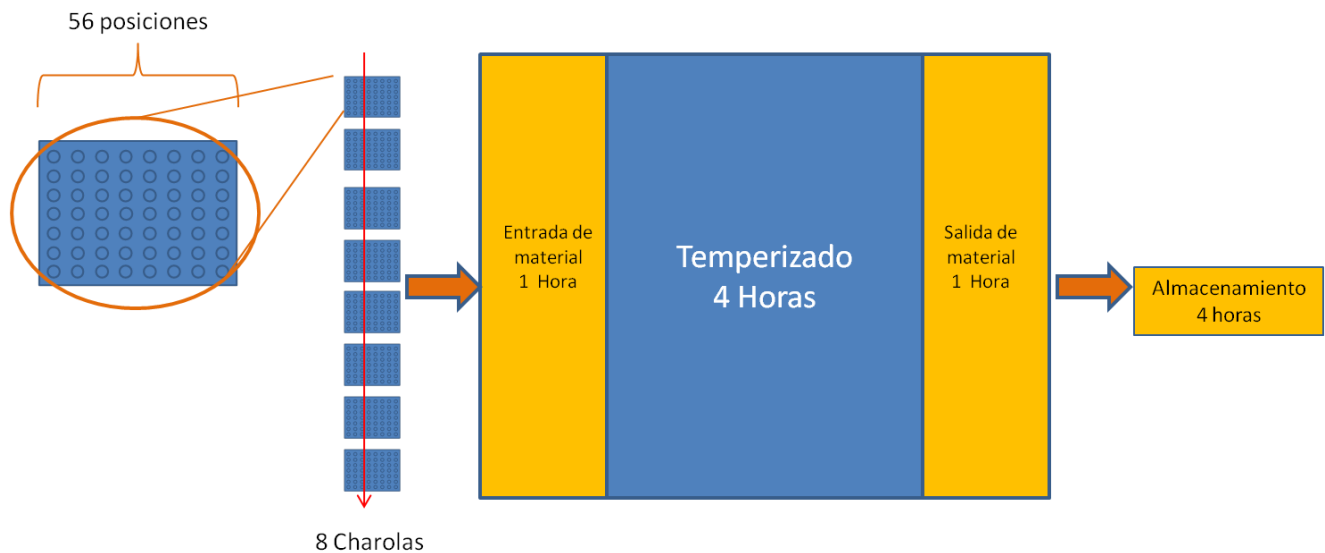


Figura IV.4. Curado del alojamiento Flange.

Una vez que se han enfriado las piezas se pasan al proceso de ensamble del pistón para la creación del sub-ensamble Flange. El proceso es como sigue:

1. Se toma el alojamiento Flange y se coloca en una máquina que cuenta con un dispositivo de medición, el cual, verifica una dimensión llamada C1.
2. En base a esta dimensión se ajusta el componente anillo en la aguja, lo cual forma parte del pistón. La altura a la que se ensambla el anillo se conoce como distancia C2 que está directamente relacionada con la dimensión C1 como sigue:

$$C2 = C1 + 0.6 \text{ (mm)}$$

La máquina que realiza este ensamble cuenta con dos nidos. La figura IV.5 muestra la creación del pistón.

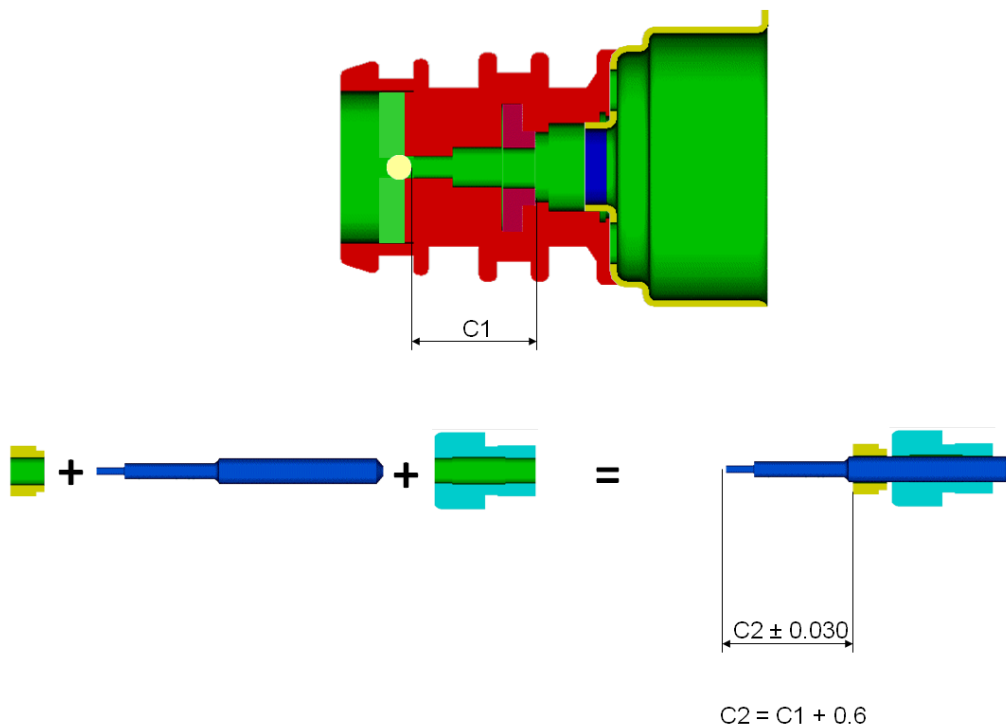


Figura IV.5. Cálculo de dimensión C2 y creación del pistón.

3. Una vez ensamblado el anillo en la aguja, se pasa a la siguiente estación, en la cual se le coloca un rodamiento al pistón y se ensambla al alojamiento Flange. Esta máquina también cuenta con dos nidos.

4. Por último se coloca este nuevo sub-ensamble en una máquina que inserta el balín de sello en el alojamiento Flange y coloca una tapa para evitar que se salga. Para este ensamble, la máquina cuenta con dos nidos. Esta máquina también cuenta con dos nidos. La figura IV.6 es un resumen de los pasos 3 y 4. Con esto concluye el proceso de elaboración del sub-ensamble Flange.

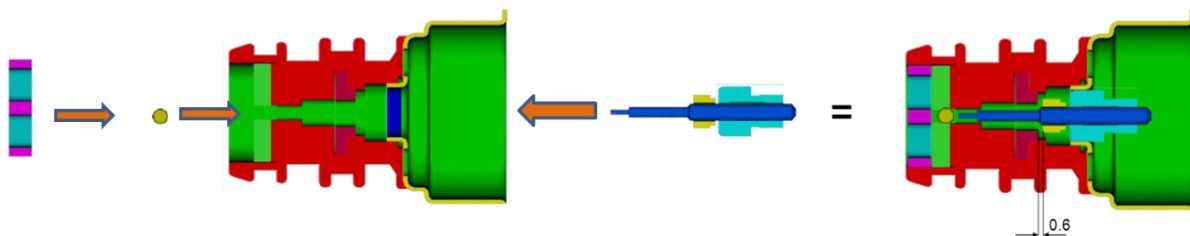


Figura IV.6. Ensamble del pistón y formación de sub-ensamble Flange.

Elaboración del sub-ensamble grupo magnético 325.

A continuación una descripción del proceso de manufactura del grupo magnético 325:

1. Se tienen los siguientes componentes:

- a. Coraza
- b. Anillo de rebordeado
- c. Bobina 325
- d. Granulado (plástico).

2. Se inserta la bobina en la coraza, existe un poka yoke para asegurar el tipo correcto de bobina (la bobina 325 tiene terminales más largas que la bobina 326) y la posición específica de la bobina respecto a la coraza.

3. Se ensambla el anillo de rebordeado en la coraza. Llamaremos a este sub-ensamble el pre-ensamble de grupo magnético. La máquina cuenta con dos nidos para el ensamble.

4. Posteriormente se pasan a la etapa de precalentamiento en una charola que se encuentra a $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$; existen dos charolas por línea de manufactura para este proceso. El tiempo de espera de las piezas es de al menos 15 minutos.

5. Una vez precalentados los pre-ensambles de grupo magnético se pasan al proceso de inyección el cual tiene la función de crear una capa aislante entre la coraza y la bobina además de asegurar el anillo de rebordeado a la coraza.

5.1 Este proceso inicia con la prueba de continuidad de la bobina en la cual se aplica 1 Amper por 10 segundos, existen dos nidos de prueba.

5.2 Posteriormente se colocan los pre-ensambles en el magazine del molde (corazón) existen dos magazines por molde y cada uno de ellos tiene dos cavidades que se inyectan al mismo tiempo. Se coloca el magazine dentro del molde y se acciona la máquina.

5.3 La inyectora realiza el ciclo aplicando el plástico fundido a través de los conductos del molde llamados venas, hacia el pre-ensamble de grupo magnético. Este proceso tiene 3 etapas fundamentales:

- Calentamiento
- Dosificación del material
- Enfriamiento del plástico.

5.4 Al final del ciclo de inyección las piezas son retiradas del magazine e inspeccionadas visualmente por el operador. Si la pieza no muestra ningún defecto se coloca en un carro de enfriamiento el cual tiene 52 posiciones. Las piezas esperan 4 horas para ser usadas. En caso de observar un defecto en el sub-ensamble, la pieza es rechazada.

La figura IV. 7 resume el proceso de elaboración del sub-ensamble grupo magnético.

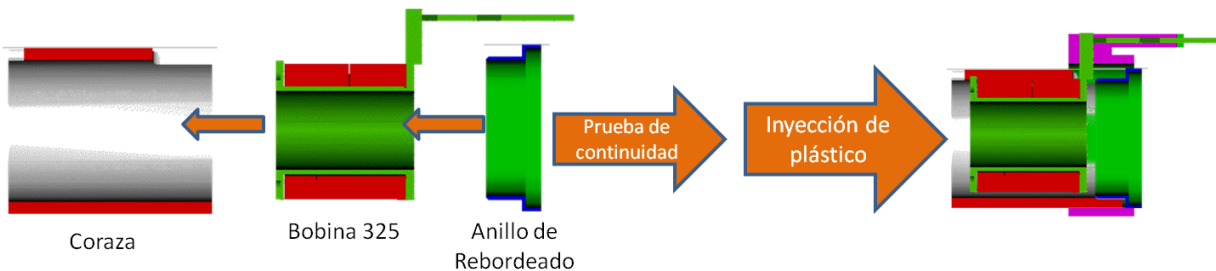


Figura IV.7. Proceso de elaboración del Grupo Magnético.

Proceso de elaboración del inducido 325.

Para la creación del inducido 325, es necesario completar los siguientes pasos:

1. Se ensambla el rodamiento al núcleo magnético.
2. Se ensambla el núcleo magnético con el rodamiento al grupo magnético. (Figura IV.8).

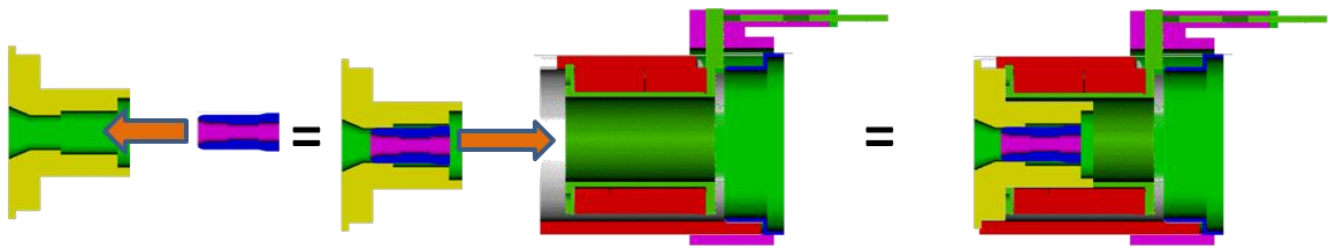


Figura IV.8. Ensamble rodamiento-núcleo magnético a grupo magnético.

3. El siguiente paso es ensamblar el grupo con el núcleo magnético en el sub-ensamble Flange (Fig. IV.9). Existen dos nidos para esta operación.

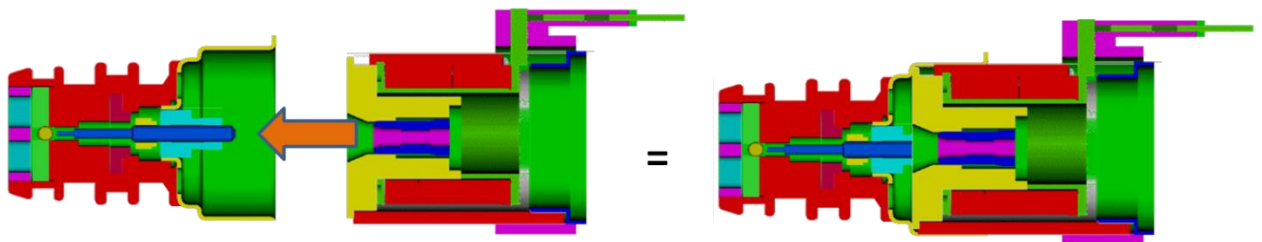


Figura IV.9. Ensamble grupo magnético a Flange.

4. Se toma el pin y se ensambla en el inducido (Fig. IV.10).

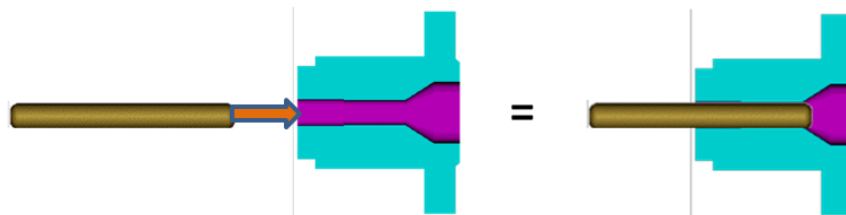
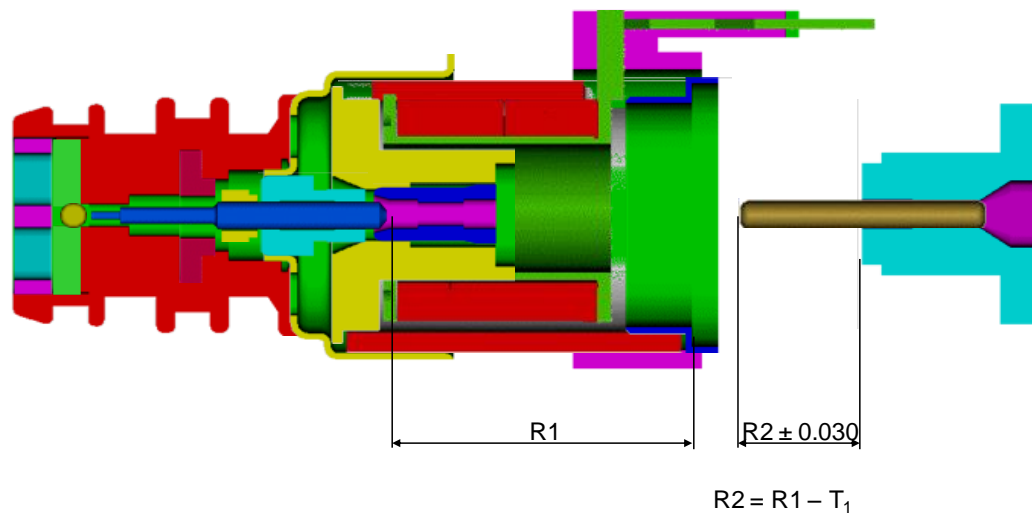


Figura IV.10. Ensamble pin-inducido 325.

5. Similar al ajuste del anillo en la aguja, se coloca el sub-ensamble Grupo magnético-Flange en una máquina donde se mide la distancia R1 (distancia de la aguja del pistón al asiento del anillo de rebordeado) y se le resta una constante T1, lo cual da como resultad la distancia R2. El pin es desplazado esta distancia R2. La Figura IV.11 resume este proceso. Este ajuste es clave para el correcto funcionamiento del solenoide.



$T_1 =$ Longitud constante

Figura IV.11. Ajuste del pin en el inducido.

6. El inducido se coloca en una soldadora por laser en la cual se agregará el resorte membrana y se aplicaran seis puntos de soldado (fig. IV.12).

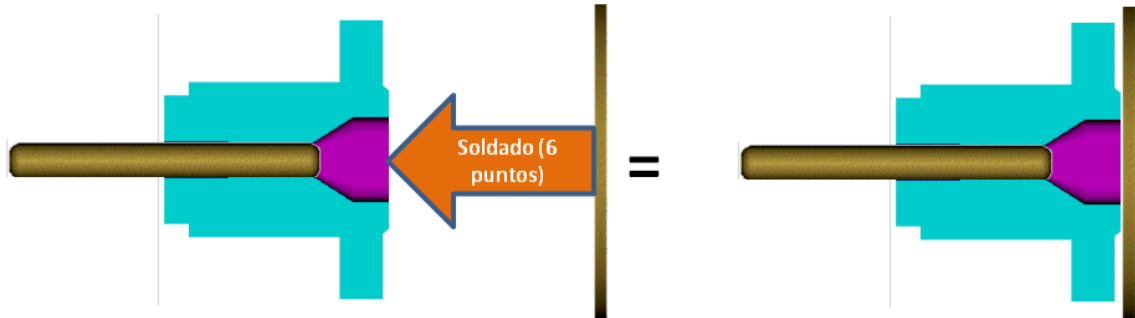


Figura IV.12. Soldado láser de resorte membrana.

Ensamble final y prueba funcional del solenoide 325.

Se está a punto de finalizar el proceso de ensamble del solenoide 325. Para completar el proceso faltan 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

1. Colocación del sello-O en sus dos posiciones.
2. Se coloca aceite en el interior del solenoide, la cantidad de aceite es fundamental para el correcto funcionamiento del producto ya que reduce la

fricción entre el inducido y el resto del producto. Otra función del aceite es proporcionar un efecto de amortiguamiento para el inducido. Existen dos nidos en la máquina que aplica el aceite.

3. Se introduce el inducido en el solenoide y se coloca la tapa de aluminio. Se coloca el solenoide en la máquina de rebordeo del anillo de rebordeo. La máquina cuenta con dos nidos. La figura IV.13 representa estas 3 etapas.

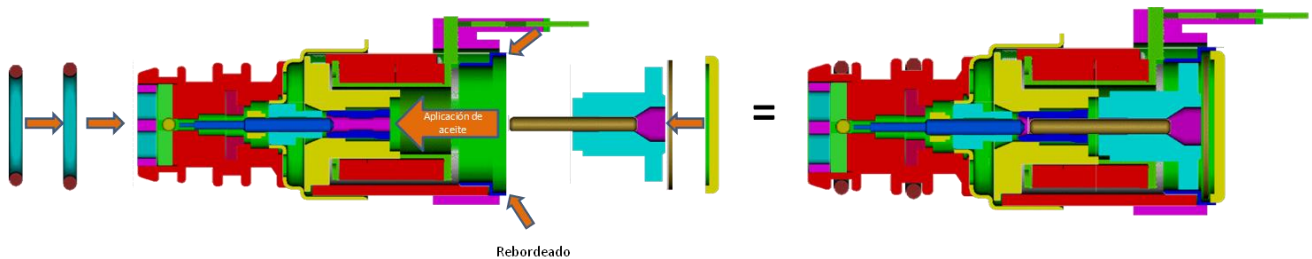


Figura IV.13. Proceso de ensamblaje final del solenoide.

4. Finalmente se comprueba la funcionalidad del producto. Esto se realiza mediante la prueba hidráulica, en la cual se coloca el solenoide en uno de los 8 posibles nidos de prueba. La prueba hidráulica consiste en lo siguiente:

- a. El robot toma la pieza y la coloca en el nido de prueba.
- b. Se suministra aceite por el orificio donde se encuentra el balín de sello (presión de suministro).
- c. Se aplica corriente en 16 puntos (desde 0 mA hasta 850 mA)
- d. Se monitorea la presión de trabajo en cada uno de los 16 puntos de corriente.
- e. Al mismo tiempo que se revisa la presión de trabajo del solenoide, se evalúa la cantidad de aceite que retorna al tanque. A esto se le llama flujo.
- f. Se reducen los puntos de corriente de 850 mA a 0 mA y se evalúan tanto la presión de trabajo como el flujo.
- g. Si la pieza no cumple con los el desempeño deseado, la pieza es rechazada.

La figura IV.14 ilustra la prueba hidráulica.

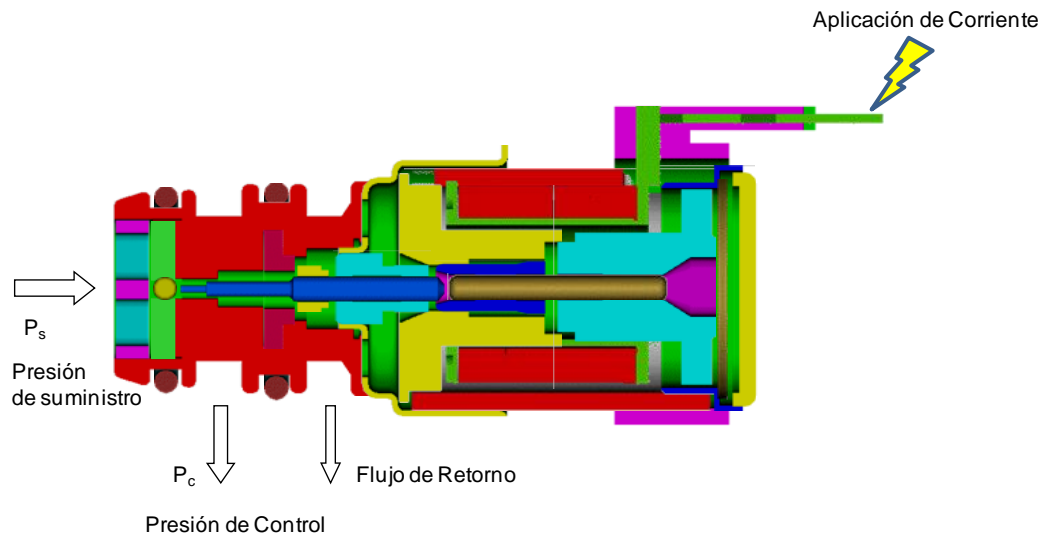


Figura IV.14. Prueba Hidráulica.

En el Anexo B se encuentra un diagrama de flujo con el formato explicado en el capítulo III.

Elaboración del sub-ensamble grupo magnético 326.

Como se mencionó en el punto 4.2.2, el sub-ensamble llamado Flange es el mismo para los números de parte 325 y 326. Por lo cual se comenzará a describir el proceso de ensamble del solenoide 326 a partir de la elaboración del grupo magnético 326. A continuación una descripción del proceso de manufactura del grupo magnético 326:

1. Se tienen los siguientes componentes:

- e. Coraza
- f. Núcleo Magnético
- g. Bobina
- h. Granulado (plástico).

2. Se inserta la bobina en la coraza, existe un poka yoke para verificar el tipo correcto de bobina y también para asegurar la posición específica de la bobina respecto a la coraza.

3. Se ensambla el núcleo magnético en la coraza y se asegura este último mediante un proceso de remachado en 3 puntos, la distancia entre ellos es de

120°. Llamaremos a este sub-ensamble el pre-ensamble de grupo magnético. La figura IV.15 ilustra los pasos anteriores.

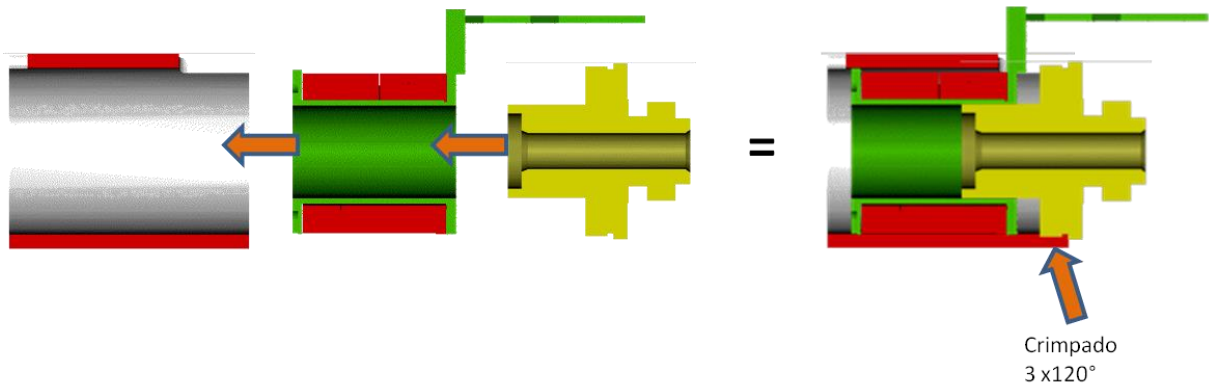


Figura IV.15. Pre-ensamble grupo magnético.

4. Posteriormente se pasan a la etapa de precalentamiento en una charola que se encuentra a $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$; existen dos charolas por línea de manufactura para este proceso. El tiempo de espera de las piezas es de al menos 15 minutos.

5. Una vez precalentados los pre-ensambles de grupo magnético se pasan al proceso de inyección el cual tiene la función de crear una capa aislante entre la coraza y la bobina además de asegurar el núcleo magnético en la coraza.

5.1 Este proceso inicia con la prueba de continuidad de la bobina en la cual se aplica 1 Amper por 10 segundos, existen dos nidos de prueba.

5.2 Posteriormente se colocan los pre-ensambles en el magazine del molde (corazón) existen dos magazines por molde y cada uno de ellos tiene dos cavidades que se inyectan al mismo tiempo. Se coloca el magazine dentro del molde y se acciona la máquina.

5.3 La inyectora realiza el ciclo aplicando el plástico fundido a través de los conductos del molde llamados venas, hacia el pre-ensamble de grupo magnético. Este proceso tiene 3 etapas fundamentales:

- Calentamiento
- Dosificación del material
- Enfriamiento del plástico.

5.4 Al final del ciclo de inyección las piezas son retiradas del magazine e inspeccionadas visualmente por el operador. Si la pieza no muestra ningún defecto se coloca en un carro de enfriamiento el cual tiene 52 posiciones. Las piezas esperan 4 horas para ser usadas. En caso de observar un defecto en el sub-ensamble, la pieza es rechazada.

La figura IV. 16 resume el proceso de inyección del grupo magnético.

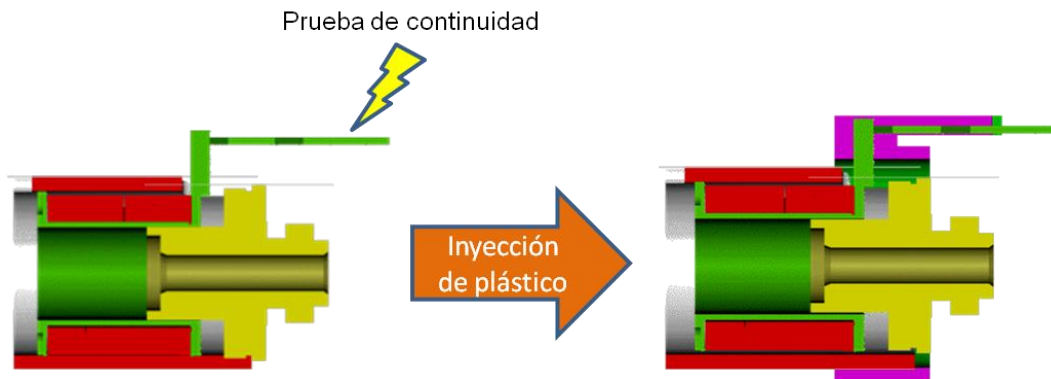


Figura IV.16. Inyección del grupo magnético.

Proceso de elaboración del inducido 326.

Para la elaboración del inducido 326 se consideran dos dimensiones una es la dimensión J1, que es la distancia de la punta de la aguja del pistón hasta el asiento del casquillo y la otra es la dimensión J5 la cual es la distancia de la base de la coraza a uno de los diámetros internos del núcleo magnético. La figura IV.17 muestra la ubicación de estas dimensiones.

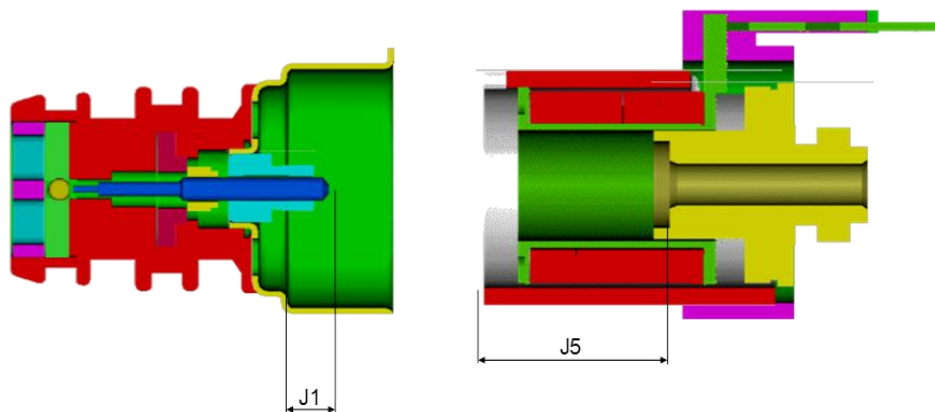


Figura IV.17. Dimensiones J1 y J5 necesarias para la elaboración del inducido 326.

1. Similar al ensamble del pin e inducido 325 para el inducido 326 se coloca el inducido y el pin en la máquina y se ensamblan los componentes (fig. IV. 18). La máquina cuenta con dos nidos para hacer esta operación.

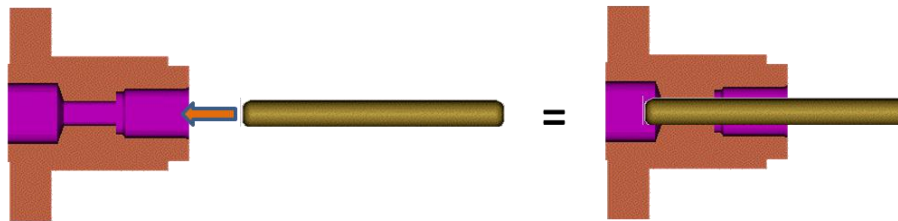


Figura IV.18. Ensamble pin-inducido 326.

2. El siguiente paso es ajustar el pin del inducido a la dimensión J3, la cual es una resultante de aplicar la siguiente fórmula:

$$J3 = J5 - J1 - T_2$$

Dónde T_2 es una constante fija definida por diseño. Se miden J1 y J5 del Flange y el Grupo Magnético respectivamente. Se calcula el valor de J3 aplicando la fórmula y se ajusta el inducido mediante una servo-prensa (fig. IV.19).

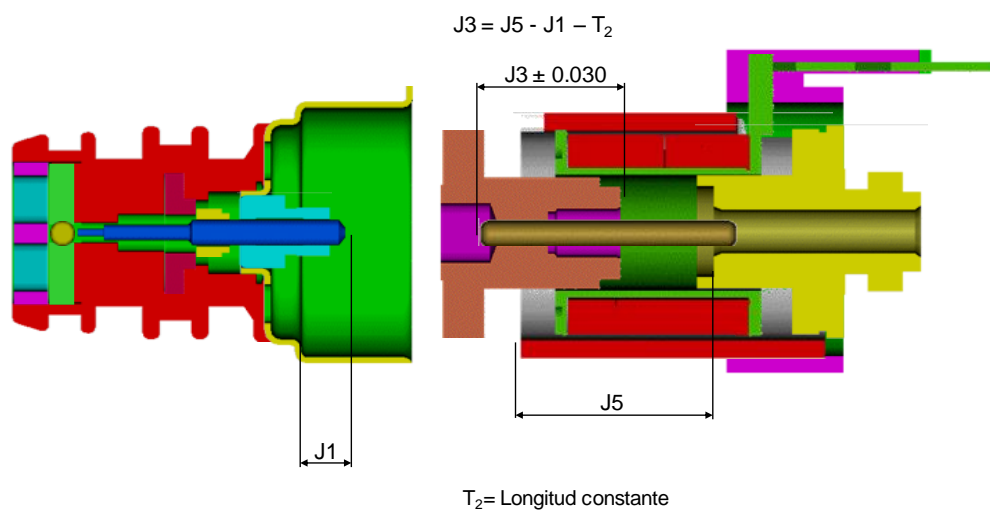


Figura IV.19. Ajuste del inducido 326.

3. Al igual que el inducido 325, se suelda un resorte membrana con una máquina de soldado por láser. La máquina aplica 6 puntos de soldado (fig. IV.20). En esta etapa tanto el Flange como el Grupo magnético deben acompañar al inducido ya que están relacionados por el ajuste.

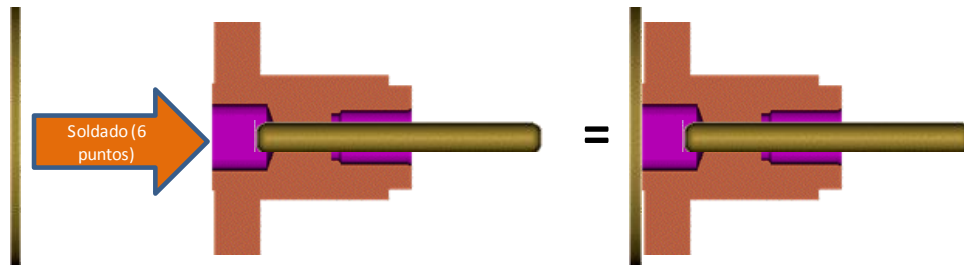


Figura IV.20. Ajuste del inducido 326.

Ensamble final y prueba hidráulica del solenoide 326.

1. Se coloca el inducido en el Flange y se ensambla el grupo magnético (fig. IV. 21). La máquina que realiza este ensamble cuenta con dos nidos.

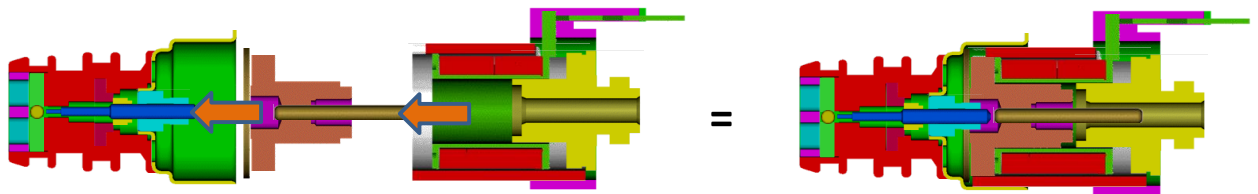


Figura IV.21. Ensamble de Flange y Grupo magnético 326.

2. Después de ensamblar el grupo magnético y el Flange, se colocan los dos sellos-O en las posiciones 1 y 2.

3. La siguiente estación es la del llenado de aceite. En esta operación se coloca el resorte, se coloca el solenoide en el nido y se acciona la máquina, iniciando la aplicación del aceite. La figura IV.22 ilustra los últimos dos procesos descritos.

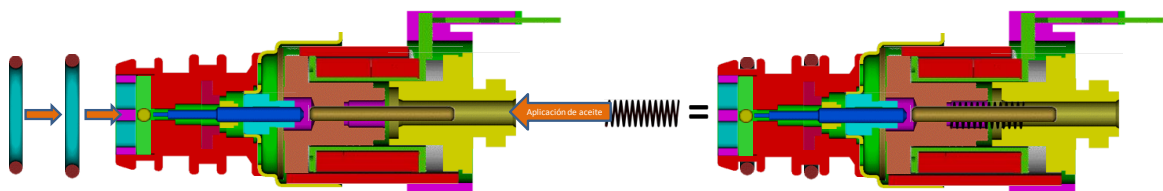


Figura IV.22. Colocación del resorte y llenado de aceite.

4. La siguiente operación es la colocación del rodamiento 3 y el ensamble del casquillo de ajuste (fig. IV.23). Se cuenta con dos nidos para esta operación.

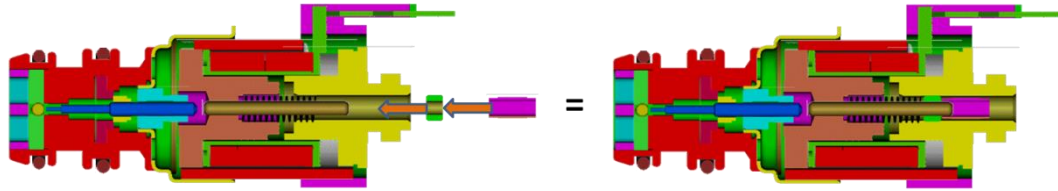


Figura IV.23. Ensamble de rodamiento y casquillo de ajuste.

5. Finalmente se realiza la prueba hidráulica. A diferencia del solenoide 325, el solenoide 326 no está listo para probarse. El casquillo de ajuste debe ser movido hasta su posición final, lo cual depende de un proceso dinámico que se combina con la prueba hidráulica. El proceso es como sigue:

- a. El robot la toma pieza y la coloca en el nido de prueba.
- b. Se suministra aceite por el orificio donde se encuentra el balín de sello (presión de suministro).
- c. Se aplica corriente en 16 puntos (desde 0 mA hasta 850 mA)
- d. Mientras se realiza esta prueba, una unidad de ajuste mueve el casquillo de ajuste hasta alcanzar la presión de trabajo necesaria de acuerdo al diseño del solenoide 326.
- e. Se monitorea la presión de trabajo en cada uno de los 16 puntos de corriente.
- f. Al mismo tiempo que se revisa la presión de trabajo del solenoide, se evalúa la cantidad de aceite que retorna al tanque. A esto se le llama flujo.
- g. Se reducen los puntos de corriente de 850 mA a 0 mA y se evalúan tanto la presión de trabajo como el flujo.
- h. Si la pieza no cumple con los el desempeño deseado, la pieza es rechazada.
- i. Una vez terminada la prueba, se coloca un balín de seguridad en el núcleo magnético para evitar que se mueva el casquillo de ajuste.

La figura IV.24 es un esquema del proceso de ajuste y prueba del solenoide 326.

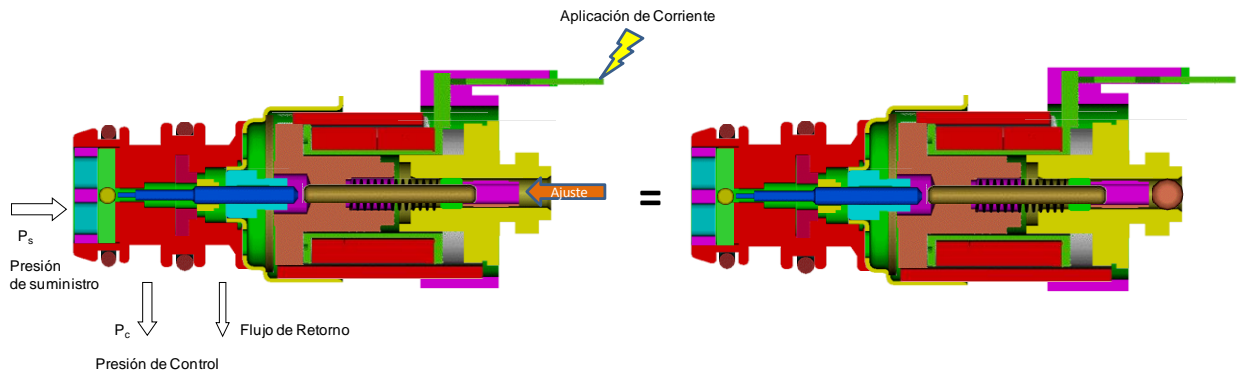


Figura IV.23. Ajuste y prueba hidráulica del solenoide 326.

El anexo C contiene un diagrama de flujo del proceso de ensamble del solenoide 326.

4.3 Casos de aplicación del método en problemas de manufactura con el solenoide A.

Ahora que tenemos un panorama del proceso de elaboración del solenoide A, se presentarán dos problemas de manufactura de éste solenoide en el cual se aplicó el método generado en este trabajo.

4.3.1 Análisis y solución del Problema No. 1 La falta de inyección en la parte trasera de las terminales del grupo magnético 326.

En Noviembre de 2008 se detectó un incremento en el rechazo de piezas por defectos de inyección del sub-ensamble grupo magnético para el número de parte 326.

La falla observada era la falta de inyección en el área de las terminales. La figura IV.24 muestra una comparación de lo que debería ser contra el defecto observado. Se tenía un desperdicio promedio de aproximadamente 300 sub-ensambles por día entre las tres celdas de producción.

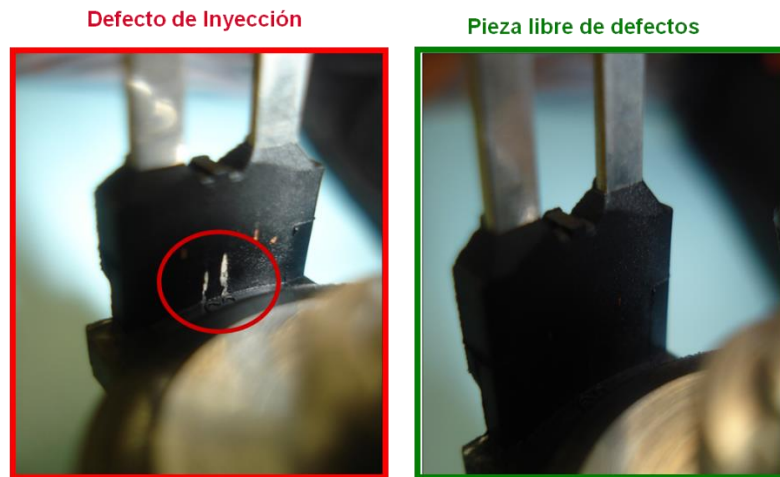


Figura IV.24. Comparación de una pieza buena contra una con falta de inyección

Información inicial del problema.

Esta falla ocasionaba costos de desperdicio altos y también pérdidas considerables de OEE (indicador de capacidad de la celda para producir las piezas). La falla se presentaba en todas las celdas de producción.

Se preguntó por algún cambio reciente pero no se tenía ninguno identificado, más que la fecha en la que los defectos fueron observados por primera vez.

Se revisó este incidente con la planta matriz en Europa, la cual comentó que ellos no veían esta desviación en su proceso. La planta europea produce 2000 solenoides del tipo A al mes cambiando sus porcentajes entre 325 y 326. La planta alemana solo tiene una celda de producción para el solenoide A. las máquinas son muy similares a las que se encuentran en la planta de Toluca.

Después de dos semanas intentando arreglar el problema con diferentes acciones como: cambiar la instrucción de trabajo de las operaciones que involucran al grupo magnético, para evitar un posible daño a la pieza. Implementar un mayor control en el proceso de inyección el cual significaba un incremento considerable en el tiempo ciclo de la operación. Inspecciones visuales de todos los componentes del grupo magnético, etc. Se decidió comenzar una investigación formal liderada por el autor de este trabajo. Cabe mencionar que ninguna de las acciones antes mencionadas logró un impacto favorable en el nivel de producción.

Antes de analizar el problema se contaba con el siguiente panorama:

-La planta de Toluca ha producido desde el año 2005 y no se había observado esta falla. La producción de la planta para el año 2009 era de 17 213 piezas por día (413 100 piezas al mes) entre sus tres celdas de producción al 85% de OEE (meta del área de manufactura).

-El defecto de inyección solo se puede observar después que la pieza ha sido inyectada, pero antes de colocarla en el carro de enfriamiento por lo que los pasos posteriores a la inyección pueden ser descartados.

4.3.1.1 El análisis del problema.

Con la información que tenemos es fácil generar una teoría de lo que puede estar pasando, de hecho es riesgoso adelantar conclusiones y generar teorías. Por ejemplo:

1. Los parámetros de inyección (tiempo de enfriamiento, volumen de dosificación, tiempo de espera para dosificar el volumen, presión de inyección, etc.).
2. El estado del molde de inyección.
3. La pieza es dañada en algún proceso previo a la inyección.
4. El granulado (plástico) no se está preparando correctamente.

Si se decide hacer una lluvia de ideas de que puede estar ocasionando la falla, se deben de asignar tareas para cada una de las teorías y confirmar o descartarlas. Si se toman las cuatro posibilidades mencionadas previamente, la lista de actividades será considerable. En lugar de hacer esto se propone utilizar un método de investigación que reduzca sistemáticamente la cantidad de posibles causas. Aplicar el método de solución de problemas.

*Nota: Para documentación de la investigación el método Kepner Tregoe utiliza un formato, el cual se encuentra en el anexo D. Al ser la base del método, se utilizará este formato como reporte final de la investigación. Dicho reporte se encuentra en el anexo E.

*Nota 2: Se utiliza un código de colores la tinta azul representa información obtenida al realizar las respuestas correspondientes al análisis de problemas KT.

4.3.1.1.1 Enunciar el problema.

El primer paso en nuestro análisis es enunciar el problema. Utilizando las guías del capítulo 3; ¿Qué objeto (o grupo de objetos) tiene la desviación?, ¿Qué desviación tiene?, ¿Qué vemos, oímos, sentimos, probamos u olemos que nos dice que hay una desviación? Incluir el objeto y el defecto en el enunciado del problema. Utilizar unidades de medición o una descripción concreta de la desviación observada.

Contestamos las preguntas de la siguiente forma:

- a. ¿Qué objeto (o grupo de objetos) tiene la desviación?
R= El grupo magnético 326.
- b. ¿Qué desviación tiene?
R= Falta de inyección en la parte trasera de las terminales.
- c. ¿Qué se ve, escucha, siente, prueba o se olfatea que indica que hay una desviación?
R= La falla es perceptible fácilmente mediante la inspección visual del sub-ensamble.
- d. Incluir el objeto y el defecto en el enunciado del problema.
R= El grupo magnético 326 con falta de inyección en la parte trasera de las terminales.
- e. Utilizar unidades de medición o una descripción concreta de la desviación observada.
R= Aún cuando la falla es fácilmente apreciable, se encontraron piezas con menor grado de falta de inyección, sin embargo, aún estas piezas son malas.
Para analizar mejor el problema se ha decidido medir la longitud de la falta de inyección (línea sin plástico) para identificar con mayor eficacia los contrastes.

Con estas cinco respuestas, se forma el siguiente enunciado del problema, documentado en el reporte de proyecto (Fig.IV.25):

Enunciado del problema	<i>El grupo magnético 326 presenta falta de inyección en la parte trasera de las terminales, el defecto observado es en forma de línea. El sub-ensamble no debería presentar dicha franja, esto es 0 mm de falta de inyección en la zona mencionada.</i>
------------------------	--

Figura IV.25. Enunciado del problema

Nota1: Para medir la línea definida como falta de inyección se utilizó un sistema de visión, el cual tiene una función de medición una vez que se ha tomado la fotografía del objeto observado.

4.3.1.1.2 Describir/especificar el problema.

Recordando el capítulo III, en esta fase del análisis de problemas estableceremos una base de comparación mediante la identificación del ES/NO ES en las cuatro dimensiones ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuándo? y ¿Cuánto? La mejor forma de presentar este análisis es mediante tablas. En las tablas IV.1 a IV.4 encontraremos la información de esta segunda fase del análisis del problema junto con notas explicativas.

4.3.1.1.2.1 Identificando el ¿Qué?

Comenzamos por extender nuestra descripción inicial del problema. Nos hacemos las preguntas:

¿Qué objeto específico tiene la desviación?

R=El Grupo Magnético 326 del solenoide A

¿Qué objeto(s) similar(es) podría(n) tener la desviación pero no la tiene(n)?

R= El Grupo Magnético 325 del solenoide A. El Grupo Magnético del solenoide B

Para contestar estas dos preguntas se realizó estadística básica analizando el total de fallas de falta de inyección en la parte trasera de las terminales y se obtuvo que el 100% de los rechazos provenían del grupo magnético 326 y que se tenían cero rechazos del grupo magnético 325 (fig.IV.26).

Debido a que el Solenoide B no realiza un proceso de inyección no es posible establecer una comparación. Se consideró solo porque ambos son solenoides.

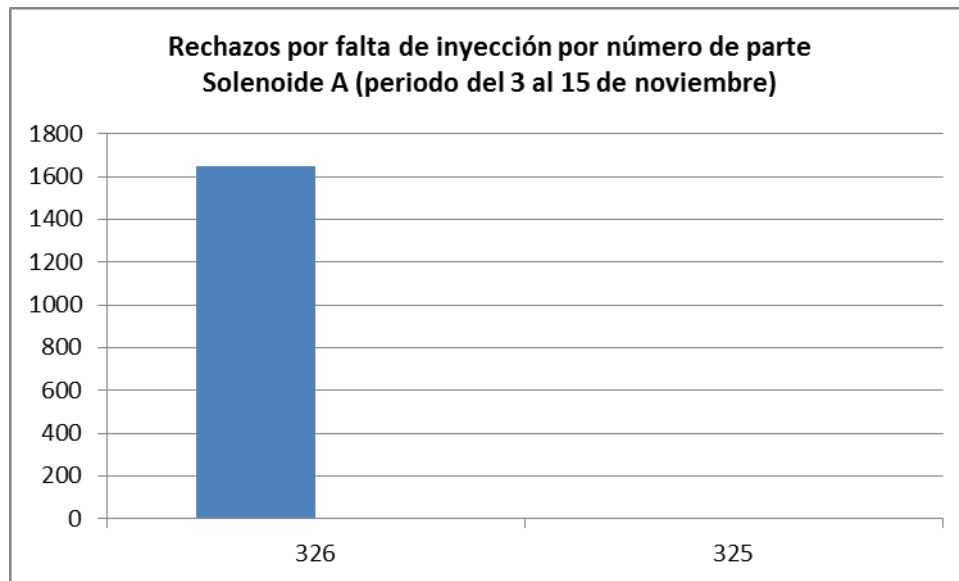


Figura IV.26. Piezas rechazadas por número de parte.

¿Qué (cuál) es la desviación específica?

R= Falta de inyección

¿Qué otras desviación(es) podría tener el objeto pero no la(s) tiene?

R= Sobre inyección, Porosidad.

Se realizó un Pareto por modo de falla para identificar de los defectos de inyección cuál es el mayor problema. El resultado se observa en la figura IV.27, resultando que el 92% de los rechazos por defectos en el proceso de inyección es debido a la falta de inyección.

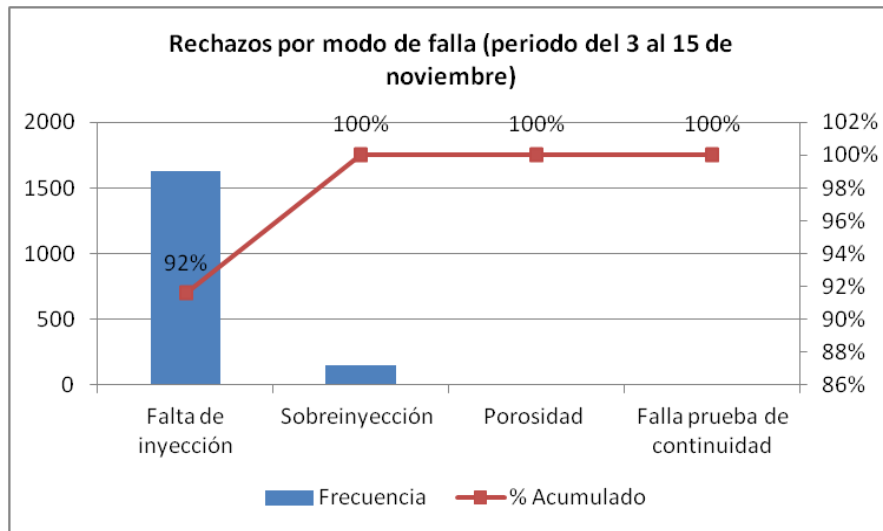


Figura IV.27. Piezas rechazadas por modo de falla.

4.3.1.1.2.2 Identificando el ¿Dónde?

Ya hemos identificado que pieza tiene el problema y cuál es la desviación en la que se enfocará la investigación. Ahora es momento de localizar el problema tanto geográficamente como en la pieza observada:

¿Dónde (geográficamente) se encuentra el objeto cuando la desviación es observada?

R= En todas las celdas de manufactura del solenoide A. En la planta de Toluca.

¿Dónde más (geográficamente) se pudo haber encontrado el objeto cuando la desviación fue observada pero se encontró?

R= En una celda de manufactura en específico. En la planta europea que produce el mismo solenoide.

Se identificó la celda de manufactura de cada pieza rechazada y se elaboró un diagrama de pastel con el propósito de encontrar un posible patrón por celda. Los datos demostraron que las celdas produjeron prácticamente la misma cantidad de piezas con la desviación (fig.IV.28).

Esta información parece no decirnos nada pero si pensamos más profundamente, esta información nos está diciendo algo importante, podríamos preguntarnos ¿Por qué se produce en las tres celdas al mismo tiempo y en la misma proporción?

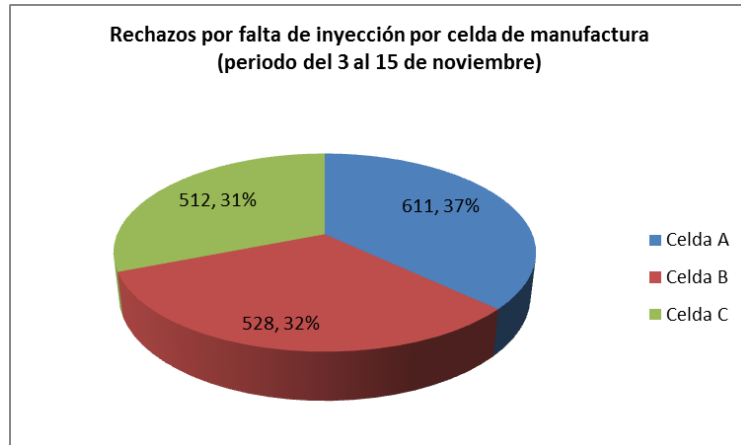


Figura IV.28. Piezas rechazadas por celda de manufactura.

¿Dónde en el objeto se encuentra la desviación?

R= En el área de las terminales. En la parte trasera de esta área. Solamente la sección inferior de la parte trasera presenta el problema.

¿Dónde más en el objeto podría estar localizada la desviación pero no lo está?

R= En el cinturón de plástico que rodea el núcleo magnético. En la parte frontal del área de las terminales. En todas las secciones de la parte trasera de las terminales.

Para contestar estas preguntas se aplicó el diagrama de concentración previamente explicado, se tomaron 636 partes rechazadas del periodo del 13 al 15 de noviembre y se identificó en que zona se encontraba el defecto. La figura IV. 29 muestra el diagrama de concentración.

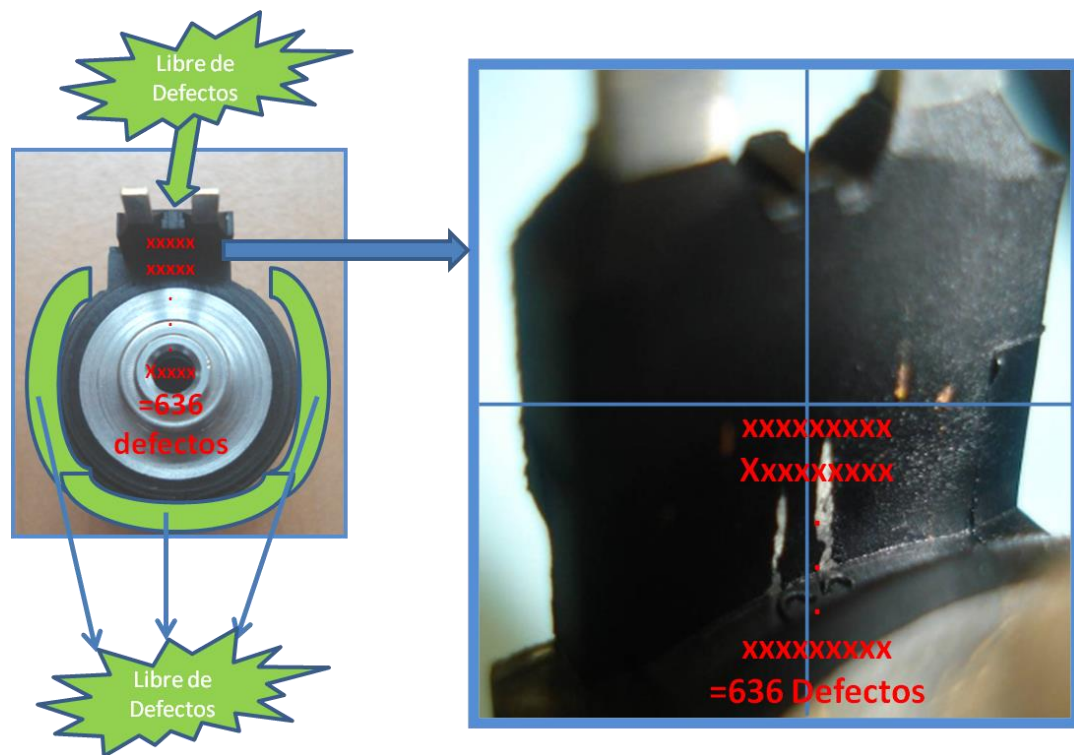


Figura IV.29. Diagrama de concentración elaborado con las piezas rechazadas del 3 al 15 de noviembre.

Nuevamente encontramos patrones interesantes. El primero es que la pieza es inyectada en toda la circunferencia y encontramos el defecto solo en la parte de las terminales y más interesante aún solo en la parte trasera de ellas. El segundo es que dentro de esta zona de las terminales solo se observa el defecto en la región inferior de esta zona.

4.3.1.1.2.3 Definiendo ¿Cuándo?

La siguiente etapa es recabar y analizar la información relativa a la dimensión del tiempo. Después de analizar los registros se contestaron las siguientes preguntas:

¿Cuándo fue observada la desviación por primera vez (hora y fecha)?

R= El 21 de Octubre del 2008

¿Cuándo pudo haber sido observada la desviación por primera vez (hora y fecha) pero no lo fue?

R= Antes de Octubre del 2008

¿Cuándo desde entonces la desviación ha sido observada? ¿Hay algún patrón?

R= Esporádico en los últimos días de Octubre, a partir del 3 de Noviembre se observa un incremento considerable en la falla hasta llegar al 07 de noviembre donde las fallas se mantienen por encima de los 100 rechazos diarios.

¿Cuándo desde entonces la desviación pudo haber sido observada pero no lo fue?

R= Cada semana, esporádico después de Octubre

¿Cuándo en la historia o ciclo de vida del objeto fue observada la desviación por primera vez?

R= En producción en serie (Nov. 2008)

¿Cuándo en la historia o ciclo de vida del objeto pudo haber sido observada la desviación por primera vez pero no lo fue?

R= En el arranque de producción (2005)

La información que se obtiene al evaluar la dimensión Cuándo puede ser muy relevante o poco importante, en pocas ocasiones tiene términos medios. En nuestro caso de estudio se identifica concretamente un punto en el tiempo donde algo cambió en la producción del solenoide 326. La problemática es identificar que cambió. Por ahora solo se representa en una línea temporal el momento en el que se comenzó a observar la falla y como se ha presentado desde entonces (fig.IV.30).

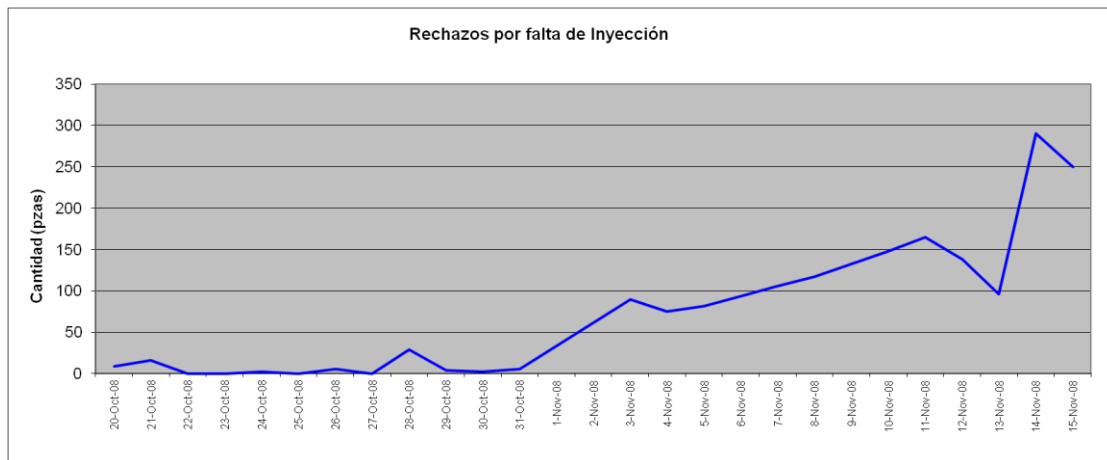


Figura IV.30. Serie Temporal de la falta de inyección.

Se puede observar que la falla se presentó en los últimos días de Octubre del 2008 y posteriormente se fue incrementando.

4.3.1.1.2.4 Definiendo ¿Cuánto?

Ahora toca turno de dimensionar el problema. Se contestarán las siguientes preguntas:

¿Cuántos objetos tienen la desviación?

R= Aproximadamente 300 piezas diarias por las 3 celdas de producción.

¿Cuántos objetos pudieron tener la desviación pero no la tienen?

R= Mayor o menor a 300 piezas por día entre las 3 celdas de producción.

¿Cuál es el tamaño de la desviación?

R= La línea observada como falta de inyección mide desde 2 a 6 mm de longitud.

¿Qué otro tamaño podría tener la desviación pero no lo tiene?

R= Mayor a 6 mm de longitud

¿Cuántas desviaciones hay en cada objeto?

R= Cada pieza tiene dos líneas de falta de inyección, la derecha siempre es mayor que la izquierda.

¿Cuántas desviaciones podría tener el objeto pero no las tiene?

R= Una sola línea de falta de inyección. Más de dos líneas de falta de inyección.

¿Cuál es la tendencia (¿...en el objeto?, ¿...en la ocurrencia de la desviación?, ¿...en el tamaño de la desviación?)

R= Inestable desde 5 piezas hasta 290 piezas rechazadas por día por celda.

¿Cuál podría ser la tendencia pero no es? (¿...en el objeto?, ¿...en la ocurrencia de la desviación?, ¿...en el tamaño de la desviación?)

R= Estable, una cantidad fija de piezas rechazadas al día por línea.

La información fue obtenida de los análisis previos como la serie temporal y el diagrama de concentración, lo que se agregó fue la medición de la longitud del defecto (fig. IV.31) en el cuál se identificó un contraste más, se presentan dos líneas de falta de inyección y además la línea derecha es mayor que la izquierda.

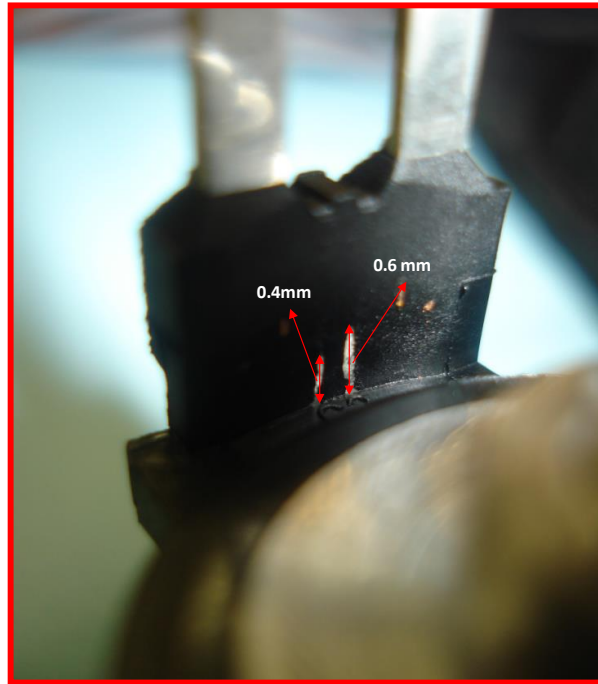


Figura IV.31. Medición de la falta de inyección.

Si se observan las respuestas en un inicio podemos pensar que no nos arrojan mucha información, pero si utilizamos el pensamiento crítico, entonces cabe la pregunta ¿Por qué es esta cantidad y no más o menos? ¿Por qué solo hay dos líneas y no más? ¿Cómo es que todas las fallas presentan el mismo patrón? La respuesta a estas preguntas es aún desconocida pero da un indicio de que es una falla sistemática y que la causa a este problema es un solo factor específico.

Hasta ahora hemos analizado nuestra falla en las cuatro dimensiones y cabe resaltar que se ha obtenido información interesante al revisar los datos con los que normalmente se cuenta en un área de manufactura. Solamente se realizó una prueba adicional y de hecho arrojó bastante información y ésta es la de la medición de algunas piezas rechazadas soportadas por la estrategia que aporta el análisis de problemas Kepner Tregoe y la estadística descriptiva de Seis Sigma.

Es sencillo entender el por qué de las preguntas del ES, dan la caracterización del problema a analizar y fijan una dirección de investigación. Pero, ¿para que se usa la información del NO ES? La base de comparación que se estableció investigando el NO ES de las cuatro dimensiones permitirá descartar

posibles causas que por lógica no deben ser consideradas y por lo tanto no invertir recursos en ellas.

4.3.1.1.3 Identificación de la posible causa raíz mediante los distingos y cambios.

En el paso anterior del proceso de análisis de la falla se obtuvo y documentó la información del ES y el NO ES en las dimensiones ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuándo? y ¿Cuánto? Ahora con esta información se deben de postular una o más causas potenciales para el problema en cuestión. Pero antes se deben de filtrar datos y/u obtener más información para la postulación. Esto mediante la identificación de distingos y cambios entre los elementos del ES y del NO ES previamente identificados.

4.3.1.1.3.1 Distingos y cambios.

Se deben identificar las diferencias entre lo que ES y lo que NO ES, así como los cambios alrededor de esta diferencia en las cuatro dimensiones. A continuación se describirá el proceso racional usado en el caso de la falta de inyección en la parte trasera de las terminales.

Para identificar las diferencias o distingos debemos preguntarnos **¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar que tenga el ES comparado con su NO ES?**

Para identificar los cambios alrededor de estos distingos preguntaremos **¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?**

Se analizarán los distingos seguido de la identificación de cambios (si es que existen) consecutivamente dentro de cada aspecto de cada dimensión.

¿Qué?

Siguiendo el orden que hasta ahora se ha llevado, se comienza con el ¿qué? La tabla IV.1 muestra el resumen de la información del ES/NO ES para esta dimensión:

QUÉ	ES	NO ES
1. ¿Qué objeto?	El Grupo Magnético 326 del solenoide A	-El Grupo Magnético 325 del solenoide A -El Grupo Magnético del solenoide B
2. ¿Qué desviación?	Falta de inyección	-Sobre inyección -Porosidad.

Tabla IV.1 ES/NO ES en la dimensión ¿Qué?

Analizando ¿Qué Objeto?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre el grupo magnético 326 y el grupo magnético 325?

1. Las bobinas 325 y 326 son diferentes en cuanto al largo de las terminales. Las terminales de la bobina 326 son 2 mm más cortas.

2. El Carrete usado para crear la bobina es diferente. Dimensionalmente son idénticas, solo se creó una protuberancia en el 326 para identificación.

3. Al grupo 325 se le ensambla un anillo y al 326 un núcleo.

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre el grupo magnético 326 y el grupo magnético del solenoide B?

Respecto al solenoide B, No aplica ya que el grupo magnético de éste solenoide no es sobre inyectado. Se consideró inicialmente porque también es un solenoide y utiliza un grupo magnético, al investigar más afondo se identificó que éste grupo magnético no utiliza un proceso de sobre inyección.

¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?

Nada ha cambiado respecto a los distingos identificados. Las bobinas siempre han tenido esas diferencias entre sí tanto en carrete como en largo de terminales, así fueron diseñadas. Las diferencias con el solenoide B no son aplicables por lo tanto no se busca información de algún cambio reciente.

Analizando ¿Qué Desviación?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre la falla Falta de inyección y las fallas Sobre inyección y Porosidad?

Sobre inyección y porosidad son fallas comunes en el proceso de inyección y están controladas. La falta de inyección no es una falla común en el proceso de inyección del grupo magnético del solenoide A.

¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?

Se necesita más información. Esta falla apareció en Octubre del 2008.

La identificación de cambios complementa estratégicamente a los distingos encontrados durante el análisis. De haberse preguntado ¿Qué cambió? Es muy probable que se hubiera perdido la visión y se hubiera comenzado un análisis exhaustivo entre las bobinas 326 y 325 al ser diferentes y al tener la información de que solo el grupo magnético 326 es el que presenta el problema, ello atrae a realizar conclusiones adelantadas. Al momento de remarcar que estas diferencias han existido siempre, lo que evita perder tiempo y recursos.

¿Dónde?

Se realizará el mismo proceso que en el análisis del ¿Qué? la tabla IV.2 contiene el resumen del ES y NO ES para esta dimensión:

DÓNDE	ES	NO ES
3. ¿Dónde geográficamente?	-En todas las celdas de manufactura del solenoide A. -En la planta de Toluca.	-En una celda de manufactura en específico. -En la planta europea que produce el mismo solenoide.
4. ¿Dónde en el objeto?	-En el área de las terminales. -En la parte trasera de esta área. -Solamente la sección inferior de la parte trasera presenta el problema.	-En el cinturón de plástico que rodea el núcleo magnético. -En la parte frontal del área de las terminales. - En todas las secciones de la parte trasera de las terminales.

Tabla IV.2 ES/NO ES en la dimensión ¿Dónde?

Iniciamos con distinguos y cambios del ¿Dónde geográficamente?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el hecho de que la falla se presente en todas las líneas y no en solo una? ¿En que solo se presente en la planta de Toluca?

No es un distingo como tal pero es muy peculiar que la falla se presente en todas las líneas. El factor que causa el problema está en todas las celdas.

En cuanto a las plantas de manufactura: la planta europea produce 100 solenoides diarios, Toluca 17213 piezas por día, Toluca usa un porcentaje de material idéntico a Europa (20%) y además usa componentes nacionales, específicamente núcleo y bobina (80%). Europa solo usa componentes alemanes.

¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?

No hay un cambio específico aplicado a todas las celdas simultáneamente. Salvo por el mantenimiento regular a los moldes de inyección. El volumen de producción no ha cambiado recientemente.

Toluca comenzó a mezclar proveedores alemanes y nacionales en 2008. Para los componentes núcleo y bobina 325 y 326.

El núcleo comenzó desde Enero de 2008 y la bobina fue introducida en Julio de 2008 pero no fue utilizada a su máxima capacidad (80%) sino hasta septiembre de 2008.

Ahora identificando para ¿Dónde en el objeto?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre las zonas donde se presenta la falla (el área de las terminales, en la parte trasera de esta área, solamente la sección inferior de la parte trasera presenta el problema) y la zona donde no se observa la falla en el objeto?

Diferente geometría entre la sección de la falla (terminales) y las secciones que no presentan el defecto (cinturón de inyección).

Dentro de la sección de la falla, hasta ahora se desconocen las diferencias entre la zona superior de la parte trasera de las terminales y la inferior.

¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?

En cuanto a la geometría de la pieza, es una diferencia donde no aplica un punto de investigación ya que la pieza está diseñada para tener estas diferencias.

Se desconoce si hubo un cambio en la sección inferior de la parte trasera de las terminales.

En esta parte del análisis hemos detectado un punto de enfoque, la planta de Toluca usa un material diferente al de Europa y esta diferencia apareció recientemente, en Enero y Julio del 2008 tenemos dos componentes que podríamos llamar sospechosos que entraron en diferente tiempo, por la naturaleza de la falla, la bobina podría ser considerada como aquella con probabilidad a ser la causa raíz. También se desconoce si la bobina ha sufrido un cambio desde que se implementó en Julio del 2008. Se podría indagar más en este asunto.

¿Cuándo?

Veamos la tabla IV.3:

CUÁNDO	ES	NO ES
5. ¿Cuándo por primera vez?	El 21 de Octubre del 2008	Antes de Octubre del 2008
6. ¿Cuándo desde entonces?	Esporádico en los últimos días de Octubre, a partir del 3 de Noviembre se observa un incremento considerable en la falla hasta llegar al 07 de noviembre donde las fallas se mantienen por encima de los 100 rechazos diarios.	Cada semana, esporádico después de Octubre
7. ¿Cuándo en el ciclo de vida?	En producción en serie (Oct. 2008)	En el arranque de producción (2005).

Tabla IV.3 ES/NO ES en la dimensión ¿Cuándo?

Comenzamos con distinguos y cambios para ¿Cuándo por primera vez?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre la fecha en que ocurrió la falla por primera vez y antes de ese tiempo?

Se necesita más información muchos aspectos pueden ser diferentes entre Nov.2008 y antes de esa fecha.

Ahora ¿Cuándo desde entonces?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el cambio de frecuencia de la falla (Esporádico en los últimos días de Octubre, a partir del 3 de Noviembre se observa un incremento considerable en la falla hasta llegar al 07 de noviembre donde las fallas se mantienen por encima de los 100 rechazos diarios.)?

Se necesita más información. Al momento no se tienen datos que den una respuesta objetiva al problema.

Por último en ¿Cuándo en el ciclo de vida?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre el inicio de producción y en el 2008?

No aplica es difícil saber que es diferente entre 2005 y 2008. Muchos aspectos pueden serlo.

En este caso al necesitar más información, no se pueden identificar los cambios alrededor de los distingos. En la parte del ciclo de vida del producto hay tantos cambios y distingos que no serían recomendables enumerarlos. Se hará si no se puede elaborar una teoría con la información que se obtenga después de analizar las cuatro dimensiones.

¿Cuánto?

Finalmente buscaremos distingos y cambios para la dimensión del cuanto. Comencemos por observar el resumen del ES/NO ES de esta dimensión en la tabla IV.4:

CUANTO	ES	NO ES
8. ¿Cuántos objetos?	Aproximadamente 300 piezas diarias por las 3 celdas de producción.	Mayor o menor a 300 piezas por día entre las 3 celdas de producción.
9. ¿Cuál es el tamaño?	La línea observada como falta de inyección mide desde 2 a 6 mm de longitud.	Mayor a 6 mm de longitud
10. ¿Cuántas desviaciones?	Cada pieza tiene dos líneas de falta de inyección, la derecha siempre es mayor que la izquierda.	-Una sola línea de falta de inyección. -Más de dos líneas de falta de inyección.
11. ¿Cuál es la tendencia?	Inestable desde 5 piezas hasta 290 piezas rechazadas por día por celda.	-Estable, una cantidad fija de piezas rechazadas al día por línea.

Tabla IV.4 ES/NO ES en la dimensión ¿Cuánto?

Análisis de la pregunta ¿Cuántos objetos?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el hecho de que sean aproximadamente 300 piezas diarias por las 3 celdas de producción y no una cantidad diferente a esta?

Se necesita más información para responder a esta pregunta, debemos de entender ¿por qué es esa cantidad y no otra? Esta cantidad de rechazos nos puede servir en el análisis si buscamos la forma de explotarlo.

Segunda pregunta ¿Cuál es el tamaño?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el hecho de que la línea observada como falta de inyección mida desde 2 a 6 mm de longitud y no más?

De forma similar a la pregunta anterior, el hecho de que la longitud de las líneas observadas como falta de inyección sean entre 2 y 6 mm nos indica la naturaleza de la falla y si la reunimos con el resto de la información, nos ayudará a disminuir nuestras posibles causas.

¿Cuántas desviaciones?

En este caso la pregunta será diferente pero con el mismo enfoque, para ello se debe preguntar ¿por qué solo dos líneas y no más?

El raciocinio para esta pregunta es el mismo que el de las dos preguntas previas. Al ser dos líneas y no más se está viendo un patrón no aleatorio, que al usar el pensamiento crítico y la experiencia ayudará a generar una teoría realista y factible de la posible causa raíz.

En este caso no aplica la identificación de cambios dentro de los distinguos, para este ejemplo los distinguos del cuanto, describen el comportamiento de la falla y éste no ha cambiado desde que la misma apareció.

¿Cuál es la tendencia?

Iniciamos con identificar ¿qué es peculiar en el hecho la falla no se ha ido pero es inestable su ocurrencia cuando podría serlo?

Se necesita más información, sin embargo el hecho de que inicialmente la falla haya tenido una ocurrencia y luego se incrementara súbitamente y después estuvo variando ello indica que el problema está sin control.

También si se considera que este patrón es en las 3 celdas de manufactura, indica que la causa podría ser ajena a los procesos de producción.

No se identificaron cambios ya que, aunque se observan los cambios en la ocurrencia no hay información que explique este comportamiento.

4.3.1.1.4 Enunciando la causa más probable.

Ahora se debe seleccionar la información más objetiva y combinando esta información con el conocimiento y experiencia enunciará una o más posibles causas.

Comiéncese por reunir los hechos más relevantes del paso anterior:

1. La falla se presenta en todas las líneas. El factor que causa el problema está en todas las celdas.
2. Toluca usa un porcentaje de material idéntico a Europa y además usa componentes nacionales, específicamente núcleo y bobina. Europa solo usa componentes alemanes.
3. Toluca comenzó a mezclar proveedores alemanes y nacionales en 2008. Para los componentes núcleo y bobina 325 y 326. El núcleo comenzó desde Enero de 2008 y la bobina fue introducida en Julio de 2008.
4. La falla se presenta solo en el área de las terminales, en la parte trasera de esta área, solamente la sección inferior de la parte trasera.
5. Si se considera que este patrón es en las 3 celdas de manufactura, indica que la causa podría ser ajena a los procesos de producción.

Ahora con el conocimiento del proceso y conceptos físicos:

El evento en la inyección en el área de las terminales no es más que el recubrimiento de las terminales con plástico. Para que esto se logre se necesita que el plástico fluya libremente por el molde.

Para entender mejor cómo es el proceso de inyección y como debe fluir el plástico se presentarán una serie de imágenes. La fig. IV. 32 es una fotografía de la máquina, donde se observan de forma general los elementos del proceso, seguida de la figura IV.33 que muestra una vista superior de los elementos que interactúan en el proceso de inyección, concentrándose en todo lo que rodea a las terminales.

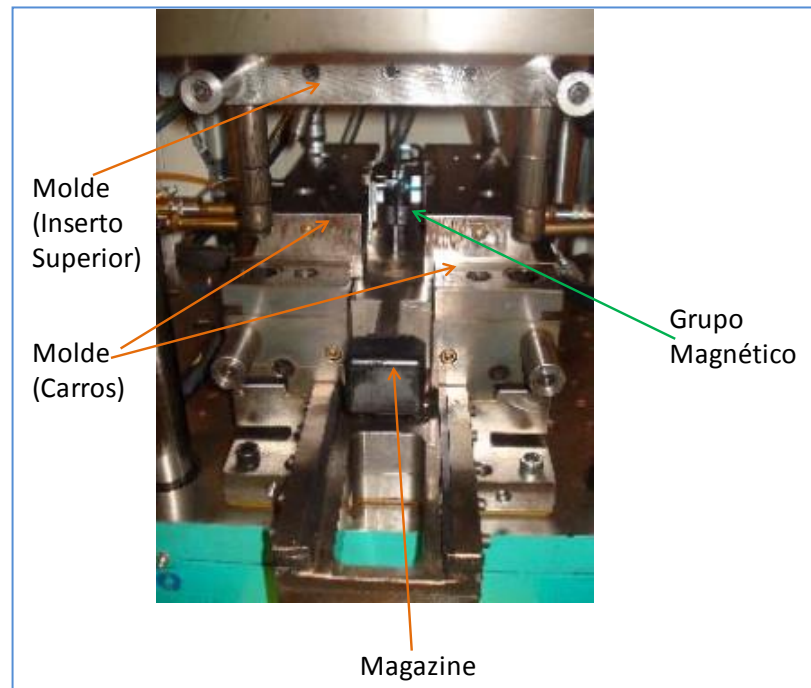


Figura IV.32. Molde de inyección del grupo magnético 326.

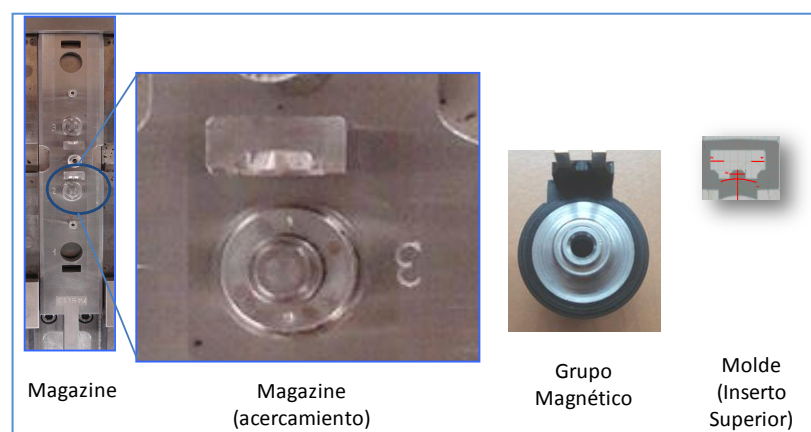


Figura IV.33. Elementos que interactúan durante la inyección del grupo magnético 326.

Analizando el proceso más a detalle. El plástico fluye por un orificio que está en la parte posterior de la coraza, forma el moldeo exterior, iniciando por la zona de

las terminales y el anillo de inyección, el plástico comienza a fluir por dentro del grupo, creando una capa aislante entre la bobina y la coraza y termina de fluir en la parte posterior de la coraza unos milímetros debajo de donde empezó el proceso, mostrando una pequeña sobre inyección (esto indica que la inyección interna está completa), llamada sobre inyección. La fig. IV. 34 se muestra un diagrama de cómo se ubican los componentes durante la inyección.

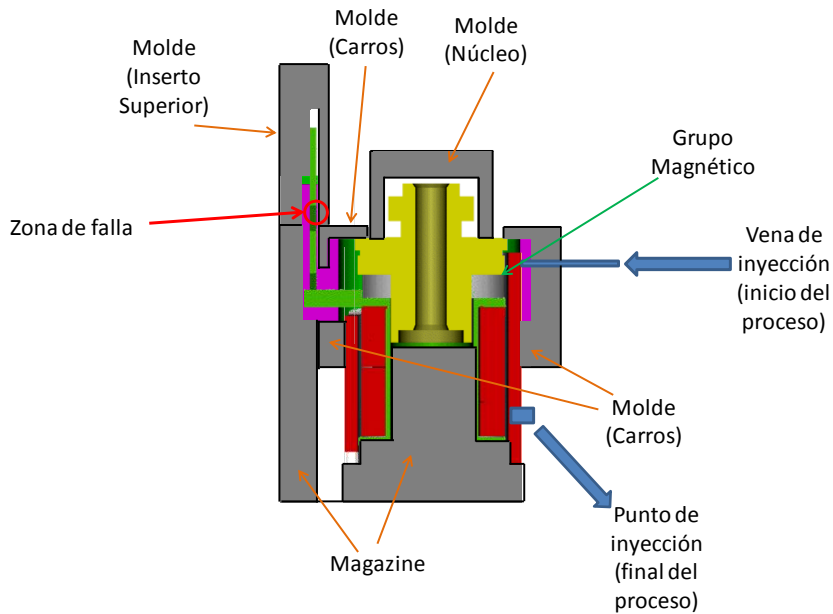


Figura IV.34. Elementos que intervienen durante la inyección del grupo magnético 326.

Si se presencia falta de inyección sólo puede deberse a dos razones:

1. Que se esté generando una interferencia entre las terminales y el molde (inserto superior). Esto puede deberse a los componentes o al molde.
2. El plástico no fluye correctamente, puede ser por una propiedad que se encuentra fuera de las condiciones normales, parámetros o que el granulado no se preparó correctamente.

Se pueden generar cinco posibles causas tomando en los enunciados anteriores:

1. Existe interferencia entre las terminales y el molde porque el inserto superior no está haciendo el sello correctamente.

-
-
2. La Bobina tiene una condición que no permite que el plástico cubra la zona de las terminales, específicamente la parte trasera.
 3. El núcleo magnético modifica el pre-ensamble y ocasiona la interferencia
 4. El granulado del plástico no se prepara correctamente.
 5. El granulado del plástico tiene propiedades diferentes a las normales y no fluye como debería.

4.3.1.1.4.1 Evaluar las posibles causas.

Utilizando la evidencia reunida previamente, los puntos 4 y 5 se pueden descartar debido a que en cuanto al plástico no se ha tenido ningún cambio y al estar la falla en las tres celdas de manufactura no es muy viable que se haya preparado mal el material en las tres celdas simultáneamente, también si se considera que en el periodo observado se ha utilizado el mismo lote de plástico y se tienen variaciones en el rechazo, nos da un indicio de que la causa no vive en el plástico.

Para los otros puntos no se puede hacer un análisis tan sencillo, es necesario utilizar la herramienta del análisis de problemas Kepner Tregoe, la cual es evaluar que las posibles causas expliquen la información documentada en las tanto para el ES como el NO ES en las cuatro dimensiones.

En los casos donde no se explique dicha información, se realizarán supuestos que pudieran explicar la información se identificarán los supuestos más lógicos con letras verdes y menos lógicos con letras rojas. Al finalizar el análisis en todas las dimensiones se identificará aquella con el menor número de supuestos y que también tenga los supuestos más lógicos. Para hacer este análisis utilizaremos las tablas IV.1, IV.2, IV.3 y IV.4 previamente mostradas.

Nuevamente se utilizará el código de colores, la tinta azul corresponde a información que conteste las preguntas realizadas, se identificarán con color verde los supuestos que sean probables y con color rojo los que tengan menor probabilidad de ser ciertos.

Evaluando las posibles causas en la dimensión ¿Qué?

Tenemos la tabla IV.1:

QUÉ	ES	NO ES
1. ¿Qué objeto?	El Grupo Magnético 326 del solenoide A	-El Grupo Magnético 325 del solenoide A -El Grupo Magnético del solenoide B
2. ¿Qué desviación?	Falta de inyección	-Sobre inyección -Porosidad.

Tabla IV.1 ES/NO ES en la dimensión ¿Qué?

Evaluamos si las posibles causas explican la información;

1. Existe interferencia entre las terminales y el molde porque el inserto superior no está haciendo el sello correctamente

No explica que sea solo el grupo magnético 326 y no el 325.

Para explicarlo se necesita hacer un supuesto: Solo lo explicaría si solo los moldes del grupo 326 tienen el inserto en una condición inadecuada y los del 325 no. Este supuesto es poco probable ya que los insertos del molde 325 son los mismos que los del 326 en cuanto a diseño se refiere.

Explica correctamente que sea falta de inyección y no otra falla ya que si el inserto estuviera causando interferencia no afectaría la sobre inyección ni la porosidad.

2. La Bobina tiene una condición que no permite que el plástico cubra la zona de las terminales, específicamente la parte trasera

No explica que sea solo el grupo magnético 326 y no el 325.

Para explicarlo se necesita hacer un supuesto: Solo lo explicaría si el proceso de fabricación de la bobina 326 es diferente al proceso de fabricación de la bobina 325. Supuesto lógico ya que las bobinas son diferentes en diseño, sin embargo debe confirmarse este hecho.

Explica correctamente que sea falta de inyección y no otra falla ya que la bobina tuviera una geometría diferente a la de diseño no afectaría la porosidad, ni la sobre inyección.

3. El núcleo magnético modifica el pre-ensamble y ocasiona la interferencia

Explica que sea solo el grupo magnético 326 y no el 325. Debido a que el núcleo es un componente únicamente usado para el grupo magnético 326.

Explica correctamente que sea falta de inyección y no otra falla ya que si el núcleo estuviera moviendo la posición de la bobina no afectaría la sobre inyección ni la porosidad.

Evaluando las posibles causas en la dimensión ¿Dónde?

Revisemos la tabla IV.2

DÓNDE	ES	NO ES
3. ¿Dónde geográficamente?	-En todas las celdas de manufactura del solenoide A. -En la planta de Toluca.	-En una celda de manufactura en específico. -En la planta europea que produce el mismo solenoide.
4. ¿Dónde en el objeto?	-En el área de las terminales. -En la parte trasera de esta área. -Solamente la sección inferior de la parte trasera presenta el problema.	-En el cinturón de plástico que rodea el núcleo magnético. -En la parte frontal del área de las terminales. - En todas las secciones de la parte trasera de las terminales.

Tabla IV.2 ES/NO ES en la dimensión ¿Dónde?

1. Existe interferencia entre las terminales y el molde porque el inserto superior no está haciendo el sello correctamente

No explica que la falla se presenta en todas las celdas de manufactura y no en una sola.

Para explicarlo se necesita hacer un supuesto: Que todos los insertos en condición inadecuada (ver 4.3.1.2.1) hubieran sido colocados al mismo tiempo. Se revisaron los registros de mantenimiento y se identificó que solo se han cambiado los insertos para un molde, para el resto se cambiaron otras piezas. Supuesto rechazado.

Explica que solo sea en la planta de Toluca y no en la planta europea ya que los insertos se fabricaron en México. Por lo tanto la planta Europea no experimentaría la falla.

Explica que solo sea en el área de las terminales ya que el inserto es lo que debería proteger dicha área, así que no afectaría otras áreas.

No explica que solo sea en la parte trasera y en la sección inferior de la parte trasera.

Para explicarlo se usaría un supuesto: Que el defecto que presente el inserto sea en dirección a la localización de la falla solamente. Supuesto probable

2. La Bobina tiene una condición que no permite que el plástico cubra la zona de las terminales, específicamente la parte trasera

Explica que el defecto se presente en todas las celdas de manufactura, ya que el material es el mismo para ellas. Por lo tanto no podría ser solo una celda.

Tomando en cuenta de que el 80% de la bobina es nacional y solo el 20% de proviene de Europa explicaría la diferencia en que la plana Europea no presenta el defecto.

Explica que la falla sea en el área de las terminales y no en el cinturón de inyección ya que el cinturón de inyección no está relacionado con la bobina y las terminales sí.

No explica que sea solo en la parte trasera inferior de las terminales.

Para explicarlo hay que hacer un supuesto que es que el defecto dentro de la bobina esté ubicado en la parte inferior de las terminales y en dirección de la parte trasera. Supuesto que hay que investigar por ahora no se puede decir si es probable o improbable.

3. El núcleo magnético modifica el pre-ensamble y ocasiona la interferencia

Explica que el defecto se presente en todas las celdas de manufactura, ya que el material es el mismo para ellas. Por lo tanto no podría ser solo una celda.

Tomando en cuenta de que el 80% del núcleo es nacional y solo el 20% de proviene de Europa explicaría la diferencia en que la plana Europea no presenta el defecto.

No explica que la falla sea en el área de las terminales y no en el cinturón de inyección, el cinturón de inyección cubre al núcleo magnético por lo cual si se estuviera desplazando y este a su vez desplazando las terminales, observaríamos alguna diferencia en el cinturón de inyección y no es así. Así mismo al no explicar cómo esta causa puede ocasionar el defecto en la zona de las terminales, no se puede explicar el hecho de que la falla sea en la parte trasera y baja de esta zona.

No hay supuesto lógico que se pueda hacer en este caso.

Evaluando las posibles causas en la dimensión ¿Cuándo?

Veamos la tabla IV.3:

CUÁNDO	ES	NO ES
5. ¿Cuándo por primera vez?	El 21 de Octubre del 2008	Antes de Octubre del 2008
6. ¿Cuándo desde entonces?	Esporádico en los últimos días de Octubre, a partir del 3 de Noviembre se observa un incremento considerable en la falla hasta llegar al 07 de noviembre donde las fallas se mantienen por encima de los 100 rechazos diarios.	Cada semana, esporádico después de Octubre
7. ¿Cuándo en el ciclo de vida?	En producción en serie (Oct. 2008)	En el arranque de producción (2005).

Tabla IV.3 ES/NO ES en la dimensión ¿Cuándo?

1. Existe interferencia entre las terminales y el molde porque el inserto superior no está haciendo el sello correctamente

No explica que la falla sea en Octubre y no antes. El cambio fue hecho en marzo del 2008, mucho tiempo antes de que la falla apareciera, además de que en el punto anterior (4.3.1.2.3) se identificó que el inserto solo se reemplazó en un molde. **Con la información mencionada no aplica hacer supuestos.**

No explica el comportamiento esporádico en la ocurrencia de la falla y no constante.

Para explicarlo se tendría que hacer el supuesto de que el inserto falla intermitentemente y en todas las líneas, **este supuesto es poco probable de que suceda.**

No explica que la falla apareciera hasta Octubre y no en inicio de producción. Cuando los insertos han sido sustituidos en repetidas ocasiones y nunca se observó el problema.

Se realiza el supuesto de que los insertos con falla fueron producidos en 2008. **Supuesto probable.**

2. La Bobina tiene una condición que no permite que el plástico cubra la zona de las terminales, específicamente la parte trasera

Explica que la falla haya aparecido en Octubre y no antes. Aunque no al 100% Para explicarlo al 100% se tiene que hacer el supuesto de que la bobina con defecto entró en estas fechas. Lo cual suena lógico ya que la bobina nacional fue introducida en Julio del 2008 pero no fue sino hasta septiembre del 2008 cuando se utilizó 80% de bobina nacional.

No explica el comportamiento esporádico en la ocurrencia de la falla y no constante.

Para explicarlo se necesita hacer un supuesto, que sea que no todo el material está mal, que algunos lotes llegan correctamente y otros no. **Esto es plausible y concuerda con los datos observados.**

Explica que la falla sea en producción en serie y no al inicio de producción, ya que al inicio de producción la bobina provenía del mismo proveedor europeo que usa la planta de alemana, la cual no presenta el problema.

3. El núcleo magnético modifica el pre-ensamble y ocasiona la interferencia

Explica que la falla haya aparecido en Octubre y no antes. Aunque no al 100% Para explicarlo al 100% se tiene que hacer el supuesto de que el núcleo haya sido cambiado en una fecha cercana a la falla y no es así, el núcleo magnético fue introducido en Enero del 2008. **Los datos no soportan este supuesto.**

No explica el comportamiento esporádico en la ocurrencia de la falla y no constante.

Para explicarlo se necesita hacer un supuesto, que sea que no todo el material está mal, que algunos lotes llegan correctamente y otros no. **Esto es plausible y concuerda con los datos observados.**

Explica que la falla sea en producción en serie y no al inicio de producción, ya que al inicio de producción el núcleo provenía del mismo proveedor europeo que usa la planta de alemana, la cual no presenta el problema.

Evaluando las posibles causas en la dimensión ¿Cuánto?

Veamos la tabla IV.4:

CUANTO	ES	NO ES
8. ¿Cuántos objetos?	Aproximadamente 300 piezas diarias por las 3 celdas de producción.	Mayor o menor a 300 piezas por día entre las 3 celdas de producción.
9. ¿Cuál es el tamaño?	La línea observada como falta de inyección mide desde 2 a 6 mm de longitud.	Mayor a 6 mm de longitud
10. ¿Cuántas desviaciones?	Cada pieza tiene dos líneas de falta de inyección, la derecha siempre es mayor que la izquierda.	-Una sola línea de falta de inyección. -Más de dos líneas de falta de inyección.
11. ¿Cuál es la tendencia?	Inestable desde 5 piezas hasta 290 piezas rechazadas por día por celda.	-Estable, una cantidad fija de piezas rechazadas al día por línea.

Tabla IV.4 ES/NO ES en la dimensión ¿Cuánto?

1. Existe interferencia entre las terminales y el molde porque el inserto superior no está haciendo el sello correctamente

No explica que la ocurrencia sea de aproximadamente 300 piezas diarias por las tres celdas de producción y no mayor o menor a esta cantidad.

Para explicar este hecho se tiene que hacer el supuesto de que la falla en el herramental es intermitente. **Idea no muy probable ya que el molde tiene tolerancias cerradas y no permite mucho juego en el ensamble del mismo.**

Podría explicar la magnitud de la falla en el objeto ya que muestra una tendencia sistemática y concuerda con una falla que puede producirse en una máquina. El mismo raciocinio aplica para el hecho de que siempre son dos defectos por pieza y no más ni menos. **Suposiciones aceptables.**

Nuevamente no explica el hecho de que no exista una tendencia en la ocurrencia de la falla en lugar de que exista una salvo que el defecto en el inserto produzca una falla intermitente. **Supuesto poco probable.**

2. La Bobina tiene una condición que no permite que el plástico cubra la zona de las terminales, específicamente la parte trasera

No explica que la ocurrencia sea de aproximadamente 300 piezas diarias por las tres celdas de producción y no mayor o menor a esta cantidad.

Para explicar este hecho se tiene que hacer el supuesto de que no todos los lotes de producción están mal, ya que de estarlo sería mucho más piezas rechazadas debido a que la producción es de 17213 piezas por día. **Lo cual es un supuesto razonable, además de que este supuesto ya se realizó en el punto anterior.**

Podría explicar la magnitud del defecto en el objeto si hacemos el supuesto de que las bobinas defectuosas tienen la característica mala en las mismas condiciones siempre. **Hecho que podría confirmarse si se estudia más a detalle la pieza.** De igual forma explicaría el hecho de que son dos desviaciones por pieza y no más ni menos.

Tomando en cuenta el supuesto de que no todos los lotes que llegan están mal podríamos explicar el hecho de que la tendencia es inestable y que hay días en los que el rechazo es menor.

3. El núcleo magnético modifica el pre-ensamble y ocasiona la interferencia

En este caso el mismo análisis que se hizo para la bobina aplica para el caso donde el núcleo magnético fuera la causa raíz debido a que también es un componente y el supuesto de que solo algunos lotes contienen el defecto es probable.

Enunciando la causa más probable

Ya se han evaluado las posibles causas contra el ES y NO ES de cada dimensión, se han elaborado supuestos y se han identificado cuáles de ellos son los probables y cuáles no tanto. La tabla IV. 5 muestra un comparativo de los supuestos en cada posible causa.

Posible Causa	Supuestos probables	Supuestos poco probables	Total Supuestos
1. “Existe interferencia entre las terminales y el molde porque el inserto superior no está haciendo el sello correctamente”	3	6	9
2. “La Bobina tiene una condición que no permite que el plástico cubra la zona de las terminales, específicamente la parte trasera”	4	0	4
3. “El núcleo magnético modifica el pre-ensamble y ocasiona la interferencia”	3	2	5

Tabla IV.5 Comparativo de supuestos para cada posible causa.

La causa no. 1 es la que menos soporta la información del ES y NO es para las cuatro dimensiones, en la cual se tuvieron que hacer nueve supuestos y más de la mitad de ellos son poco probables. Esta posible causa no será considerada para continuar la investigación. Se retomará si la confirmación de alguna de las otras posibles causas falla.

Respecto a las causas no. 2 y 3 tienen casi la misma cantidad de supuestos, siendo la causa no. 3 la que presenta más supuestos entre ellas, además de que dos de ellos son poco probables en comparación con los realizados bajo la causa probable no. 2. Por lo tanto se investigará más a fondo la posible causa no.2. **La Bobina tiene una condición que no permite que el plástico cubra la zona de las terminales, específicamente la parte trasera.**

4.3.1.1.5 Confirmar la Causa Verdadera.

Se ha seleccionado la causa más probable en base a la evidencia y a que presenta menos supuestos, ahora es momento de encontrar la causa verdadera mediante la investigación a fondo de esta causa más probable y la verificación de supuestos.

A continuación se enlistan los supuestos referentes a la bobina como causante del problema de falta de inyección:

1. El proceso de fabricación de la bobina 326 es diferente al proceso de fabricación de la bobina 325.
2. El defecto dentro de la bobina está ubicado en la parte inferior de las terminales y en dirección de la parte trasera.
3. No todo el material está mal, algunos lotes llegan correctamente y otros no.
4. Las bobinas defectuosas tienen la característica mala en las mismas condiciones siempre.

Se deben confirmar estos supuestos mediante la observación y experimentación.

El primer paso fue observar las bobinas e identificar que información podíamos obtener de ellas. Se encontró que las piezas antes de inyectarse nos proporcionan bastante información ya que viene marcada. La información es la siguiente:

1. **Fecha de producción.** Las bobinas tienen marcado el día, mes y año en que fueron producidas, sin embargo en una caja de 3000 piezas se encuentran tubos con 20 bobinas de diferentes fechas de producción.

-
-
2. **Turno.** La pieza viene marcada con el turno en el que fue producida al igual que la fecha existen piezas de diferentes turnos en un tubo y en una caja.
 3. **Línea:** Se tiene la identificación de la línea en la que fue producida.
 4. **Cavidad del molde del carrete:** Antes de pasar a ensamble de terminales y bobinado.
 5. Finalmente se confirmó que el proveedor tiene dos líneas exclusivas para la fabricación de la bobina 326 (numeradas como líneas 2 y 3) y dos líneas solo para la elaboración de la bobina 325 (numeradas como 1 y 4). Cada línea posee su propio molde de 8 cavidades y su bobinadora con 16 estaciones. Lo cual confirma el supuesto no.1.

La información anterior se resume en la figura IV.35

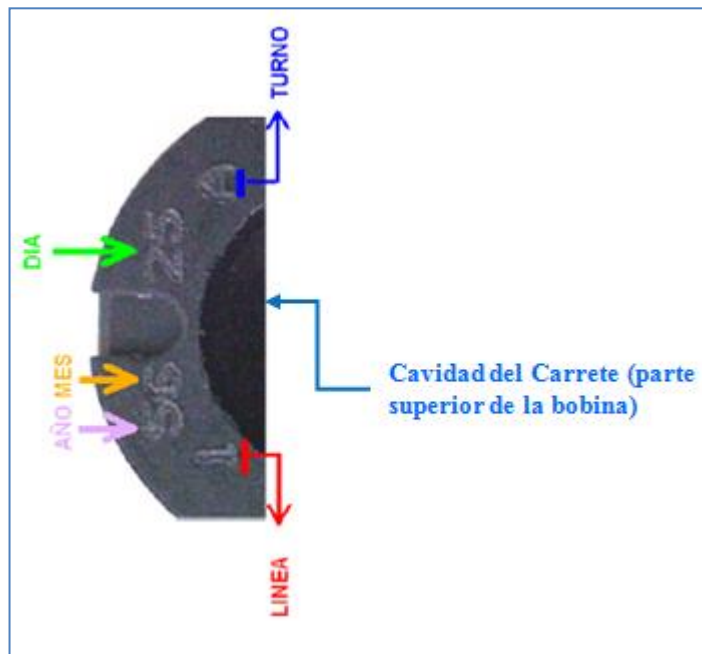


Figura IV.35. Información que contiene la bobina antes de inyectar.

Para confirmar el supuesto de que algunos lotes llegan ok y otros no, se realizó una prueba, la prueba se realizó de la siguiente manera:

1. Seleccionar las bobinas por fecha de manufactura del proveedor.

2. Tomar 300 bobinas de cada fecha y crear 100 grupos magnéticos en cada celda de manufactura. Identificar de que turno y línea de ensamble del proveedor provienen.
3. Registrar cantidad de rechazos.

Los resultados pueden observarse en la tabla IV.6.

Fecha de manufactura	Línea de producción	Turno	Cantiad de rechazos (después del		
			Celda 1	Celda 2	Celda 3
5-Nov-08	2	C	0	0	0
6-Nov-08	2	A	12	15	13
6-Nov-08	2	B	0	0	0
6-Nov-08	2	C	0	0	0
7-Nov-08	2	A	25	30	28
7-Nov-08	2	B	8	10	11
7-Nov-08	2	C	0	0	0
10-Nov-08	3	A	20	25	33
10-Nov-08	2	B	30	22	18
10-Nov-08	3	B	10	10	9
10-Nov-08	2	A	0	0	0
10-Nov-08	2	C	0	0	0
10-Nov-08	2	C	0	2	0
10-Nov-08	3	C	0	0	1
11-Nov-08	3	A	22	30	28
11-Nov-08	2	A	10	10	10
11-Nov-08	2	B	9	8	11
11-Nov-08	2	C	1	1	0
11-Nov-08	3	C	0	1	0
11-Nov-08	2	B	2	0	0
12-Nov-08	3	A	28	24	27
12-Nov-08	3	B	20	19	21
12-Nov-08	3	C	18	20	16
12-Nov-08	2	B	8	9	7
12-Nov-08	3	A	0	0	0
12-Nov-08	2	C	8	10	8
13-Nov-08	2	B	22	20	28
13-Nov-08	3	C	25	26	22
13-Nov-08	2	A	0	0	0
13-Nov-08	2	C	0	0	0
13-Nov-08	3	A	2	1	2
14-Nov-08	3	B	0	0	1
14-Nov-08	2	C	0	0	0
15-Nov-08	3	B	27	29	31
15-Nov-08	3	C	0	0	0
15-Nov-08	2	A	0	0	0
15-Nov-08	2	B	0	0	0

*Verde: Cantidad de rechazos menor a 5 Piezas.

*Amarillo: Cantidad de rechazos entre 6 y 15 piezas.

*Rojo: Cantidad de rechazos mayor a 16 piezas.

Tabla IV.6 Rechazos de piezas por falta de inyección en la parte trasera de las terminales por fecha de manufactura de la bobina.

Si consideramos el porcentaje de rechazo inicial del 1.75% (alrededor de 300 piezas por 17213 producidas) la prueba fue exitosa en decirnos algo. El problema vive en la bobina. La fecha de manufactura de la bobina no es un factor. Pero veamos el resultado existen días de fabricación de bobinas donde entre el 20 y el 30 por ciento de la población están mal. Con esta prueba sabemos que no puede ser la fecha, si no otro factor. Solo necesitamos investigar un poco más.

Es difícil concluir algo sobre los otros dos factores, el turno y la línea de producción de la bobina, aunque haciendo un análisis rápido no se observa un patrón sólido. Un factor no considerado en la prueba anterior fue el carrete de la bobina, el cual es creado en un molde de 8 cavidades para posteriormente ser enviado a ensamble de terminales y a bobinado.

Una segunda prueba fue realizada bajo las siguientes condiciones:

1. Seleccionar piezas por cavidad del carrete.
2. Tomar 3 piezas de cada cavidad, de cada línea y de cada turno (la fecha de manufactura ha sido descartada), esto es 18 piezas de cada cavidad, 9 de cada línea de ensamble y 6 de cada turno. Seguramente este tamaño de muestra causa algo de incertidumbre pero al estratificar las muestras la probabilidad de falla puede ser del 30% (principio de Pareto), entonces al ensamblar 18 piezas deberíamos de ver al menos 5 piezas rechazadas si es que existe algo entre las cavidades del molde de inyección del carrete.
3. Inyectar las piezas y monitorear el rechazo.
4. Nota al ser pocas piezas en la prueba, es más recomendable medir la longitud de la falta de inyección en vez de la cantidad de rechazos, es posible que algunas piezas estén aceptables pero que presenten un nivel menor de falta de inyección.

Para evaluar los resultados se utilizó la gráfica multi-variable ya que al ver el resultado gráficamente facilitará ver un contraste o patrón. La figura IV. 36 muestra el resultado de la prueba.

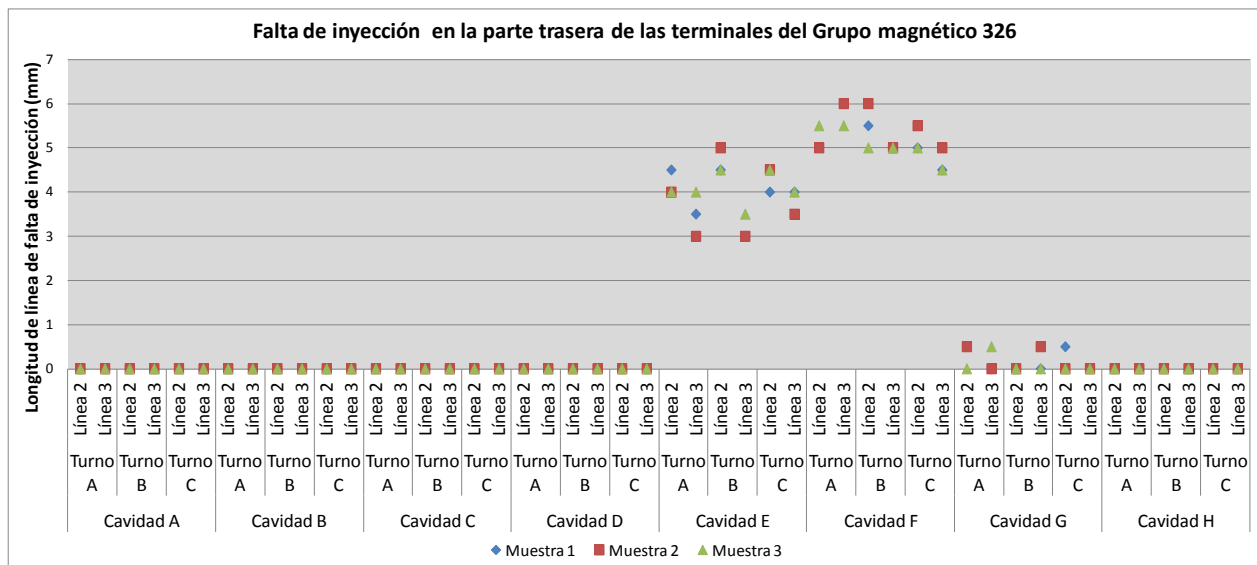


Figura IV.36. Resultados de prueba seleccionando la bobina por cavidad del carrete.

En esta ocasión se tiene un resultado concluyente, la falla vive en la cavidad del carrete de la bobina y es lo único que importa (confirmando el principio de Pareto del capítulo II, existen unos pocos vitales y muchos triviales). La falla vive específicamente en las cavidades E y F del carrete de la bobina 326, se observa que la cavidad G comienza a mostrar un cierto grado de desviación aunque por el momento no es un problema.

Ahora debemos encontrar cuál es el defecto que presenta el carrete, al ser una pieza inyectada hay más 23 características que se miden y controlan por lo cual es posible que nuestra causa raíz viva en una característica que está dentro de especificación, por lo cual comparar contra el dibujo no nos ayudará mucho pero en la multivari anterior se tiene la clave para salir de este dilema, se tienen seis cavidades que no causan ningún problema y dos que sí.

Entonces se comparan las características de las cavidades buenas contra las malas, utilizando el principio de Shainin de que la diferencia entre las piezas BoB contra las WoW radica en una o pocas características. La cuestión ahora es ¿qué medir? ¡La pieza cuenta con alrededor de 200 cotas!

Para resolver este problema se considera el pensamiento racional, se sabrá que la falla se presenta solo en el área de las terminales y en la parte trasera, así que las piezas están diciendo que entre el molde y la bobina no hay espacio para que pase el material, lo cual reduce las posibilidades significativamente, en el dibujo solo hay dos cotas que se relacionan directamente con las terminales y estas son la distancia que hay del centro del carrete a las ventanas donde se insertan las terminales y la otra es la posición real del centro de estas ventanas con respecto al centro del carrete, ya que la distancia puede ser correcta pero si los centros no están correctamente ubicados, entonces podríamos tener un problema. La figura IV.37 ilustra las dos características a ser medidas.

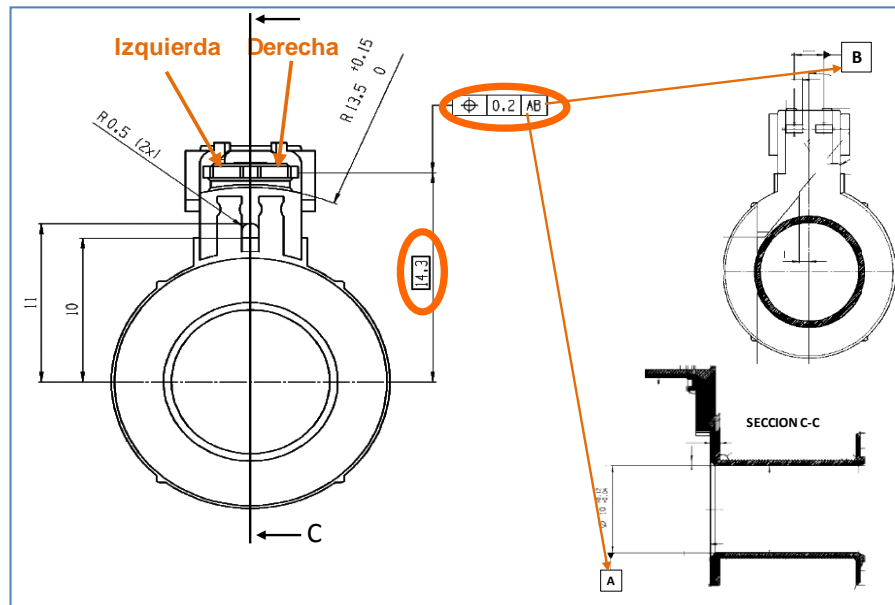


Figura IV.36. Características a ser evaluadas entre carretes Ok contra carretes No Ok

Para ver cuál de estas dos características tenía mayor influencia, se realizó el siguiente procedimiento:

1. Medir las características seleccionadas en 5 carretes de la cavidad A, la cual es una de las mejores cavidades con 0 rechazos y 5 carretes de cavidad F, la cual tuvo la magnitud de la línea de falta de inyección más grande y el 100% de piezas rechazadas.

Seguramente el tamaño de muestra parece poco significativo pero hay una explicación para esta cantidad y es que se están tratando de ver diferencias entre dos poblaciones que están muy distantes en relación a una variable, la cual es la falta de inyección. El poder de la estadística se basa en la capacidad de ver diferencias entre muestras, si mis muestras están muy cerca unas de otras entonces mi tamaño de muestra debe ser grande, al separar mis muestras dentro de la distribución, mi tamaño de muestra puede ser pequeño y aun así se será capaz de ver la diferencia. La figura IV.37 ilustra esta explicación.

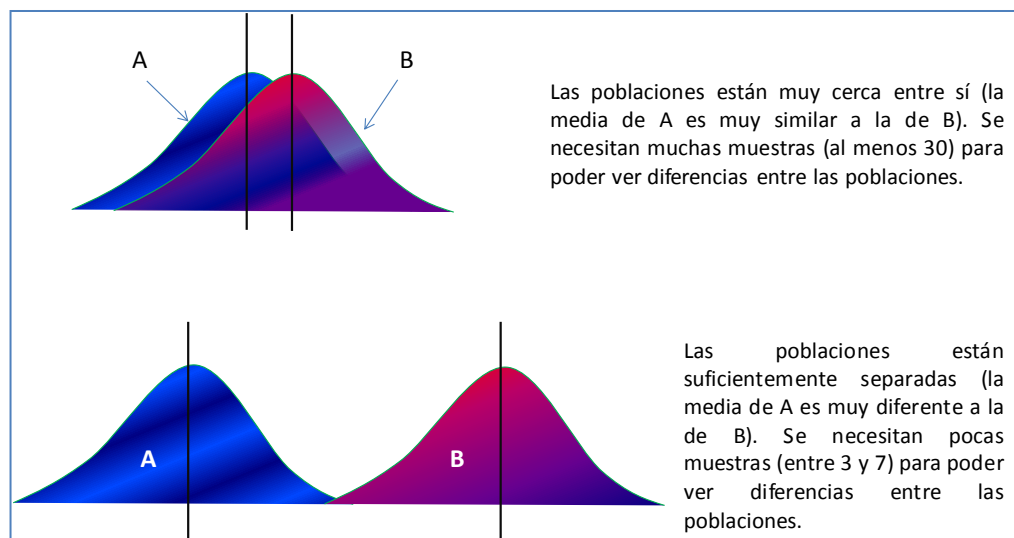


Figura IV.37. Eligiendo el tamaño de muestra.

2. Evaluar los resultados mediante el análisis gráfico de los datos. Nuevamente siguiendo el principio de los pocos vitales la característica o características con mayor contraste será(n) la que tenga más probabilidad de ser la causa verdadera.

Se realizaron tres gráficas, una de la posición de las ventanas donde se insertan las terminales con respecto al centro del carrete y respecto a la distancia se analizaron como dos características independientes una para la ventana donde se ensambla la terminal izquierda y otra para la ventana donde se inserta la terminal derecha. Las figuras IV.38 a IV.40 muestran los resultados.

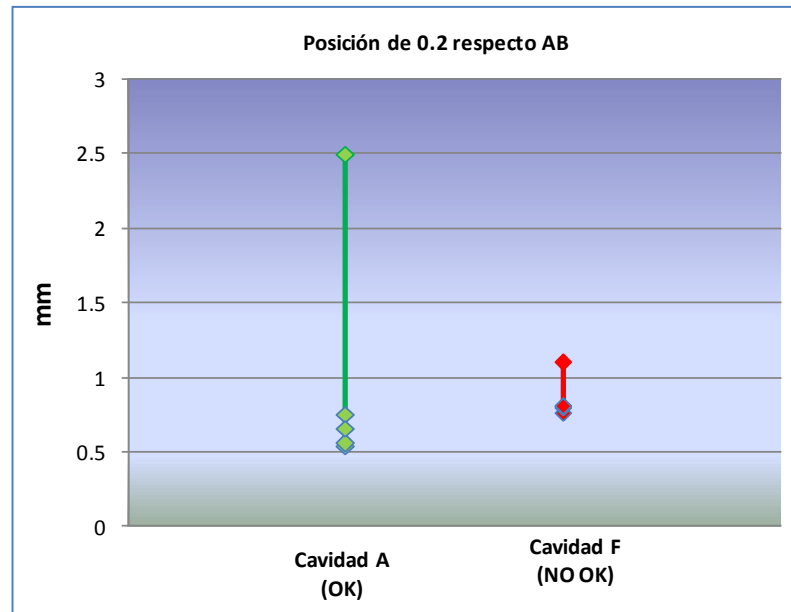


Figura IV.38. Posición de las ventanas de las terminales con respecto al centro del carrete.

Podemos concluir que la posición de las ventanas con respecto al centro del carrete no muestran una diferencia significativa de hecho una de las piezas de la cavidad A (OK) tiene un valor mucho mayor por arriba de la especificación de 0.2 mm indicada en el dibujo, a decir verdad todas las piezas están por arriba de este valor, así que esta dimensión puede ser descartada como posible causa verdadera.

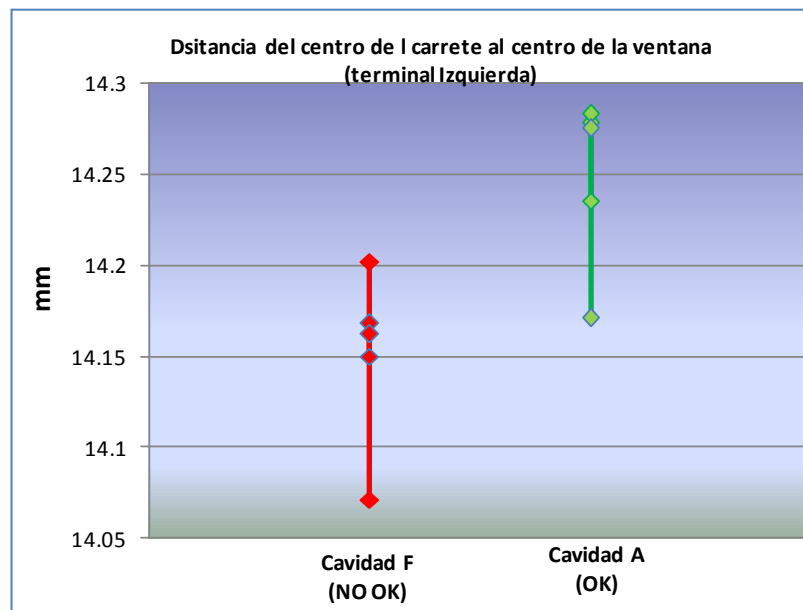


Figura IV.39. Distancia del centro del carrete al centro de la ventana de la terminal (Lado Izquierdo)

La distancia del centro del carrete al centro de las terminales para el lado Izquierdo muestra un contraste significativo entre los subgrupos. Solo hay dos valores que se traslapan, esta podría ser la causa que hemos estado buscando.

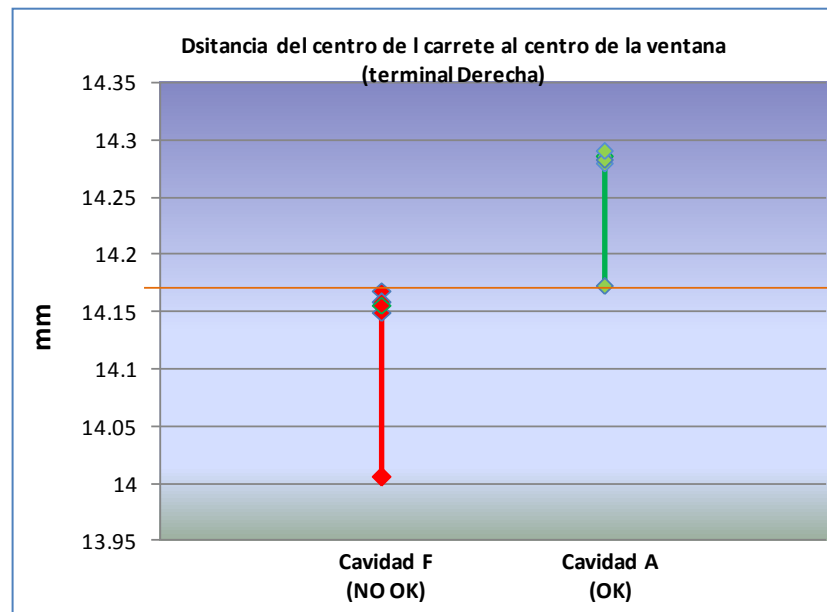


Figura IV.40. Distancia del centro del carrete al centro de la ventana de la terminal (Lado Derecho)

En el caso de la distancia del centro del carrete al centro de la ventana de la terminal derecha, se observa un contraste total entre las muestras, se observa que las dos poblaciones son diferentes por lo cual esta característica a ser la causa raíz.

Otro dato interesante es que si recordamos que la falla vive en la parte baja de las terminales, solo en la parte trasera y que la terminal derecha es la que muestra una línea de falta de inyección más grande que la izquierda, y lo comparamos con lo que estamos observando de las piezas medidas tiene mucha lógica, al estar más corta la dimensión, entonces causará interferencia entre las terminales y el inserto del molde y no permitirá que el plástico cubra esta área, sobre todo en el lado derecho. Lo cual comprobarían los supuestos no. 2 y no. 4 que estaban pendientes por confirmar.

Entonces nuestra causa verdadera puede quedar como sigue: **La causa de la falta de inyección en la parte trasera de las terminales se debe a que la distancia entre el centro del carrete de la bobina y las ventanas donde se insertan las terminales no es suficiente y está generando una interferencia al paso del plástico durante el proceso de inyección, sobre todo en la terminal derecha.**

Al estar a punto de terminar el análisis del problema, uno de los últimos pasos es la confirmación de la causa, aunque parezca muy lógica nuestra suposición solo será eso (una suposición) hasta que se tenga evidencia que lo soporta. Recuérdese que se debe de evitar el riesgo α (que se crea que se tiene la causa raíz y no sea así). Se aplicará la prueba de confirmación mejor contra actual.

La prueba se realizó como sigue:

1. Medir piezas de la cavidad A y F en la distancia del centro del carrete al centro de las ventanas donde se insertan las terminales.
2. Seleccionar las 3 piezas que tengan los valores más altos y las 3 piezas que tengan los valores más bajos en la característica previamente mencionada. Identificar perfectamente las piezas como B las que tengan los valores más altos y como M las que tengan los valores más bajos.
3. Inyectar las piezas y evaluar la calidad del moldeado, enfocarse en la parte trasera de las terminales.
4. Medir la línea de falta de inyección en la parte trasera de las terminales (lado derecho) y graficar los resultados.

Se realizó la prueba de acuerdo a los principios definidos el resultado de las mediciones se puede observar en la tabla IV.7, de las cuales se seleccionaron las 3 más altas y las 3 más bajas.

1	14.1789	26	14.2223	51	14.2304	76	14.2681
2	14.1833	27	14.2097	52	14.2294	77	14.2598
3	14.1801	28	14.2114	53	14.2386	78	14.2654
4	14.1809	29	14.2182	54	14.2346	79	14.2548
5	14.1894	30	14.2192	55	14.234	80	14.2569
6	14.2021	31	14.2244	56	14.2322	81	14.2718
7	14.1936	32	14.2137	57	14.2423	82	14.2549
8	14.1969	33	14.2337	58	14.2299	83	14.2682
9	14.1927	34	14.2269	59	14.2442	84	14.2668
10	14.1971	35	14.2152	60	14.2602	85	14.2599
11	14.1909	36	14.2172	61	14.2317	86	14.2787
12	14.1985	37	14.2288	62	14.2541	87	14.2714
13	14.2007	38	14.2172	63	14.2612	88	14.2831
14	14.1984	39	14.226	64	14.2393	89	14.28
15	14.218	40	14.2164	65	14.2477	90	14.2826
16	14.222	41	14.2368	66	14.2481	91	14.2871
17	14.2052	42	14.2344	67	14.2555	92	14.2811
18	14.2015	43	14.2244	68	14.2558	93	14.2836
19	14.2038	44	14.2254	69	14.2505	94	14.2789
20	14.2082	45	14.2273	70	14.2539	95	14.2843
21	14.2083	46	14.2263	71	14.2535	96	14.2879
22	14.2011	47	14.2225	72	14.2413	97	14.2776
23	14.2144	48	14.2287	73	14.2427	98	14.2825
24	14.2037	49	14.2214	74	14.2492	99	14.2949
25	14.2034	50	14.2271	75	14.2453	100	14.2431

Tabla IV.7. Mediciones de los carretes para realizar prueba de confirmación.

La prueba de confirmación mejor contra actual indica que las 3 piezas seleccionadas como malas deben ser peores que el peor valor del grupo de las piezas identificadas como buenas en referencia a la variable observada. En este caso se habla de la línea de falta de inyección en la parte trasera de las terminales.

La información de la prueba de confirmación es la siguiente:

Grupo Mejor: Carretes con distancia del centro del carrete al centro de las ventanas donde se insertan las terminales (lado derecho) entre 14.2871 y 14.2949.

Grupo Actual: Carretes con distancia del centro del carrete al centro de las ventanas donde se insertan las terminales (lado derecho) entre 14.1789 y 14.1809.

Nivel de Riesgo: 5% de riesgo de obtener un resultado exitoso por azar.

Respuesta: Magnitud de la línea de falta de inyección en la parte trasera de las terminales, enfocándose en el valor de la terminal derecha.

En la figura IV.41 se presenta el resultado de la prueba de confirmación.

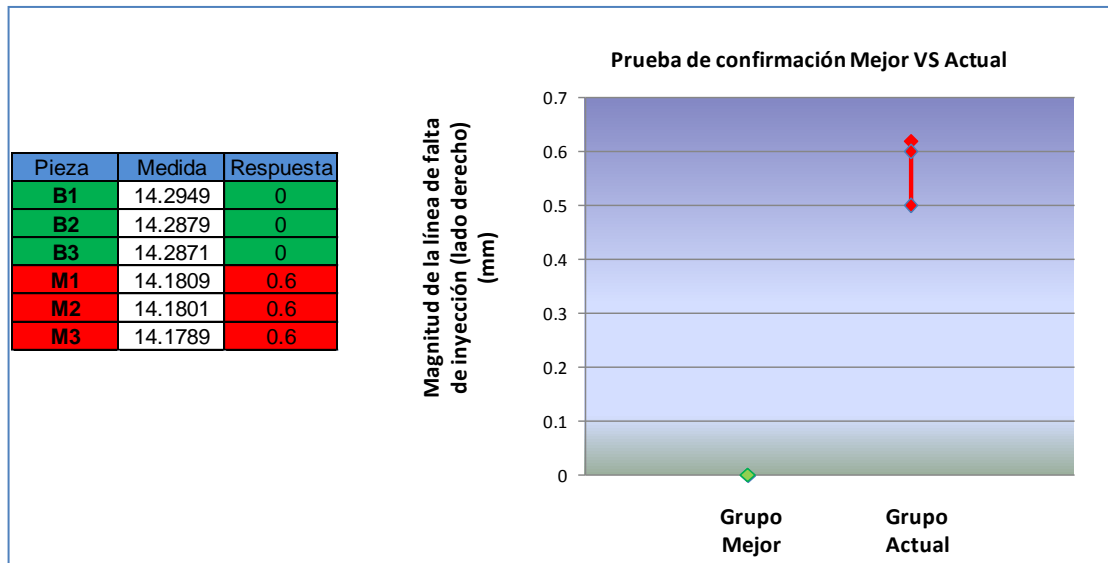


Figura IV.41. Prueba de confirmación mejor vs actual.

El resultado de la prueba fue satisfactorio mostrando una separación completa en la variable observada (la falta de inyección). La verdadera causa raíz es la distancia del centro del carrete a la ventana donde se inserta la terminal, específicamente la ventana derecha.

La solución para esta causa raíz fue la de solicitar al proveedor piezas con carretes que tuvieran una distancia del centro del carrete a las ventanas donde se insertan las terminales mayor a 14.28 para asegurar la correcta inyección de las piezas. Se actualizó la línea temporal (fig. IV.42) después de que el proveedor realizó la corrección en todas las cavidades que la requerían.

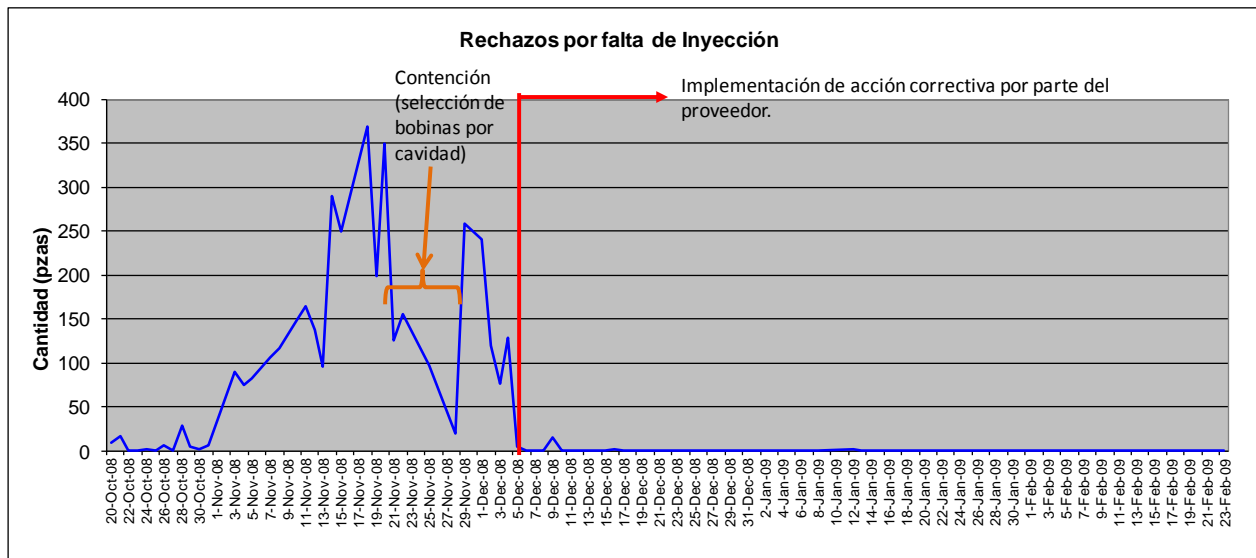


Figura IV.42. Serie temporal de la falla falta de inyección en la parte trasera de las terminales.

Se observa una mejora significativa en la ocurrencia de la falla. Una vez que el proveedor corrigió sus moldes la cantidad de rechazos bajó a cero. Confirmando que la acción correctiva ha sido eficiente.

4.3.1.1.6 Extender la causa.

Una vez que hemos confirmado y atacado la causa es momento de agregar el mayor valor posible a la investigación y esto es pensando más allá de la solución, esto lo logramos contestando las siguientes preguntas.

- ¿Qué otro daño podría ser creado por esta misma causa?

R= Se identificó que al eliminar la causa para la falta de inyección, se observó un comportamiento similar en otra falla que se tenía y que no se consideró al inicio del análisis que es la de las terminales dobladas y/o dañadas. La figura IV.43 muestra una imagen de una pieza con el defecto y la Figura. IV.44 muestra la serie temporal correspondiente al monitoreo de esta falla.



Figura IV.43. Ejemplo de falla Terminales dobladas en el grupo magnético 326.

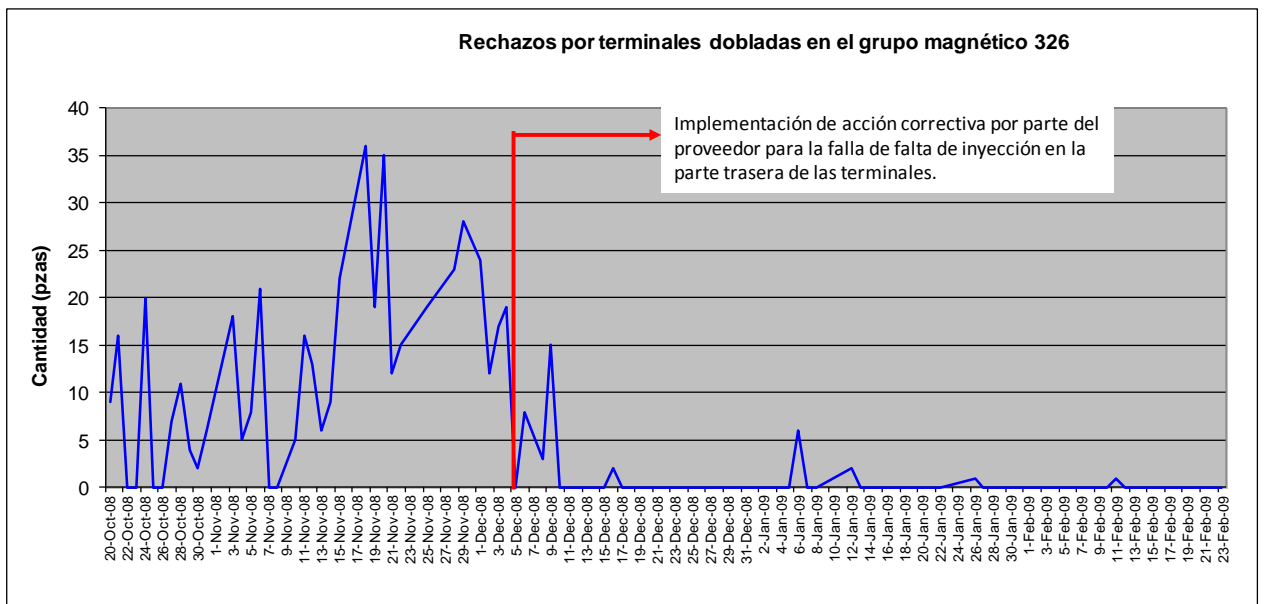


Figura IV.44. Serie temporal de la falla Terminales dobladas en el grupo magnético 326.

- ¿Donde más podría esta causa crear problemas?

R= Esta causa solamente puede ocasionar problemas en el grupo magnético 326 y en la planta de Toluca ya que es la única que usa el componente nacional. Y este número de parte solo se usa en el grupo 326.

- ¿Que causó la causa?

R= La causa fue ocasionada por falta de mantenimiento en un molde del proveedor, específicamente en las cavidades E y F.

- ¿Por qué no se detectó (sistema)? → asignar acciones

R= Al revisar más a detalle el dibujo, se identificó que la distancia del centro del carrete al centro de las ventanas donde se insertan las terminales debe ser de 14.3, lo cual indicaría que todas las partes están fuera de especificación, sin embargo esta cota no está tolerada, aparece solamente como una medida de referencia (fig. IV.45), por lo cual no se controlaba, para evitar que esto pasara, el dibujo se actualizó y se colocó como medida de control considerando los datos arrojados de este estudio (min. 14.28 y máx. 14.37).

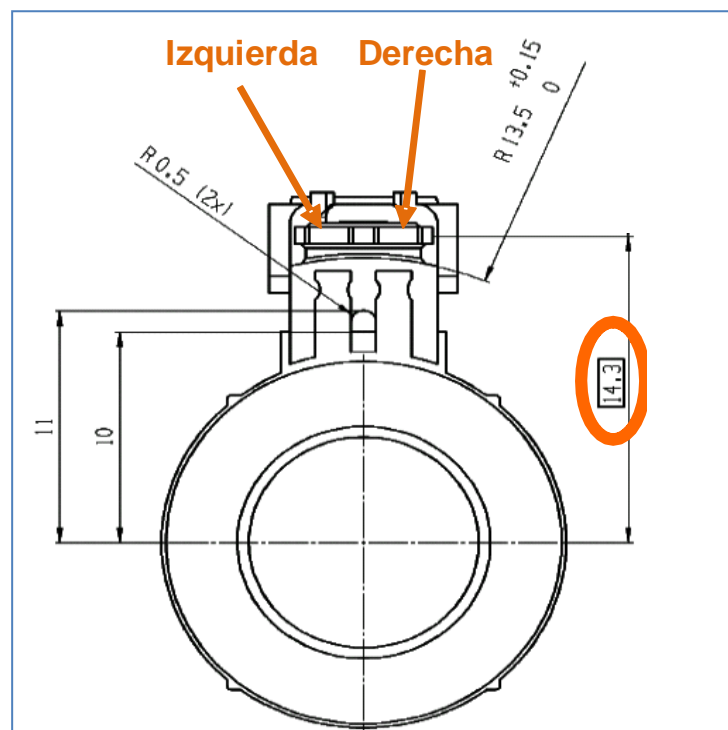


Figura IV.45. Identificación del estado actual de la causa raíz.

4.3.1.1.7 Extender la solución.

Finalmente debemos buscar alcanzar el mayor aprovechamiento del análisis y de la(s) acción(es) correctiva(s). Para esto se contestarán las siguientes preguntas:

- ¿Qué otras cosas idénticas necesitan la misma solución?

R= La respuesta a esta pregunta ya se tiene ya que al arreglar la distancia, también se eliminó la falla de terminales dobladas, se buscaron problemas similares, sin embargo no se identificaron mayores problemas con el grupo magnético 326 en los que podría aplicar la solución.

Esta lección aprendida se compartió con la planta matriz y se documento para que sea considerada en el diseño de nuevos productos.

- ¿Qué problemas podría ocasionar esta solución?

R= Se realizó un análisis de fallas potenciales, no se encontraron problemas potenciales ya que la dimensión modificada no era de control y lo que se hizo fue reducir la variación permitida de esta cota, lo cual reduce el riesgo en vez de incrementarlo.

Con este paso finaliza el primer ejemplo de aplicación del método de solución de problemas. Confirmando que cuando la causa de un problema es desconocida la mejor opción es aplicar un pensamiento crítico y sistemático que nos permita descartar objetivamente posibilidades hasta llegar a la causa verdadera.

4.3.2 Análisis y solución del Problema No. 2 Exceso de rechazo en prueba final del solenoide 325.

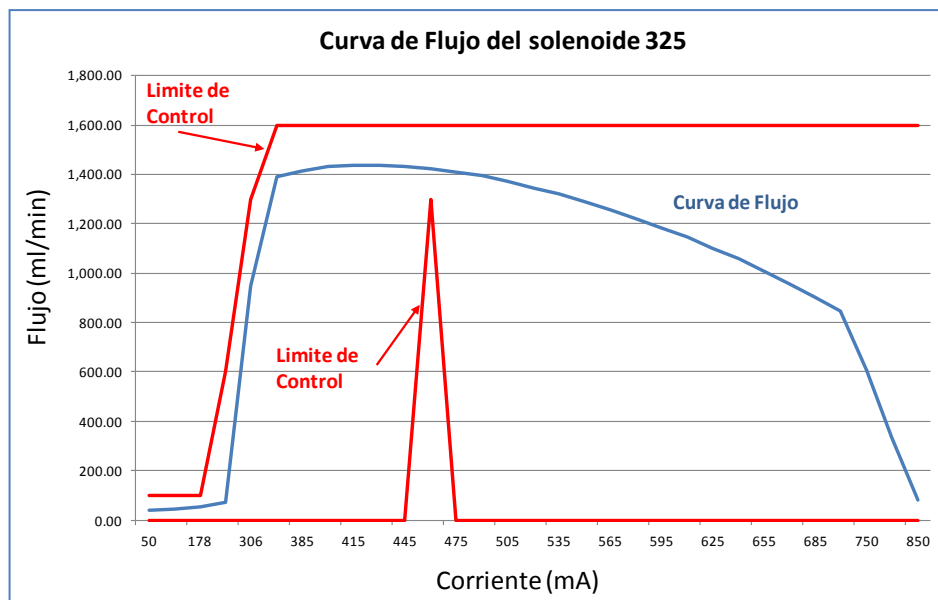
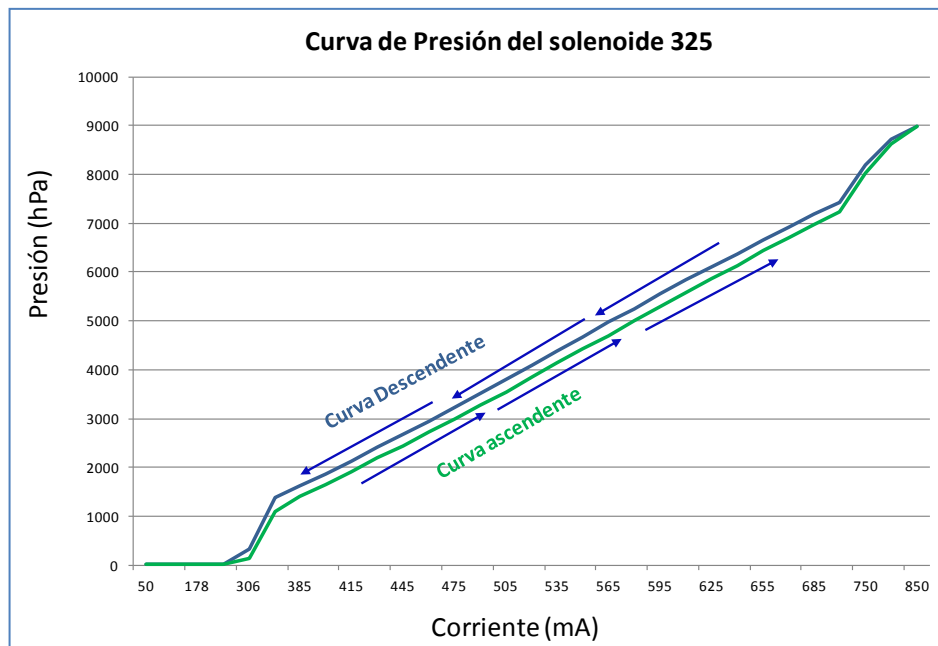
En Enero de 2011 se tuvo un incremento significativo en el rechazo del solenoide A-325 como producto terminado, esto es en el banco de prueba funcional de este producto. Se alcanzaron niveles de producción que limitaban la capacidad de producir debido a la relación costo-beneficio.

Información inicial del problema.

Al inicio del capítulo fue descrita la prueba funcional del solenoide A-325, que a grandes rasgos se resume en:

- a. Colocación en el nido de prueba.
- b. Se suministra aceite y aplicación de corriente en 16 puntos específicos.
- c. Monitoreo la presión y el flujo de trabajo en cada uno de los 16 puntos de corriente.
- d. Decremento de los puntos de corriente de 850 mA a 0 mA y se evalúan tanto la presión de trabajo como el flujo.
- e. Evaluación de los resultados y decisión pasa/no pasa.

Se hablará un poco más de la evaluación de resultados. El banco de prueba toma los datos de presión y flujo, obtenidos en el evento en que la corriente es aplicada, al cual se le llama curva ascendente y los compara contra los datos de presión y flujo generados cuando la corriente es retirada gradualmente, evento que se llamará curva descendente. Las figuras IV.46 y IV.47 muestran un ejemplo de las curvas de desempeño descritas.



Figuras IV.46-47. Curvas geradas durante a prova funcional solenoide A-325.

Estas curvas son la base para la evaluación. Con esta información el banco de pruebas evalúa diferentes características tanto de presión de trabajo como de flujo.

Algunos ejemplos de las características son:

1. **Hysteresis:** Se denomina histéresis a la diferencia que existe entre la presión obtenida en la curva ascendente y la presión generada en la curva descendente en cada punto de corriente.
2. **CC error count:** Esta característica se refiere al conteo de errores (la presión no se encuentra dentro de los límites permisibles en alguno o varios puntos de corriente) dentro de la curva de presión puede referirse a la curva ascendente o descendente.
3. **Flowrate error Count:** Esta característica se refiere al conteo de errores (el flujo no se encuentra dentro de los límites permisibles en alguno o varios puntos de corriente) dentro de la curva de flujo.
4. **3 static flowrate:** La curva de flujo es evaluada en 3 puntos de corriente fijos, en estos puntos el valor de flujo debe encontrarse dentro de unos límites más estrictos que en los puntos restantes de la curva.
5. **CC min/max, up/down slope 1/2/3:** Las curvas de presión tanto ascendente como descendente (min/max) son divididas en tres secciones (1/2/3) y se evalúa la pendiente de cada sección (slope), esta pendiente puede fallar tanto en límite superior como inferior (up/down).
6. **Test temperature:** La temperatura medida durante la prueba.

Entre otras.

Nota: Los nombres de la falla están escritos en inglés debido al programa del banco de pruebas.

La falla observada en este caso de estudio es la Histéresis. El nivel de rechazo fue identificado en 14% cuando el límite para poder producir sin interrupciones es de 2.5%. Al observar el nivel de rechazo de cada celda, se identificó que solo la celda de producción no 3 era la que presentaba este problema, la celda no. 2 era la mejor con un rechazo de 1.4% y la celda no. 1 tenía un rechazo del 2.0%

Esta falla ocasionaba costos de desperdicio excesivamente altos y también pérdidas considerables de OEE (indicador de capacidad de la celda para producir las piezas). De hecho debido al rechazo tan alto, no se permitía producir a la celda 3, si no para cubrir la cantidad mínima para no poner en riesgo la producción del cliente.

La falla de Histéresis es una falla conocida en el producto y es frecuente que se presente, existen diferentes causas para la misma falla, hasta este momento se conocen siete diferentes causas para el mismo problema. Las cuales se evaluaron antes de iniciar la investigación, ninguna de ellas dio resultado.

La falla de histéresis es común para el solenoide A tanto para el 325 como para el 326, el exceso de rechazo se observó solo en el solenoide A-325. Los solenoides A-326 y B no presentaron rechazo excesivo.

El incremento comenzó a observarse un lunes en la tercera semana de enero durante el primer turno, alrededor de las 9 a.m. Se observa un comportamiento estable en el rechazo. No se identificaron cambios recientes que pudieran dar una pista.

Se revisó este incidente con la planta matriz en Europa, la cual comentó que ellos no veían esta desviación en su proceso. La planta europea produce 2000 solenoides del tipo A al mes cambiando sus porcentajes entre 325 y 326. La planta alemana solo tiene una celda de producción para el solenoide A. las máquinas son muy similares a las que se encuentran en la planta de Toluca.

Se solicitó apoyo a los especialistas de la planta europea y a las áreas de desarrollo, después de seguir sus indicaciones, la falla seguía presentándose en los mismos niveles, no se observó una mejora en el nivel de desperdicio.

Después de una semana intentando sin éxito arreglar el problema con diferentes acciones y pruebas como: Medir componentes, comparar estaciones de ensamble de la celda que tenía el problema con respecto a las otras dos que no lo presentaban, averiguar con los proveedores de los materiales si no habían modificado algo en sus procesos, buscar una modificación mayor en las hojas de mantenimiento, probar materiales nuevos, etc.; se decidió comenzar una investigación formal liderada por el autor de este trabajo.

4.3.2.1 El análisis del problema.

La lluvia de ideas y la experiencia de los ingenieros relacionados con el producto no tuvieron un efecto satisfactorio en la reducción del desperdicio, por lo cual se propuso utilizar un método convergente de investigación que reduzca sistemáticamente la cantidad de posibles causas. Esto es aplicar el método de solución de problemas.

Para el análisis del problema se usará la misma estructura que se utilizó para la falla de la falta de inyección en la parte trasera de las terminales.

***Nota:** Al igual que en el primer ejemplo se usará el formato del método Kepner Tregoe para el reporte final de la investigación. Dicho reporte se encuentra en el anexo F.

****Nota 2:** Se utilizará el mismo código de colores usado en el primer ejemplo en cada etapa del análisis.

4.3.2.1.1 Enunciar el problema.

El primer paso en nuestro análisis es enunciar el problema. Utilizando las guías del capítulo 3; ¿Qué Objeto (o grupo de objetos) tiene la desviación?, ¿Qué desviación tiene?, ¿Qué se ve, escucha, siente, prueba y olfatea que dice que hay una desviación? Incluir el objeto y el defecto en el enunciado del problema. Utilizar unidades de medición o una descripción concreta de la desviación observada.

Contestamos las preguntas de la siguiente forma:

f. ¿Qué Objeto (o grupo de objetos) tiene la desviación?

R= El solenoide A- 325.

g. ¿Qué desviación tiene?

h.

R= Exceso de rechazo (14%) por falla de histéresis.

-
-
- i. ¿Qué se ve, escucha, siente, prueba y olfatea que dice que hay una desviación?

R= La falla es detectada en la prueba funcional en el banco de pruebas. El exceso de rechazo se presenta solo en la celda de producción C.

- j. Incluir el objeto y el defecto en el enunciado del problema.

R= El solenoide 325 presenta una falla funcional (histéresis) ocasionando alto rechazo.

- k. Utilizar unidades de medición o una descripción concreta de la desviación observada.

R= La histéresis es la diferencia de la presión de la curva ascendente y la presión de la curva descendente en un punto de corriente en específico medida en hecto-Pascales.

Con estas cinco respuestas, formamos el siguiente enunciado del problema, documentado en el reporte de proyecto (Fig.IV.48):

Enunciado del problema	<i>Se tiene alto rechazo (14%) del solenoide A-325 debido a la falla histéresis, la cual es detectada en el banco de pruebas durante la prueba funcional. El exceso de rechazo es observado solo en la celda C.</i>
------------------------	---

Figura IV.48. Enunciado del problema.

4.3.2.1.2 Describir/especificar el problema.

Recordando el capítulo III, en esta fase del análisis de problemas se establecerá una base de comparación mediante la identificación del ES/NO ES en las cuatro dimensiones ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuándo? y ¿Cuánto? La mejor forma de presentar este análisis es mediante tablas. En las tablas IV.1 a IV.4 se encuentra la información de esta segunda fase del análisis del problema junto con notas explicativas.

4.3.2.1.2.1 Identificando el ¿Qué?

Comenzamos por extender nuestra descripción inicial del problema. Nos hacemos las preguntas:

¿Qué objeto específico tiene la desviación?

R= El solenoide A-325.

¿Qué objeto(s) similar(es) podría(n) tener la desviación pero no la tiene(n)?

R= El solenoide A-326, todos los tipos del solenoide B.

Para contestar estas dos preguntas se realizó estadística básica analizando el nivel de rechazo de cada producto en la prueba funcional al final del proceso (fig.IV.49).

Todos los productos del solenoide B presentan un nivel satisfactorio de rechazo en el banco de pruebas, el solenoide A-326 también muestra un rechazo bajo, solo el solenoide A-325 parece ser afectado.

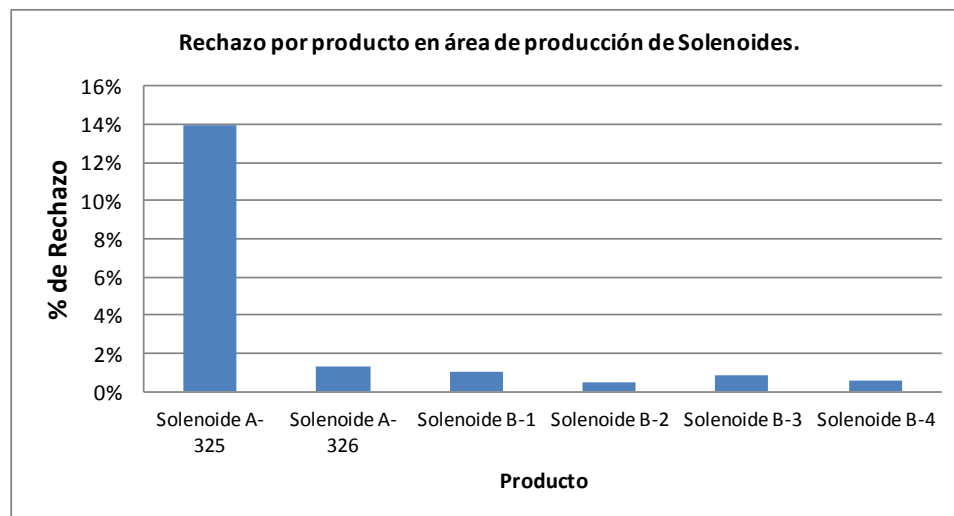


Figura IV.49. Piezas rechazadas por producto.

¿Qué (cuál) es la desviación específica?

R= Rechazo por falla funcional. La falla específica Histéresis.

¿Qué otras desviación(es) podría tener el objeto pero no la(s) tiene?

R= Rechazos en banco por otras fallas funcionales como: CC error count, 3 static flowrate, flowrate error count, temperatura, CC max down slope, CC min down slope, CC max up slope, CC min up slope, etc.

Se elaboró un diagrama de Pareto para identificar que falla era la de mayor ocurrencia con el solenoide A-325. El resultado del análisis arrojó que la falla principal era histéresis ocupando el 63% del total del rechazo en el banco de pruebas. La figura IV.50 ilustra lo anterior.

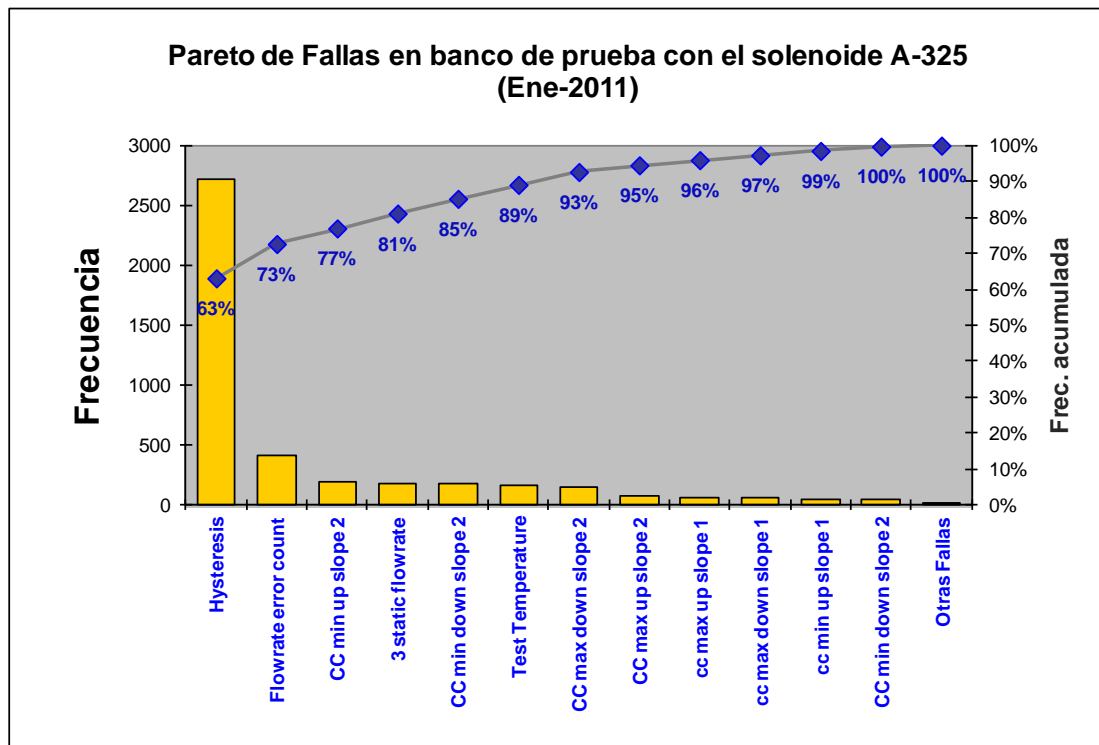


Figura IV.50. Pareto de fallas en banco de pruebas para el solenoide A-325.

4.3.2.1.2.2 Identificando el ¿Dónde?

Siguiendo la estructura del método Kepner Tregoe, se procede a la fase de identificación de contrastes en la dimensión del ¿Dónde? Se aplican las siguientes preguntas:

¿Dónde (geográficamente) se encuentra el objeto cuando la desviación es observada?

R= La falla es funcional y es detectada en el banco de pruebas al final de la línea. La falla solo ocurre en la celda de producción C. El exceso de rechazo se observa en la planta de Toluca.

¿Dónde más (geográficamente) se pudo haber encontrado el objeto cuando la desviación fue observada pero se encontró?

R= La falla con el solenoide A-326 podría ser detectada en alguna estación de ensamble. El exceso de rechazo podría presentarse en todas las celdas de manufactura pero no es así. La planta alemana no presenta este problema.

Se elaboró un diagrama de pastel con la información de la cantidad de rechazos en banco de prueba por celda para el solenoide A-326. La celda de manufactura C tiene 10 veces el rechazo de las otras dos celdas de manufactura (fig.IV.51).

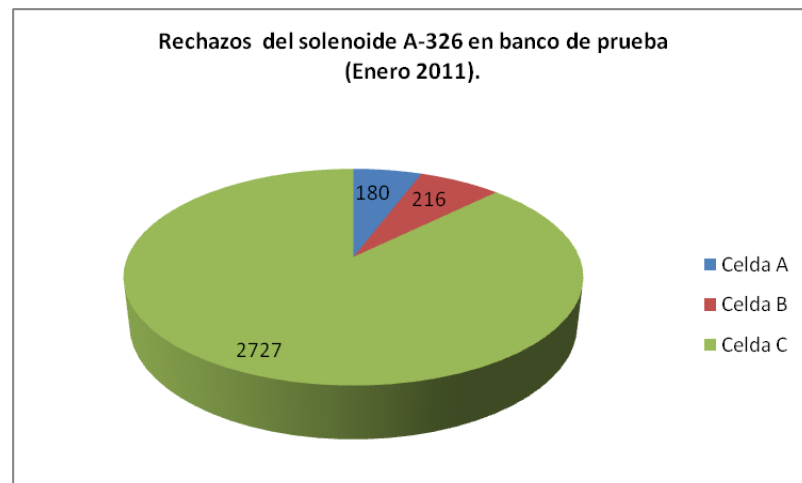


Figura IV.51. Piezas rechazadas por celda de manufactura.

Esta gráfica es contrastante. Es necesario preguntarse ¿por qué el rechazo en una celda es tan alto y en las otras dos parece ser el mismo? Este patrón indica que debemos enfocarnos en la celda C.

¿Dónde en el objeto se encuentra la desviación?

R= Al ser una falla funcional podemos decir que hay dos objetos ubicados con la falla, el solenoide A-326 y el banco de prueba de la Celda C. Ubicamos dos datos importantes, el primero es respecto al solenoide, al observar la curva de histéresis, la falla se genera en el punto donde se aplican los 306 mA (mili amperes). Observando la figura IV.52 tendremos una idea más clara del problema. También la figura IV.53 muestra una gráfica de desempeño de un solenoide sin problemas.

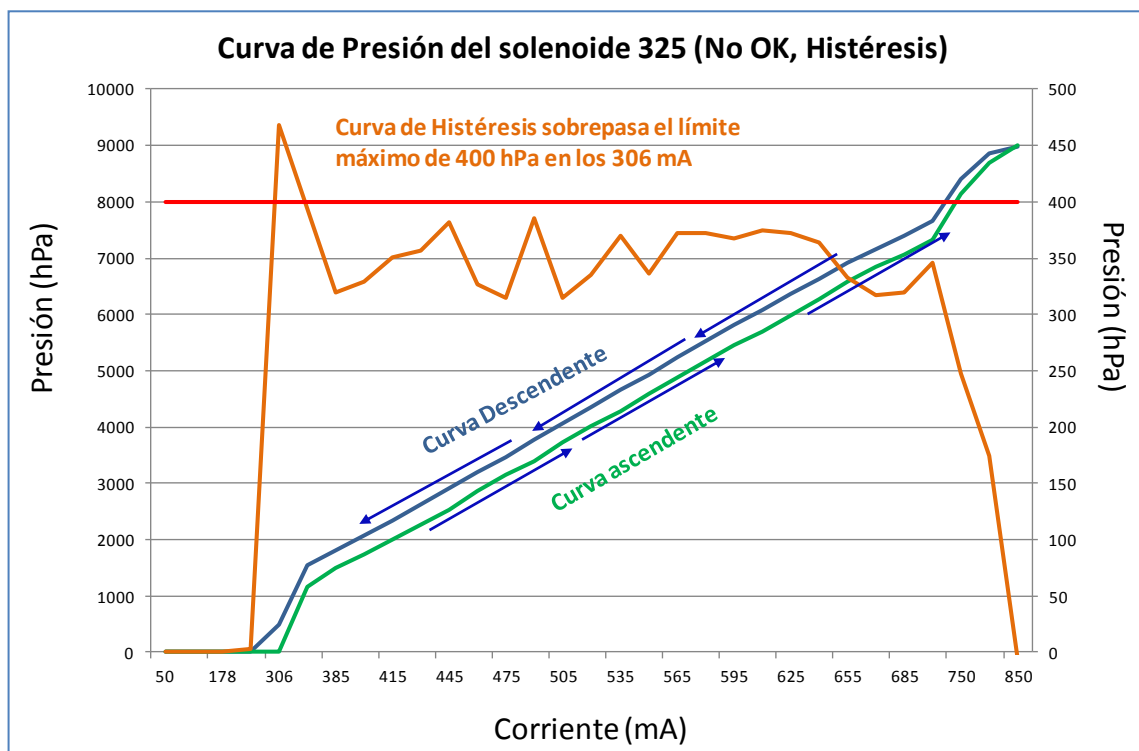


Figura IV.52. Gráfica de un solenoide con falla de histéresis.

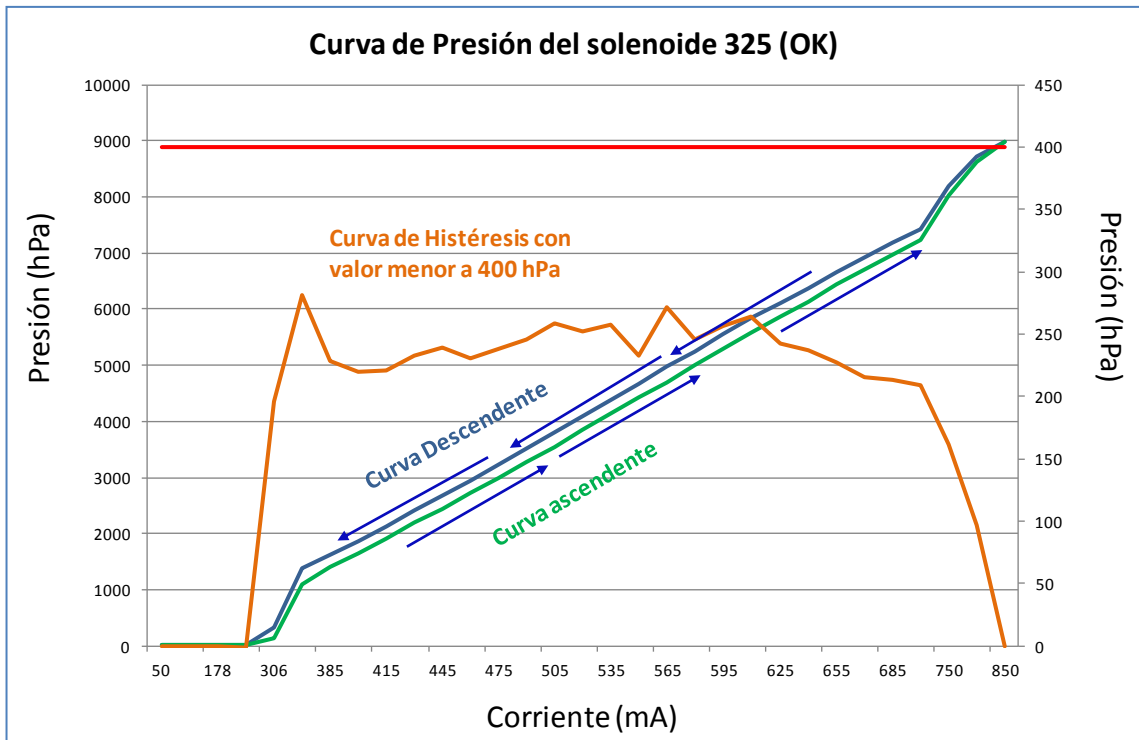


Figura IV.53. Gráfica de un solenoide con funcionamiento correcto (sin problemas de histéresis).

La segunda observación importante no es precisamente en el objeto, como se comentó en la descripción del problema, el banco de pruebas cuenta con 8 nidos para realizar esta tarea, se realizó un diagrama de concentración en búsqueda de un patrón y sorprendivamente se identificó que la mayoría de las fallas de histéresis provenían del nido 6. La figura IV.54 muestra esto.

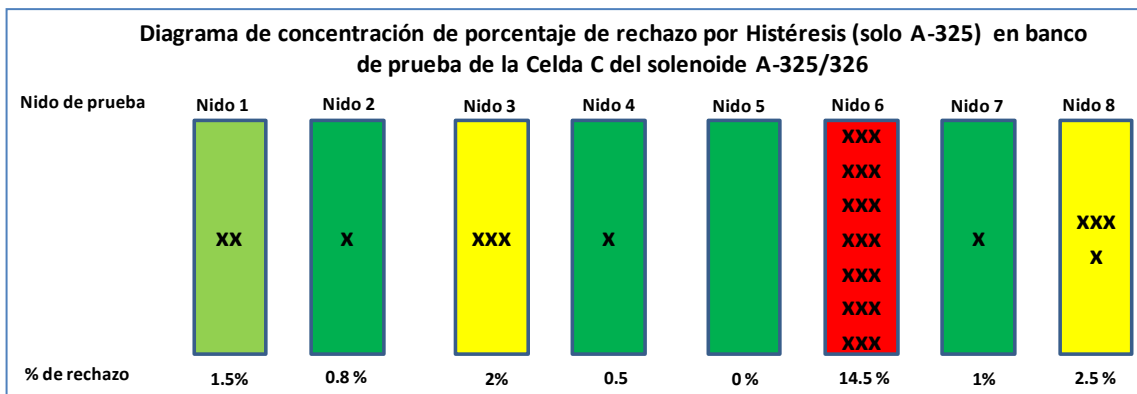


Figura IV.54. Diagrama de concentración de rechazo en banco de pruebas.

¿Dónde más en el objeto podría estar localizada la desviación pero no lo está?

R= La histéresis podría generarse en cualquier otro punto de corriente pero no es así. En cuanto al banco de pruebas el exceso de rechazo podría provenir de todos los nidos o de alguno diferente al nido 6.

Las figuras IV. 52 y IV. 54 previamente mostradas, respaldan los argumentos del no es para esta dimensión.

En esta dimensión hemos encontrado información concluyente que nos acercará a la causa raíz. La información arrojada por el diagrama de concentración es concluyente, el problema radica en el nido de prueba 6 además de que con esto descartamos que el problema se derive de algún componente o proceso de ensamble. El problema se genera en el nido de prueba 6. Las piezas malas no son tan inteligentes como para auto colocarse en el nido 6 siempre.

El equipo había estado buscando desviaciones en los componentes y en el proceso de ensamble pero en realidad la falla se genera en el banco de pruebas y al parecer los solenoides no tienen nada que ver con la falla.

Ahora se necesita encontrar qué problema tiene el nido de prueba no. 6 pero antes terminemos de aplicar el pensamiento crítico a través del cuestionamiento en todas las dimensiones, esto podría dar la información necesaria para encontrar la causa raíz verdadera.

4.3.2.1.2.3 Definiendo ¿Cuándo?

Ahora corresponde realizar la evaluación de la dimensión cuando:

¿Cuándo fue observada la desviación por primera vez (hora y fecha)?

R= En la tercera semana de Enero del 2011. Empezando el día 21.

¿Cuándo pudo haber sido observada la desviación por primera vez (hora y fecha) pero no lo fue?

R= Antes de Enero del 2011.

¿Cuándo desde entonces la desviación ha sido observada? ¿Hay algún patrón?

R= Continuo, los primeros días el porcentaje de rechazo estuvo en niveles entre 4 y 8% posteriormente se incrementó hasta alcanzar el 14% de rechazo, al llegar a este nivel, se mantuvo constante.

¿Cuándo desde entonces la desviación pudo haber sido observada pero no lo fue?

R= Cada semana, comportamiento esporádico.

Una de las herramientas más eficientes para identificar la información del ES y NO ES de esta dimensión es la serie temporal. Con ella se pudo identificar perfectamente el punto en el tiempo donde el exceso de rechazo comenzó a manifestarse (Fig. IV.55).

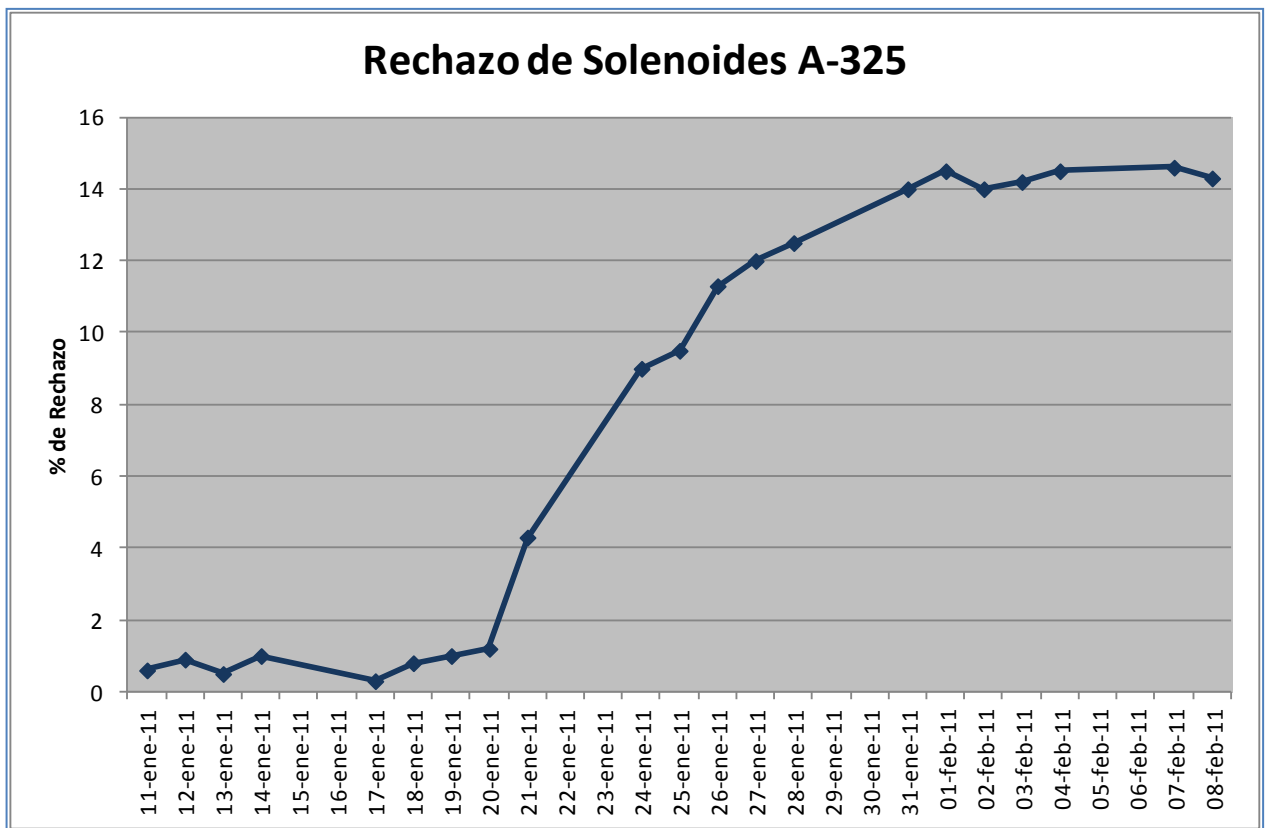


Figura IV.55. Serie temporal de porcentaje de rechazo del solenoide A-325.

Es evidente que algo sucedió en el proceso de producción del solenoide A-325, los niveles de rechazo estaban estables y repentinamente se incrementaron.

¿Cuándo en la historia o ciclo de vida del objeto fue observada la desviación por primera vez?

R= La histéresis ha existido desde el inicio de producción, sin embargo este nivel de rechazo no se presenta comúnmente.

¿Cuándo en la historia o ciclo de vida del objeto pudo haber sido observada la desviación por primera vez pero no lo fue?

R= La falla pudo haberse observado en algún punto específico del ciclo de vida del producto pero como se comentó en el ES esta falla es común. Lo único diferente en esta ocasión es la cantidad de piezas malas que se presentan.

4.3.2.1.2.4 Definiendo ¿Cuánto?

Finalmente delimitamos el problema en cantidad y extensión:

¿Cuántos objetos tienen la desviación?

R= El 14% de la producción total del solenoide A-325.

¿Cuántos objetos pudieron tener la desviación pero no la tienen?

R= El rechazo normal que es del 1% aproximadamente o mayor a 14%

¿Cuál es el tamaño de la desviación?

R= El valor de histéresis está por arriba del límite de 400 hPa. El rango de las piezas malas está entre 430 y 480 hPa.

¿Qué otro tamaño podría tener la desviación pero no lo tiene?

R= Menor al límite de 400 hPa. Que los valores de histéresis estuvieran por arriba de 480 hPa o por debajo de 430 hPa.

¿Cuántas desviaciones hay en cada objeto?

R= Cada solenoide que falla supera a los 400 hPa en un solo punto de corriente (306 mA).

¿Cuántas desviaciones podría tener el objeto pero no las tiene?

R= Que la histéresis superara el límite de los 400 hPa en más de un punto de corriente.

¿Cuál es la tendencia (¿...en el objeto?, ¿...en la ocurrencia de la desviación?, ¿...en el tamaño de la desviación?)

R= Estable la falla comenzó en 4% y fue incrementándose hasta llegar a 14% en este nivel de rechazo el problema se mantuvo estable.

¿Cuál podría ser la tendencia pero no es? (¿...en el objeto?, ¿...en la ocurrencia de la desviación?, ¿...en el tamaño de la desviación?)

R= Inestable, que la falla se estuviera incrementando y reduciendo aleatoriamente.

La información del cuanto fue obtenida de los análisis previos como la serie temporal y el diagrama de concentración, las gráficas de desempeño de los solenoides, registros de manufactura, etc.

4.3.2.1.3 Identificación de la posible causa raíz mediante los distinguos y cambios.

Como conclusión de la etapa de análisis del ES, NO ES, encontramos que la información más relevante es la de la ubicación de la falla, ¿Por qué observamos la falla solo en una celda de manufactura? ¿Por qué solo en el nido 6? Y ¿Por qué solo en el punto de corriente de los 306 mA?

Podríamos buscar las respuestas a estas preguntas con experiencia y teorías pero es mucho más fácil y probablemente más rápido si en lugar de preguntarnos por qué, nos preguntamos ¿Qué es diferente entre la ubicación donde encontramos la falla y la zona donde no la observamos? Es decir, identificar distinguos y cambios.

4.3.2.1.3.1 Distingos y cambios.

Se deben identificar las diferencias entre lo que ES y lo que NO ES, así como los cambios alrededor de estas diferencias en las cuatro dimensiones.

Para identificar las diferencias o distingos debemos preguntarnos **¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar que tenga el ES comparado con su NO ES?**

Para identificar los cambios alrededor de estos distingos preguntaremos **¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?**

Se analizarán los distingos seguido de la identificación de cambios (si es que existen) consecutivamente dentro de cada aspecto de cada dimensión.

¿Qué?

Tomamos la información recopilada en la evaluación del QUE. La tabla IV.8 resume dicha información:

QUÉ	ES	NO ES
1. ¿Qué objeto?	El solenoide A-325.	-El solenoide A-326 -Todos los tipos del solenoide B.
2. ¿Qué desviación?	Rechazo por falla funcional. La falla específica Histéresis.	-Rechazos en banco por otras fallas funcionales como: CC error count, 3 static flowrate, flowrate error count, temperatura, CC max down slope, CC min down slope, CC max up slope, CC min up slope, etc.

Tabla IV.8 ES/NO ES en la dimensión ¿Qué?

Analizando ¿Qué Objeto?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre el solenoide 325 y 326?

La estructura del grupo magnético, el inducido y el funcionamiento son las diferencias más importantes.

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre el solenoide 325 y el solenoide B?

El grupo magnético, el flange y el funcionamiento.

¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?

Las diferencias entre el solenoide 325 y 326 están dadas por diseño, por lo cual no aplica la comparación ya que un solenoide 325 no se puede comportar como un solenoide 326. Cabe mencionar que no ha habido un cambio de diseño.

La comparación con el solenoide B no es recomendable debido a que son diferentes en construcción, desempeño y diseño. Podríamos compararlos y seguramente encontraríamos muchas diferencias que posiblemente no podríamos reducir o eliminar.

Analizando ¿Qué Desviación?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre la falla Falta de inyección y las fallas Sobre inyección y Porosidad?

La falla de histéresis es el parámetro con el que se verifica la diferencia entre las presiones de apertura y cierre del solenoide. El resto de los modos de falla posibles consideran solo una curva o un valor.

¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?

Nada ha cambiado en torno a esta diferencia. Son diferentes modos de falla.

¿Dónde?

Revisaremos la información del ¿Dónde? Nos apoyaremos de la tabla IV.9, la cual contiene el resumen del ES y NO ES para esta dimensión:

DÓNDE	ES	NO ES
3. ¿Dónde geográficamente?	-Detectada en el banco de pruebas final. -La falla solo ocurre en la celda de producción C. -El exceso de rechazo se observa en la planta de Toluca.	-La falla con el solenoide A-326 podría ser detectada en alguna estación de ensamble. -El exceso de rechazo podría presentarse en todas las celdas de manufactura pero no es así. -La planta alemana no presenta este problema.
4. ¿Dónde en el objeto?	-En el punto donde se aplican los 306 mA. -En el nido 6 del banco de pruebas.	-En cualquier otro punto de corriente pero no es así. -El exceso de rechazo podría provenir de todos los nidos. -De algún diferente al nido 6.

Tabla IV.9 ES/NO ES en la dimensión ¿Dónde?

Iniciamos con distinguos y cambios del ¿Dónde geográficamente?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el hecho de que la falla sea detectada en el banco de pruebas al final de la línea y no en alguna estación de ensamble?

Al ser una falla funcional, el único lugar donde pudiera ser detectada es en el banco de pruebas.

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el hecho de que la falla solo ocurre en la celda de producción C y no en las demás celdas?

Se necesita más información, en lo que respecta a diseño del proceso las celdas A, B y C son celdas gemelas, entonces no debería haber ninguna diferencia entre ellas. Sin embargo el hecho de que la falla se presente solo en la C indica que hay algo diferente en ella.

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el hecho de que el exceso de rechazo se presente solo en la planta de Toluca y no en la planta alemana?

Los volúmenes de producción son diferentes, la planta de Toluca produce en una celda en un día lo que la planta alemana produce en un mes. Existen muchas diferencias en las máquinas de ensamble del solenoide, componentes operadores etc.

El banco de pruebas es el mismo en cuanto a diseño y construcción se refiere.

¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?

Respecto a los modos de falla nada ha cambiado la histéresis y los otros modos de falla siempre han tenido esta diferencia.

En cuanto a las líneas no se conoce la diferencia por lo que el cambio no se puede identificar, solo tenemos como referencia la fecha en la que los rechazos comenzaron a incrementarse.

Las diferencias entre la planta de Toluca y la planta alemana han existido desde siempre, no hay una pista en esta diferencia que nos acerque a la causa raíz.

Ahora identificando para ¿Dónde en el objeto?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar con el hecho de que el valor de histéresis alto se presente solo en los 306 mili amperes y no en ningún otro punto de corriente? ¿Qué hay con la peculiaridad de que solo se presenta exceso de rechazo en el nido de prueba no.6?

Se necesita más información, sin embargo este hecho es muy interesante ya que normalmente las fallas de histéresis se dan en diferentes puntos de corriente y en esta ocasión es solo en el punto de los 306 mA. Es necesario investigar a fondo esta diferencia.

Todos los nidos de prueba tienen el mismo tipo de elementos y diseño, si todos los rechazos provienen del nido 6 entonces debe haber algún problema con alguno de estos elementos.

¿Qué ha cambiado en, sobre, alrededor o acerca de cada distingo ¿Cuándo ocurrió el cambio?

Si bien no conocemos las diferencias entre el es y no es de la dimensión donde, podemos saber que algo cambió ya que el banco tiene 8 nidos y solo falla uno, el solenoide se prueba en 16 puntos de corriente y solo falla en uno.

El análisis de esta dimensión dice mucho y poco a la vez, el punto débil es que necesitamos más información para saber qué hay de diferente entre el nido que tiene la mayoría de los rechazos y los que no y entre el punto de corriente con el problema y los que no.

¿Cuándo?

Veamos la tabla IV.10:

CUÁNDO	ES	NO ES
5. ¿Cuándo por primera vez?	-En la tercera semana de Enero del 2011. -Empezando el día 21.	Antes de Enero del 2011
6. ¿Cuándo desde entonces?	Continuo, empezando por rechazos de 4 y 8% posteriormente se incrementó hasta alcanzar el 14% de rechazo, al llegar a este nivel, se mantuvo constante.	Cada semana, comportamiento esporádico.
7. ¿Cuándo en el ciclo de vida?	La histéresis ha existido desde el inicio de producción. Aunque no en estos niveles.	Después del inicio de producción. Niveles normales.

Tabla IV.10 ES/NO ES en la dimensión ¿Cuándo?

Comenzamos con distingos y cambios para ¿Cuándo por primera vez?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre la fecha en que ocurrió la falla por primera vez y antes de ese tiempo?

Se necesita más información muchos aspectos pueden ser diferentes entre el 21 de enero y antes de esa fecha. No se tiene ningún registro de algo que se pueda relacionar al problema.

Ahora ¿Cuándo desde entonces?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en la tendencia del rechazo y que no sea diferente?

Se necesita más información. Al momento no se tienen datos que den una respuesta objetiva al problema. Solo nos indica que hubo un problema con algo en enero y que esa condición fue empeorando hasta llegar a los niveles más altos de rechazo.

Por último en ¿Cuándo en el ciclo de vida?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar entre el inicio de producción y en el 2011?

No aplica es difícil saber que es diferente entre 2005 y 2011. Muchos aspectos pueden serlo.

¿Cuánto?

Finalmente se buscan distingos y cambios para la dimensión del cuanto. Iníciase por observar el resumen del ES/NO ES de esta dimensión en la tabla IV.11:

CUANTO	ES	NO ES
8. ¿Cuántos objetos?	El 14% de la producción total del solenoide A-326	1% aproximadamente o mayor a 14%
9. ¿Cuál es el tamaño?	-Arriba del límite de 400 hPa. -Valores de histéresis entre 430 y 480 hPa.	-Menor al límite de 400 hPa. -Valores de histéresis de 480 hPa o por debajo de 430
10. ¿Cuántas desviaciones?	Cada solenoide que falla supera a los 400 hPa en un solo punto de corriente (306 mA).	Que la histéresis superara el límite de los 400 hPa en más de un punto de corriente.
11. ¿Cuál es la tendencia?	Estable, la falla comenzó en 4% y fue incrementándose hasta llegar a 14%.	Inestable, que la falla se estuviera incrementando y reduciendo aleatoriamente.

Tabla IV.11 ES/NO ES en la dimensión ¿Cuánto?

Análisis de la pregunta ¿Cuántos objetos?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el hecho de que el rechazo sea de aproximadamente 14% y no un porcentaje diferente a este?

Se necesita más información para responder a esta pregunta, debemos de entender ¿por qué es esa cantidad y no otra? Esta cantidad de rechazos nos puede servir en el análisis si buscamos la forma de explotarlo.

Segunda pregunta ¿Cuál es el tamaño?

¿Qué es diferente, distintivo, especial, raro o peculiar en el hecho de que los valores de histéresis sean de 430 a 480 hPa y no diferentes?

No hay información que explique este distingo, sin embargo es un indicador de que la causa de este problema es la misma para todos los rechazos.

¿Cuántas desviaciones?

¿Qué es diferente, distintivo o peculiar entre que el valor alto de histéresis se dé solo en un punto de corriente y no en varios?

Al igual que en las preguntas previas, se necesita más información para explicar la información del es y no es. Sin embargo sabemos que el problema está limitado al punto de corriente de los 306 mA.

¿Cuál es la tendencia?

Iniciamos con identificar ¿qué es peculiar en el hecho de que el rechazo sea estable?

Se necesita más información. El porcentaje de rechazo indica que el problema está localizado a una causa específica.

No se identificaron cambios ya que, aunque se observa una tendencia en la ocurrencia no hay información que explique este comportamiento.

4.3.2.1.4 Enunciando la causa más probable.

Los hechos relevantes son:

1. El exceso de rechazo se presenta solo en la celda de manufactura C.
2. La falla es detectada en el banco de pruebas y es de histéresis. Específicamente en el punto de corriente de los 306 mA.
3. Todos los rechazos de esta falla provienen del nido de prueba no. 6.

Estos tres hechos indican que el problema vive en el banco de pruebas y en particular en el nido 6, las piezas malas no son tan inteligentes como para ubicarse en un solo nido, por lo que se puede descartar que la causa de la falla sea el solenoide.

Ahora el reto está en identificar ¿que está fallando en el banco de pruebas? Previamente explicamos la prueba funcional desde el punto de vista del solenoide, ahora que se sabe que el producto no es el del problema se describirá el proceso de prueba desde la perspectiva del banco:

1. El banco aplica fluido a una presión específica constante llamada presión de suministro. El suministro de fluido se da por una bomba hidráulica, existe una bomba por cada nido de prueba. El control de la presión del fluido está dado por una servo válvula. Al igual que en el suministro, cada nido de prueba tiene su propia servo válvula.
2. Durante la aplicación del fluido una fuente de poder aplica la corriente en 16 intervalos. Existe un equipo de aplicación de corriente por cada nido de prueba.
3. Durante el suministro del fluido y la corriente, el banco de prueba mide la presión de trabajo generada por el solenoide por medio de un sensor de presión calibrado. De igual forma que en los puntos anteriores, hay un sensor de presión por cada nido de prueba. Para el flujo existe otro sensor que mide el caudal del fluido que va hacia el retorno.

4. Finalmente una computadora central en el banco de pruebas analiza los datos tanto de presión como flujo para cada uno de los nidos y decide si la pieza es aprobada o rechazada.

En la figura IV.56 se encuentra un diagrama de los enunciados anteriores.

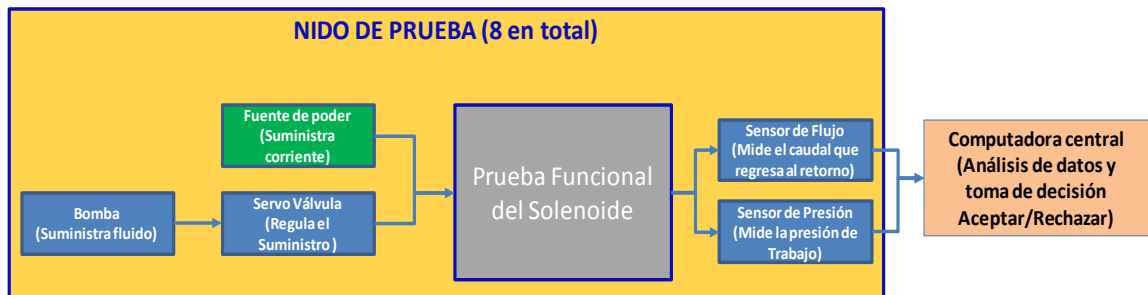


Figura IV.56. Elementos del banco de pruebas.

Ahora al reunir los hechos podemos enunciar tres posibles causas, todas enfocadas al banco de pruebas y lo que podría estar mal con el nido de prueba no. 6

1. El sensor de presión del nido de prueba 6 está dañado y no registra correctamente los valores, rechazando piezas buenas como malas.
2. La fuente de poder del nido de prueba no. 6 no suministra correctamente la corriente, ocasionando variaciones en la presión de trabajo del solenoide.
3. La servo válvula presenta una falla intermitente, suministrando la presión incorrecta e inestable, generando la histéresis alta.

El posible fallo de la bomba no se consideró debido a que aún cuando pudiera fallar, la servo válvula controlaría la presión y no habría problema con la prueba funcional. De igual forma se descartó automáticamente el sensor de flujo ya que la falla es de histéresis (diferencia de presiones) y este sensor no influye en la evaluación para la falla.

La computadora tampoco se consideró ya que la computadora analiza los datos emitidos por las mediciones de todos los nidos de prueba y de estar fallando tendríamos fallas en todas las estaciones de prueba.

4.3.2.1.4.1 Evaluar las posibles causas.

Nuevamente se utilizará la herramienta del análisis de problemas Kepner Tregoe, la evaluación de las posibles causas con respecto a la información documentada en las tanto para el ES como el NO ES en las cuatro dimensiones.

Igual que en el ejemplo anterior; en los casos donde no se explique dicha información, se realizarán supuestos que pudieran explicarla y se identificarán los supuestos más lógicos con letras verdes y los menos lógicos con letras rojas.

Al finalizar el análisis en las cuatro dimensiones se identificará aquella con el menor número de supuestos y que también tenga los supuestos más lógicos. Para hacer este análisis se utilizarán las tablas IV.8, IV.9, IV.10 y IV.11 previamente documentadas.

Evaluando las posibles causas en la dimensión ¿Qué?

Tenemos la tabla IV.8:

QUÉ	ES	NO ES
1. ¿Qué objeto?	El solenoide A-325.	-El solenoide A-326 -Todos los tipos del solenoide B.
2. ¿Qué desviación?	Rechazo por falla funcional. La falla específica Histéresis.	-Rechazos en banco por otras fallas funcionales como: CC error count, 3 static flowrate, flowrate error count, temperatura, CC max down slope, CC min down slope, CC max up slope, CC min up slope, etc.

Tabla IV.8 ES/NO ES en la dimensión ¿Qué?

Evaluamos si las posibles causas explican la información;

1. El sensor de presión del nido de prueba 6 está dañado y no registra correctamente los valores, rechazando piezas buenas como malas

No explica que sea solo el solenoide A-325 y no el A-326 debido a que ambos tipos se prueban en el mismo banco de pruebas. Para explicar la información se tendría que hacer el supuesto de que el A-325 se prueba en el nido 6 y el A-326 es evaluado en otro nido de prueba. **Supuesto válido y comprobado; los nidos 1, 2, 3 y 4 se utilizan para evaluar el funcionamiento del solenoide A-326 y los nidos de prueba 5, 6, 7 y 8 evalúan el tipo A-325.**

Explica que sea el solenoide A-325 y no el solenoide B ya que se prueban en diferentes bancos de prueba. No se requiere supuesto en este caso.

No explica que la falla sea solo de histéresis alta, si el sensor de presión estuviera dañado y no midiera bien, tendríamos rechazos por distintos modos de falla, no solo histéresis, existen al menos otros 3 modos de falla relacionados con la presión. CC error Count, CC max down slope, CC min down slope y no se presentan estos modos de falla. **No existe un supuesto lógico que pueda hacerse en este caso ya que el sensor no puede distinguir entre modos de falla, los modos de falla son determinados por la computadora central.**

2. La fuente de poder del nido de prueba no. 6 no suministra correctamente la corriente, ocasionando variaciones en la presión de trabajo del solenoide

No explica que sea solo el solenoide A-325 y no el A-326 debido a que ambos tipos se prueban en el mismo banco de pruebas. Para explicar la información se tendría que hacer el supuesto de que el A-325 se prueba en el nido 6 y el A-326 es evaluado en otro nido de prueba. **Supuesto válido y comprobado; los nidos 1, 2, 3 y 4 se utilizan para evaluar el funcionamiento del solenoide A-326 y los nidos de prueba 5, 6, 7 y 8 evalúan el tipo A-325.**

Explica que sea el solenoide A-325 y no el solenoide B ya que se prueban en diferentes bancos de prueba. No se requiere supuesto en este caso.

No explica que la falla sea solo de histéresis alta, si el sensor de presión estuviera dañado y no midiera bien, tendríamos rechazos por distintos modos de falla, no solo histéresis, existen al menos otros 3 modos de falla relacionados con la presión. CC error Count, CC max down slope, CC min down slope y no se presentan estos modos de falla.

Para explicarlo, se debe de hacer el supuesto de que la falla en la fuente de poder solo afecta a la histéresis. **Este supuesto es probable ya que el fallo es exactamente en un punto de corriente, sin embargo debe confirmarse.**

3. La servo válvula presenta una falla intermitente, suministrando la presión incorrecta e inestable, generando la histéresis alta

No explica que sea solo el solenoide A-325 y no el A-326 debido a que ambos tipos se prueban en el mismo banco de pruebas. Para explicar la información se tendría que hacer el supuesto de que el A-325 se prueba en el nido 6 y el A-326 es evaluado en otro nido de prueba. **Supuesto válido y comprobado; los nidos 1, 2, 3 y 4 se utilizan para evaluar el funcionamiento del solenoide A-326 y los nidos de prueba 5, 6, 7 y 8 evalúan el tipo A-325.**

Explica que sea el solenoide A-325 y no el solenoide B ya que se prueban en diferentes bancos de prueba. No se requiere supuesto en este caso.

No explica que la falla sea solo de histéresis alta, aplica el mismo raciocinio de que si el sensor de presión estuviera dañado si la servo válvula presentara falla, tendríamos rechazos por distintos modos de falla, no solo histéresis, existen al menos otros 3 modos de falla relacionados con la presión. CC error Count, CC max down slope, CC min down slope y no se presentan estos modos de falla.

Para explicarlo se tendría que hacer el supuesto de que la falla intermitente se da solo en una de las dos curvas, por lo cual los otros modos de falla no serían afectados. **Supuesto poco probable pero es válido hacerse y confirmarse.**

Evaluando las posibles causas en la dimensión ¿Dónde?

Observando la información de la tabla IV.9

DÓNDE	ES	NO ES
3. ¿Dónde geográficamente?	<ul style="list-style-type: none"> -Detectada en el banco de pruebas final. -La falla solo ocurre en la celda de producción C. -El exceso de rechazo se observa en la planta de Toluca. 	<ul style="list-style-type: none"> -La falla con el solenoide A-326 podría ser detectada en alguna estación de ensamble. -El exceso de rechazo podría presentarse en todas las celdas de manufactura pero no es así. -La planta alemana no presenta este problema.
4. ¿Dónde en el objeto?	<ul style="list-style-type: none"> -En el punto donde se aplican los 306 mA. -En el nido 6 del banco de pruebas. 	<ul style="list-style-type: none"> -En cualquier otro punto de corriente pero no es así. -El exceso de rechazo podría provenir de todos los nidos. -De algún diferente al nido 6.

Tabla IV.9 ES/NO ES en la dimensión ¿Dónde?

Evaluando las 3 posibles causas:

1. El sensor de presión del nido de prueba 6 está dañado y no registra correctamente los valores, rechazando piezas buenas como malas

Explica que la falla sea detectada en el banco de pruebas.

Explica que el exceso de rechazo se presente solo en la celda de manufactura C ya que cada celda tiene su propio banco de prueba funcional.

Explica que el problema se observe solo en la planta de Toluca y no en la planta europea.

No explica que la falla se presente solo en el punto de corriente de los 306 mA. Para explicarlo tendría que hacerse el supuesto de que la medición incorrecta se realiza sólo cuando la medición se realiza en este punto de corriente en específico. **Supuesto poco probable ya que una medición incorrecta tendría que darse en cualquier momento.**

Explica que la falla ocurra solo en el nido de prueba no. 6 ya que cada nido de prueba cuenta con un sensor de presión independiente. No es necesario hacer supuesto en este punto.

2. La fuente de poder del nido de prueba no. 6 no suministra correctamente la corriente, ocasionando variaciones en la presión de trabajo del solenoide

Explica que la falla sea detectada en el banco de pruebas.

Explica que el exceso de rechazo se presente solo en la celda de manufactura C ya que cada celda tiene su propio banco de prueba funcional.

Explica que el problema se observe solo en la planta de Toluca y no en la planta europea.

No explica que la falla se presente solo en el punto de corriente de los 306 mA. Para explicarlo tendría que hacerse el supuesto de que la aplicación errónea de la corriente sea cuando se suministran los 306 mA. **Supuesto probable ya que la falla está limitada a ese punto de corriente y lo único que suministra esta energía es la fuente de poder.**

Explica que la falla ocurra solo en el nido de prueba no. 6 ya que cada nido de prueba cuenta con una fuente de poder independiente.

3. La servo válvula presenta una falla intermitente, suministrando la presión incorrecta e inestable, generando la histéresis alta

Explica que la falla sea detectada en el banco de pruebas.

Explica que el exceso de rechazo se presente solo en la celda de manufactura C ya que cada celda tiene su propio banco de prueba funcional.

Explica que el problema se observe solo en la planta de Toluca y no en la planta europea.

No explica que la falla se presente solo en el punto de corriente de los 306 mA.

Para explicarlo tendría que hacerse el supuesto de que la servo válvula falla cuando se le aplican los 306 mA. **Supuesto poco probable ya que no hay relación entre este elemento y la aplicación de corriente.**

Explica que la falla ocurra solo en el nido de prueba no. 6 ya que cada nido de prueba cuenta con una servo válvula independiente.

Evaluando las posibles causas en la dimensión ¿Cuándo?

Recordemos la información de ésta dimensión con ayuda de la tabla IV.10:

CUÁNDO	ES	NO ES
5. ¿Cuándo por primera vez?	-En la tercera semana de Enero del 2011. -Empezando el día 21.	Antes de Enero del 2011
6. ¿Cuándo desde entonces?	Continuo, empezando por rechazos de 4 y 8% posteriormente se incrementó hasta alcanzar el 14% de rechazo, al llegar a este nivel, se mantuvo constante.	Cada semana, comportamiento esporádico.
7. ¿Cuándo en el ciclo de vida?	La histéresis ha existido desde el inicio de producción. Aunque no en estos niveles.	Después del inicio de producción. Niveles normales.

Tabla IV.10 ES/NO ES en la dimensión ¿Cuándo?

Ahora han de evaluarse las posibles causas contra esta información:

1. El sensor de presión del nido de prueba 6 está dañado y no registra correctamente los valores, rechazando piezas buenas como malas

No explica que la falla haya comenzado el 21 de enero del 2011. Para explicarlo se debe hacer el supuesto de que el daño en el sensor de presión ocurrió en esta fecha. **Supuesto válido que se debe confirmar.**

De confirmarse el supuesto anterior, explicaría que la falla sea constante ya que un elemento dañado no daría resultados inestables.

De igual forma los niveles de rechazo alcanzados ahora, podrían explicarse si se confirma que el sensor se dañó en estas fechas.

2. La fuente de poder del nido de prueba no. 6 no suministra correctamente la corriente, ocasionando variaciones en la presión de trabajo del solenoide

Para esta causa aplica el mismo raciocinio de la causa no.1 dónde el hecho fundamental es que la fuente de poder sufrió un daño en una fecha cercana al 21 de enero y no fue detectado.

3. La servo válvula presenta una falla intermitente, suministrando la presión incorrecta e inestable, generando la histéresis alta

Al igual que las dos posibles causas anteriores, un daño a la servo válvula de suministro en la fecha cercana al 21 de enero es probable y explicaría toda la información.

En esta dimensión el análisis no nos arrojó información relevante ya que todas las posibles causas tienen las mismas probabilidades.

Evaluando las posibles causas en la dimensión ¿Cuánto?

Analizaremos la última dimensión, el Cuánto. Veamos la tabla IV.11:

CUANTO	ES	NO ES
8. ¿Cuántos objetos?	El 14% de la producción total del solenoide A-326	1% aproximadamente o mayor a 14%
9. ¿Cuál es el tamaño?	-Arriba del límite de 400 hPa. -Valores de histéresis entre 430 y 480 hPa.	-Menor al límite de 400 hPa. -Valores de histéresis de 480 hPa o por debajo de 430
10. ¿Cuántas desviaciones?	Cada solenoide que falla supera a los 400 hPa en un solo punto de corriente (306 mA).	Que la histéresis superara el límite de los 400 hPa en más de un punto de corriente.
11. ¿Cuál es la tendencia?	Estable, la falla comenzó en 4% y fue incrementándose hasta llegar a 14%.	Inestable, que la falla se estuviera incrementando y reduciendo aleatoriamente.

Tabla IV.11 ES/NO ES en la dimensión ¿Cuánto?

Revisando la información con las posibles causas:

En esta última dimensión pasa el mismo caso que en la dimensión cuando, al hacer el análisis ninguna información puede ser explicada a menos que hagamos el supuesto de que el daño en el elemento en cuestión, llámese sensor de presión, fuente de poder o servo válvula no es al 100% y que solo el 14% de las pruebas falla, falla una sola vez (al aplicar los 306 mA) y que por la naturaleza de la falla el error es constante. **Supuestos válidos para las 3 causas raíces.**

Nota: Una cosa que podemos observar del análisis de las posibles causas contra la información del ES/NO ES de cada dimensión es que a medida que la información que tengamos para explicar el ¿Por qué? del es y no es, la cantidad de supuestos será menor y nos ayudará a acercarnos a la verdadera causa. Cuando se necesita mucha información en una dimensión, ésta no ayudará a descartar posibles causas.

4.3.2.1.4.2 Enunciando la causa más probable

De igual forma que en el primer ejemplo del análisis de falla, compararemos los supuestos elaborados para cada posible causa en cada una de las cuatro dimensiones. La tabla IV. 12 muestra un comparativo de ésta información:

Posible Causa	Supuestos probables	Supuestos poco probables	Total Supuestos
1. “El sensor de presión del nido de prueba 6 está dañado y no registra correctamente los valores, rechazando piezas buenas como malas.”	3	2	5
2. “La fuente de poder del nido de prueba no. 6 no suministra correctamente la corriente, ocasionando variaciones en la presión de trabajo del solenoide.”	5	0	5
3. “La servo válvula presenta una falla intermitente, suministrando la presión incorrecta e inestable, generando la histéresis alta.”	3	2	5

Tabla IV.12 Comparativo de supuestos para cada posible causa.

En esta ocasión la cantidad de supuestos no ayuda a descartar posibles causas (como en el ejercicio anterior). Sin embargo la fiabilidad de estos supuestos sí dice algo hay dos posibles causas en los que dos de los cinco supuestos son menos probables, con esto queda una causa más probable, la posible causa no. 2 **La fuente de poder del nido de prueba no. 6 no suministra correctamente la corriente, ocasionando variaciones en la presión de trabajo del solenoide.**

4.3.2.1.5 Confirmar la causa verdadera.

Si se utiliza la experiencia y el pensamiento lógico la posible causa no. 2 es la más razonable debido a que el problema se localiza en un punto de corriente en específico y la falla proviene del banco de pruebas. Pero, dejemos que los hechos nos den la razón.

A continuación se enlistan los supuestos referentes a un daño en la fuente de poder como causante del problema de histéresis alta:

1. El solenoide A-325 se prueba en el nido 6 y el A-326 es evaluado en otro nido de prueba. Supuesto válido y comprobado; los nidos 1, 2, 3 y

- 4 se utilizan para evaluar el funcionamiento del solenoide A-326 y los nidos de prueba 5, 6, 7 y 8 evalúan el tipo A-325.
2. La falla en la fuente de poder solo afecta a la histéresis.
3. La aplicación errónea de la corriente sea cuando se suministran los 306 mA.
4. La fuente de poder sufrió un daño en una fecha cercana al 21 de enero y no fue detectado.
5. La falla en la fuente de poder no es al 100% Solo el 14% de las pruebas fallan, falla una sola vez (al aplicar los 306 mA) y que por la naturaleza de la falla el error es constante.

El primer supuesto fue confirmado inmediatamente al revisar la cantidad de piezas probadas por tipo de solenoide durante una hora de producción. Donde se encontró que existe una asignación de nidos para los dos tipos del solenoide A.

Como se comentó previamente los nidos 1, 2, 3 y 4 son utilizados para probar los solenoides A de tipo 326, mientras que los nidos 5, 6, 7 y 8 evalúan solenoides tipo 325. La figura IV.57 es una gráfica con los resultados de esta observación.

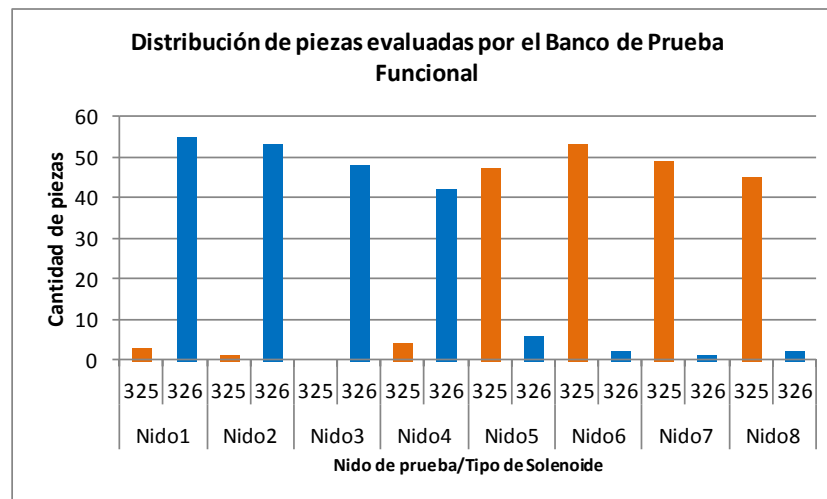


Fig. IV.57 Distribución de tipos de solenoide A en Banco de Prueba.

Esto se debe a que los dos tipos se producen simultáneamente y por cuestiones de tiempos y movimientos se le da prioridad de prueba al solenoide 325 enviándolo a los últimos nidos para que se siga el FIFO (First In, First Out).

El banco tiene la capacidad de probar ocho piezas simultáneamente, una en cada nido de prueba. El Robot toma primero las 4 piezas del tipo 325, al ser éstas las más cercanas a él, gira y las coloca en los nidos 8, 7, 6 y 5. Posteriormente coloca los solenoides 326 en los nidos 4, 3, 2, y 1. Al terminar la prueba realiza la descarga en el mismo orden en el que la inició y se repite el proceso. La figura IV.58 muestra un esquema de la organización de los nidos para entender mejor este enunciado.

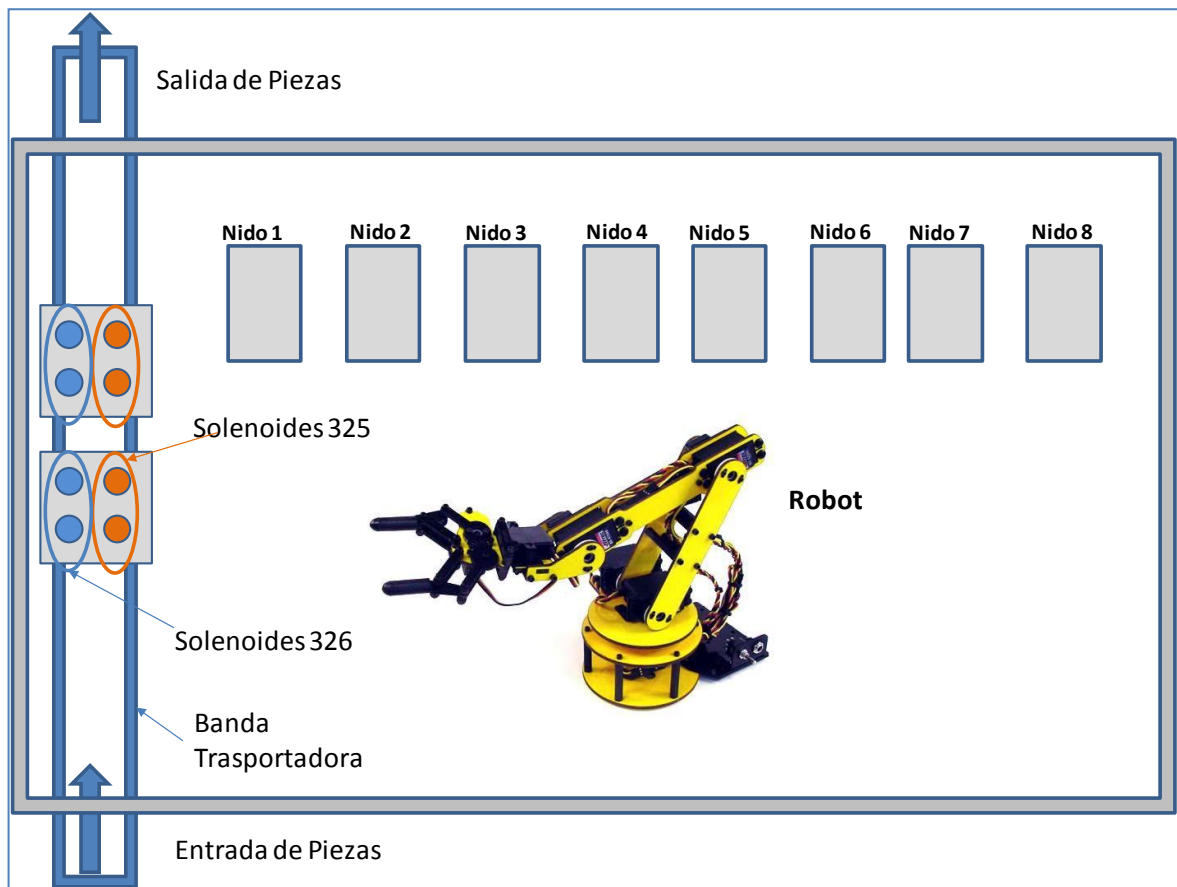


Fig. IV.58 Sistema FIFO en prueba funcional.

Con esta información se confirma el supuesto de que la falla vive en el nido 6 pero solo afecta al solenoide A-325 ya que solo éste tipo es probado en dicho nido.

Los siguientes supuestos se refieren al fallo en la fuente de poder, para lo cual el primer paso fue verificar que realmente la fuente tuviera un funcionamiento erróneo.

Para esto se verificó la corriente suministrada por la fuente de poder del nido 6. Usando un osciloscopio, se tomaron mediciones de la aplicación de corriente en los 16 puntos en los que se realiza la prueba funcional, se tomaron diez lecturas de cada punto. Se realizó el mismo procedimiento con el nido 5 ya que es un nido contrastante al no tener rechazos de acuerdo al diagrama de concentración (ver Fig. IV. 54), además de que se encuentra a un lado del nido 6 y que ambos nidos prueban el mismo tipo de solenoide, así que de observar una diferencia, sería un buen indicio de que hay un acercamiento a la causa raíz del problema. Los resultados de esta comparación se muestran en la Fig. IV.59.

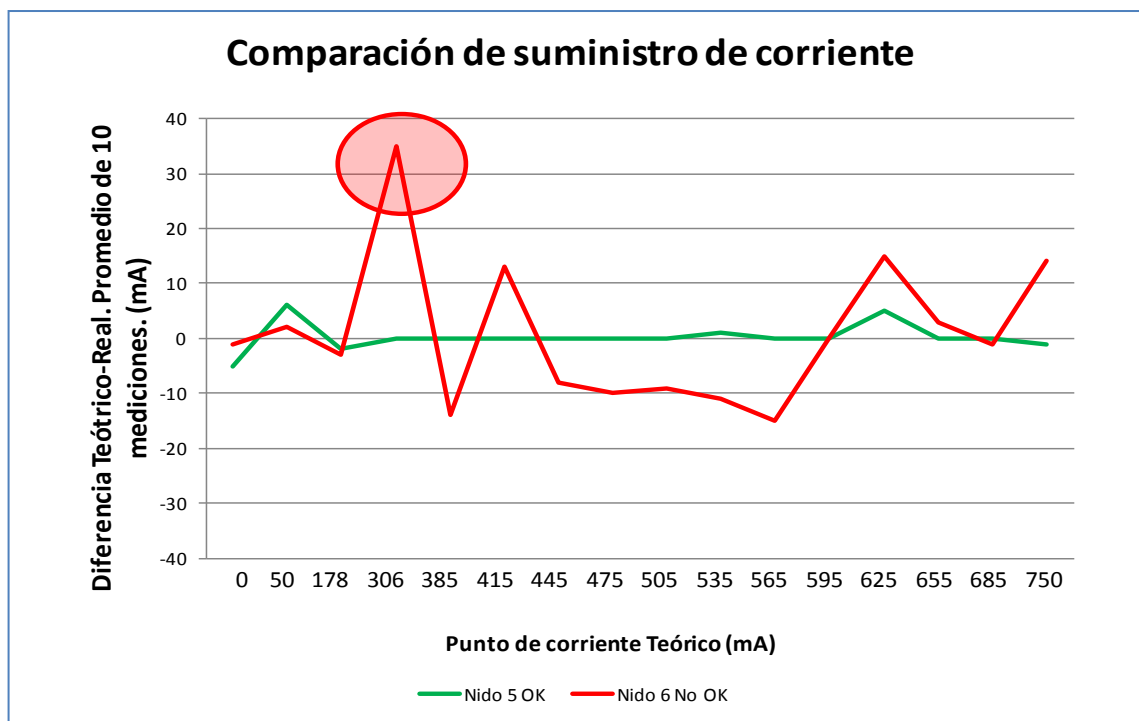


Fig. IV.59. Comparación de aplicación de Corriente de Fuente 5 (Buena) vs Fuente 6 (Mala)

El resultado de esta prueba es contundente, la falla vive en la fuente de poder. Se observa que la fuente de poder del nido 6 no es capaz de suministrar la corriente al tener variaciones de entre 1 y 35 unidades de lo que debería suministrar.

También observamos que la desviación más grande se da específicamente en el punto de corriente donde debería suministrar los 306 mA. Se tomó el promedio de 10 mediciones ya que las fluctuaciones de corriente no fueron constantes, en

ocasiones la diferencia entre lo que debe aplicar y lo que aplicaba era pequeña y en otras muy grande. Estos datos confirman el resto de los supuestos excepto el de que esta falla solo afecta a la histéresis.

Este defecto solo impactaba a la histéresis debido a que el mal funcionamiento de la fuente en los 306 mA no era constante, es decir la desviación no era siempre de 35 unidades, afectando aleatoriamente tanto la curva ascendente como la curva descendente. Por ejemplo, digamos que aplicó eficientemente 306 mA durante la curva ascendente, esto da un valor de presión de 18 hPa aproximadamente, pero al momento de des-energizar al solenoide cuando debió de aplicar la misma aplicó 341 mA, los cuales generarán una presión de 485 hPa aproximadamente y la diferencia de presiones es 467 hPa, superior al límite de 400.

Se enunciará la causa verdadera de la siguiente forma: **Los solenoides A-325 presentan histéresis alta debido a que la fuente de poder del nido 6 no suministra la corriente correcta, específicamente en el punto de corriente de los 306 mA, ocasionando una diferencia de presiones mayor a los 400 hPa.**

Aún queda pendiente corroborar el supuesto de que la fuente se dañó en Enero del 2011, no se cuenta con información que respalde este enunciado. Sin embargo, el resto de la información es bastante explícita como para pasar a la siguiente fase del análisis del problema, la confirmación.

En este caso la prueba de confirmación será la acción correctiva ya que la prueba es sencilla, el tiempo de respuesta para saber si realmente se tiene la causa raíz del problema es inmediato. Por lo tanto el riesgo es bajo.

Asimismo, como el fallo en la fuente de poder no es constante, será difícil determinar el momento en el que la fuente aplica la corriente incorrecta, por lo tanto será mejor cambiar la fuente y evaluar los valores de suministro de corriente como los de histéresis a 306 mA y compararlos con los valores actuales.

La información de la prueba de confirmación es la siguiente:

Grupo Mejor: Promedio de diez mediciones de corriente aplicada en cada uno de los 16 puntos, una vez que se reemplace la fuente de poder del nido de prueba número 6. También se tomarán los valores de histéresis en el punto de corriente de los 306 mA.

Grupo Actual: Promedio de diez mediciones de corriente aplicada en cada uno de los 16 puntos, con la fuente de poder actual del nido de prueba número 6. También se tomarán los valores de histéresis en el punto de corriente de los 306 mA.

Respuesta: Diferencia teórica vs real de la aplicación de corriente de las diferentes fuentes de poder del nido 6. Valores de histéresis arrojados por el nido 6.

Las figuras IV.60 y IV. 61 Muestran los resultados obtenidos de la prueba de confirmación.

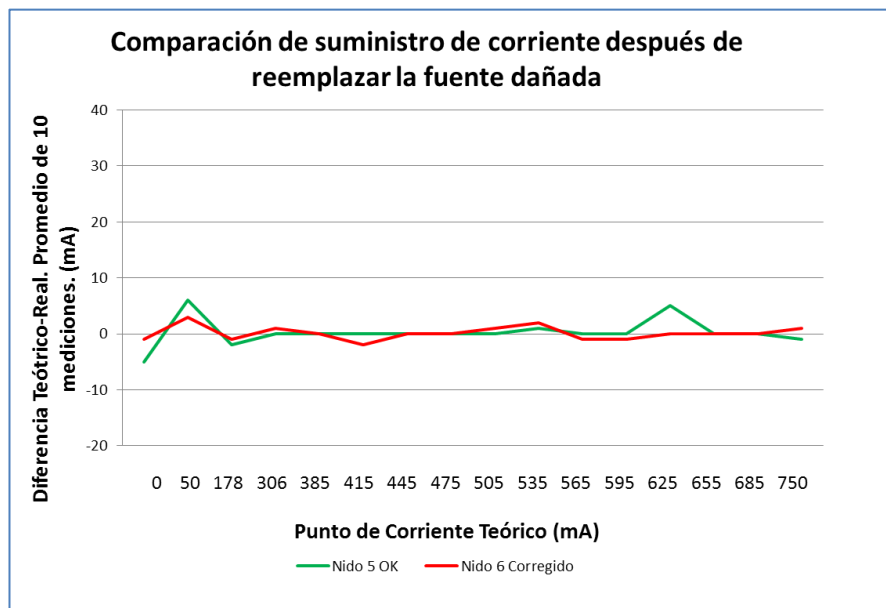


Figura IV.60. Evaluación de corriente aplicada después del cambio de fuente.

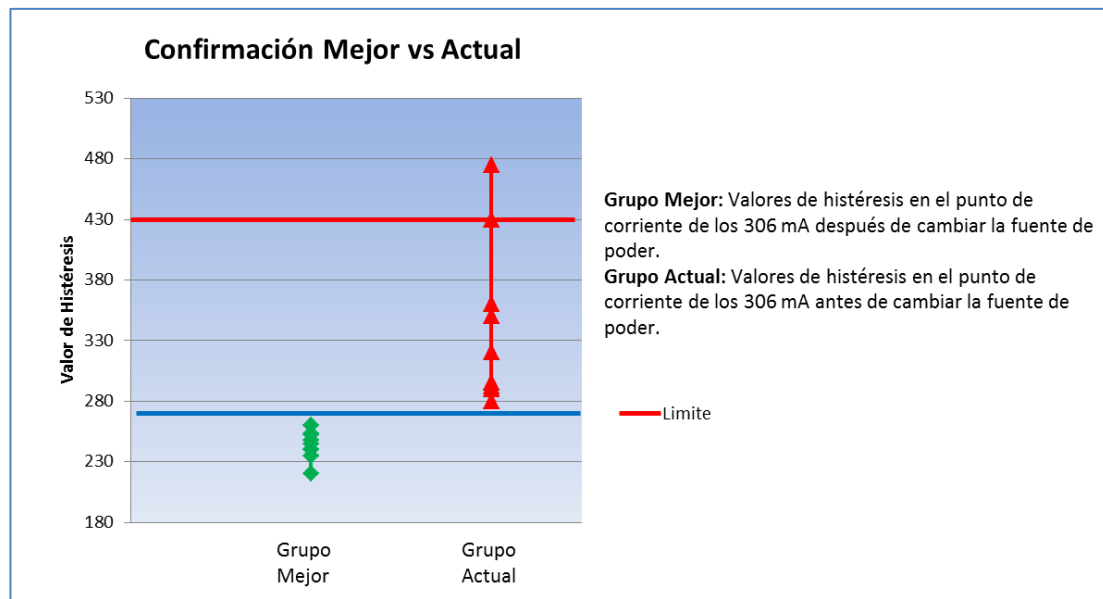


Figura IV.61. Prueba de confirmación mejor vs actual.

Se puede observar una mejora significativa en la aplicación de la corriente del nido de prueba no. 6, la diferencia teórica-real es mínima, muy similar a la del nido 5, el cual fue tomado como punto de comparación.

Para evaluar estadísticamente la mejora y considerar que nuestra acción correctiva es significativa, se tomaron datos de histéresis de antes y después del cambio y se evaluaron mediante la prueba mejor contra actual. Se puede observar una separación total entre los dos grupos, lo cual confirma estadísticamente que la causa raíz de la falla es la fuente de poder dañada. Otro punto que se debe destacar es que, aunque la fuente dañada no generaba piezas malas al 100%, sí elevaba los valores de histéresis consistentemente, al reemplazar dicha fuente por un equipo nuevo, la dispersión es mucho menor.

Como se mencionó al inicio de esta etapa de confirmación, la acción correctiva fue reemplazar la fuente de poder por una nueva y evaluar que el equipo funcionara correctamente. La efectividad de la acción correctiva fue monitoreada por un mes, el comportamiento del rechazo puede ser observado en la Fig. IV. 62, mostrando una tendencia favorable.

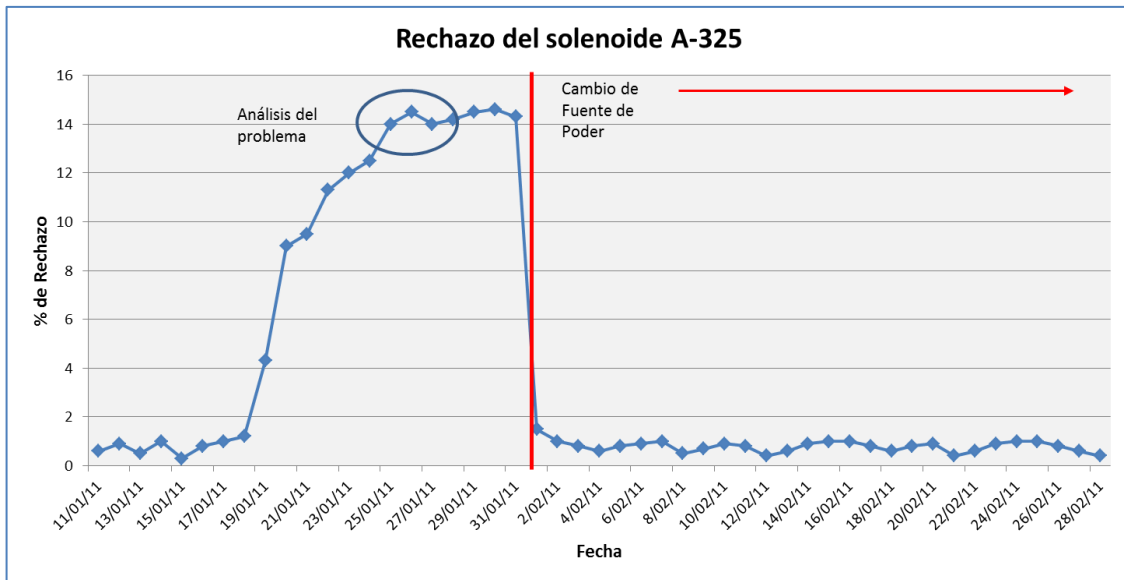


Figura IV.62. Serie temporal del rechazo en banco de pruebas del solenoide A-325.

El rechazo en banco de pruebas volvió a sus niveles normales. Asegurando que la causa raíz fue identificada y que la acción correctiva fue efectiva.

4.3.2.1.6 Extender la causa.

Para completar el proceso de análisis y solución de problemas se deben completar dos pasos más, extender la causa y extender la solución. Se iniciará por extender la causa, mediante el cuestionamiento siguiente:

- ¿Qué otro daño podría ser creado por esta misma causa?

R= Se revisaron otros modos de falla, como se había detectado previamente el único modo de falla afectado fue la histéresis ya que es la única característica que considera dos mediciones de presión en el mismo punto de corriente en la misma prueba. Sin embargo se observa una mejora significativa en los valores de histéresis (Fig. IV.63).

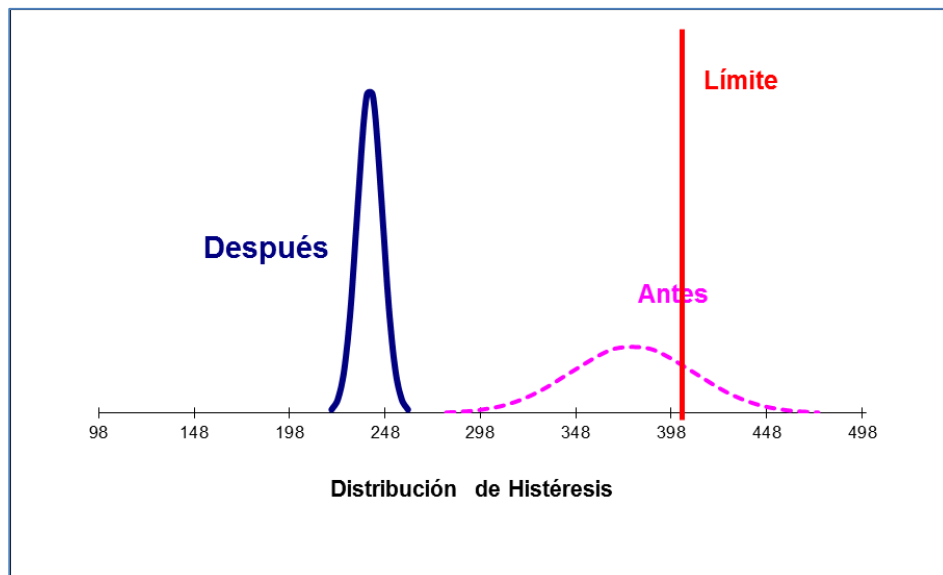


Figura IV.63. Distribución de desempeño de histéresis antes y después de eliminar la causa del problema.

- ¿Dónde más podría esta causa crear problemas?

R= No aplica, solo la histéresis fue afectada por el daño de la fuente. Sin embargo para aprovechar la información obtenida lo que se hizo fue evaluar el funcionamiento de las fuentes de poder de todos los nidos de prueba de los 3 bancos de cada celda de manufactura. Detectando 3 nidos de prueba con un comportamiento similar pero sin llegar al malfuncionamiento aún.

- ¿Que causó la causa?

R= Al analizar la fuente dañada se detectó que uno de sus componentes tenía un corto circuito, lo cual generaba la intermitencia en la alimentación de la corriente. Después de revisar diferentes bitácoras se encontró que en la segunda semana de enero hubo una tormenta eléctrica que generó un apagón en algunas áreas de la planta, incluyendo el área donde se fabrica el solenoide A, lo cual explica el supuesto pendiente de confirmar. Este hecho se pasó por alto al inicio de la investigación ya que se tenían tantas posibilidades que revisar antecedentes relacionados con el clima no hacía mucho sentido.

-
-
- ¿Por qué no se detectó (sistema)?

R= Este caso fue complicado ya que dentro del plan de mantenimiento se tiene la calibración de los equipos, el problema es que es cada 6 meses y se había realizado en diciembre. Lo que se agregó es una lista de tareas a realizar cuando se tenga un incremento de rechazo. Iniciando por evaluar el sistema de medición.

4.3.2.1.7 Extender la solución.

Finalmente buscamos aprovechar el máximo:

- ¿Qué otras cosas idénticas necesitan la misma solución?

R= Como se mencionó previamente se detectaron otras fuentes de poder con un funcionamiento errático, la acción correctiva fue la misma, reemplazarlas por nuevas y enviar los equipos dañados a reparación.

- ¿Qué problemas podría ocasionar esta solución?

R= Las acciones correctivas no ocasionan ningún problema nuevo ya que no solo fue reemplazar los equipos sospechosos-dañados, sino asegurar el correcto funcionamiento de los mismos.

Hemos finalizado el segundo ejemplo de aplicación del método de solución de problemas. Demostrando que existen casos donde es mejor hacer un análisis del problema en vez de aplicar acciones sin tener el entendimiento completo de la falla.

Como un método estructurado es una gran herramienta para lograr el objetivo, aun cuando no seamos expertos en el proceso y/o producto.

Con esto finaliza el presente trabajo de memoria. En las siguientes páginas se encuentran las conclusiones, recomendaciones, anexos, y glosario.

CONCLUSIONES

Se lograron eliminar dos tipos diferentes de problemas técnicos con el método desarrollada en el presente trabajo de tesis, lo que demuestra su efectividad. Cabe mencionar que el autor del presente trabajo no contó con un antecedente práctico en el producto en estudio. Simplemente se aplicó el método KT fortalecido con las herramientas estadísticas mencionadas previamente. Las causas potenciales fueron nominadas por el equipo de experiencia del departamento donde se aplicó el método KT.

Utilizando el proceso de KT junto con las herramientas estadísticas seleccionadas previamente, se logra reducir la subjetividad de un análisis y se consigue objetividad en el mismo, una vez que se cambió el paradigma del grupo con el que se trabajó, el análisis fluyó rápidamente y las causas de los dos problemas fueron encontradas en cuestión de días en lugar de las semanas invertidas utilizando los métodos tradicionales sin resultados positivos.

Se generaron ahorros de \$ 120, 000 de dólares americanos anuales por la eliminación de las dos fallas analizadas.

El departamento donde se elaboraron los casos de estudio solicitó entrenamiento en las herramientas para su personal tanto administrativo como operativo. Se entrenaron 5 personas, las cuales generaron ahorros superiores a \$ 1, 000, 000 de dólares americanos anuales después de su entrenamiento. También se promovieron a dos personas de este grupo debido a su destacada participación en otros programas.

Debido a los resultados observados en el departamento de fabricación de válvulas solenoides, otros departamentos en la planta solicitaron el despliegue del método elaborado en el presente trabajo de tesis. Los resultados fueron similares, ahorros superiores a \$ 1, 000, 000 de dólares americanos anuales después del entrenamiento y elaboración de diferentes proyectos de solución de problemas técnicos.

El autor de éste trabajo realizó un despliegue de las técnicas de solución de problemas entrenando a cerca de 45 personas y asesorando 129 proyectos para la

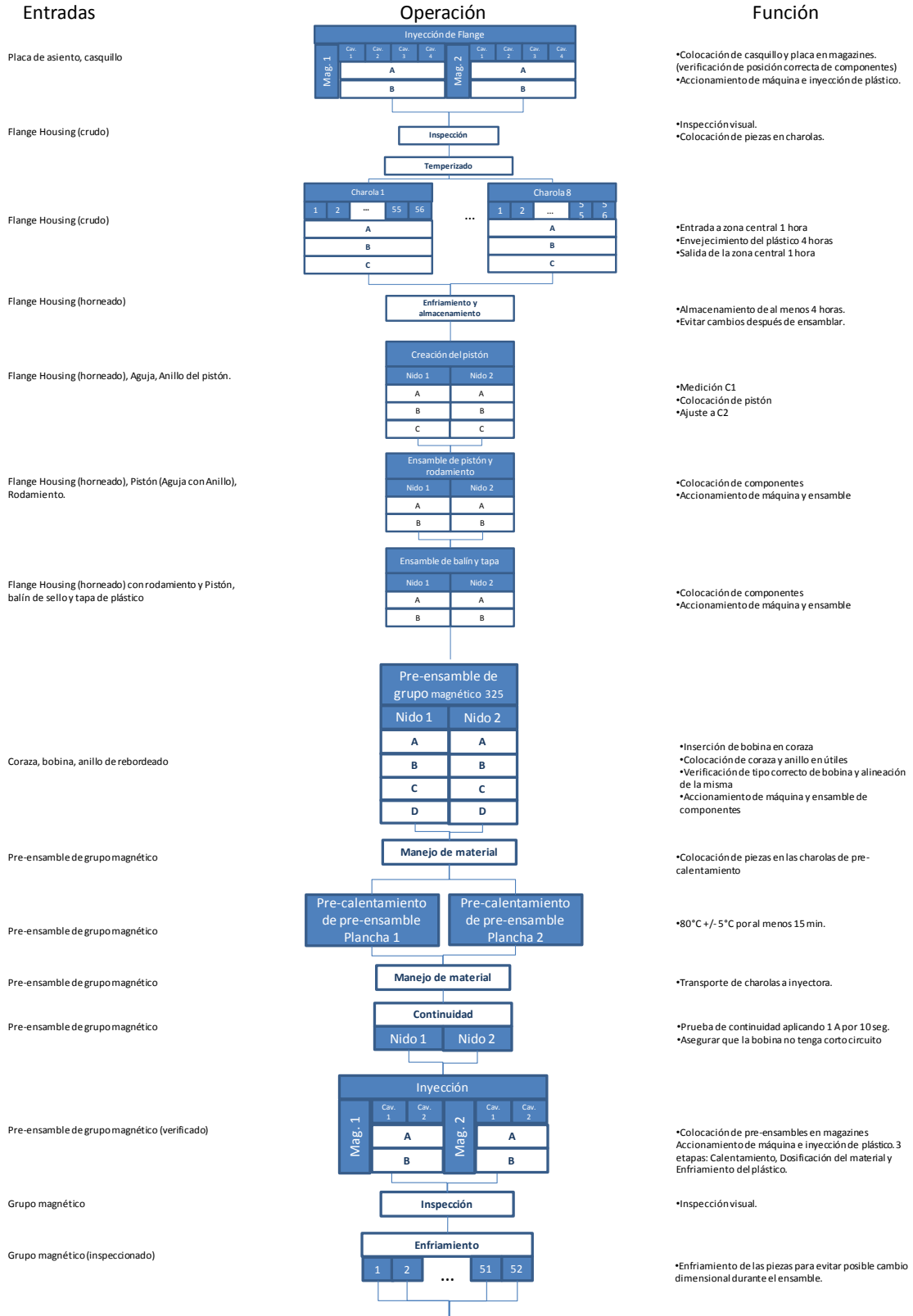
eliminación de fallas. El impacto económico de este despliegue asciende a 6 millones de dólares americanos. Actualmente labora como gerente de solución de problemas en otra empresa automotriz.

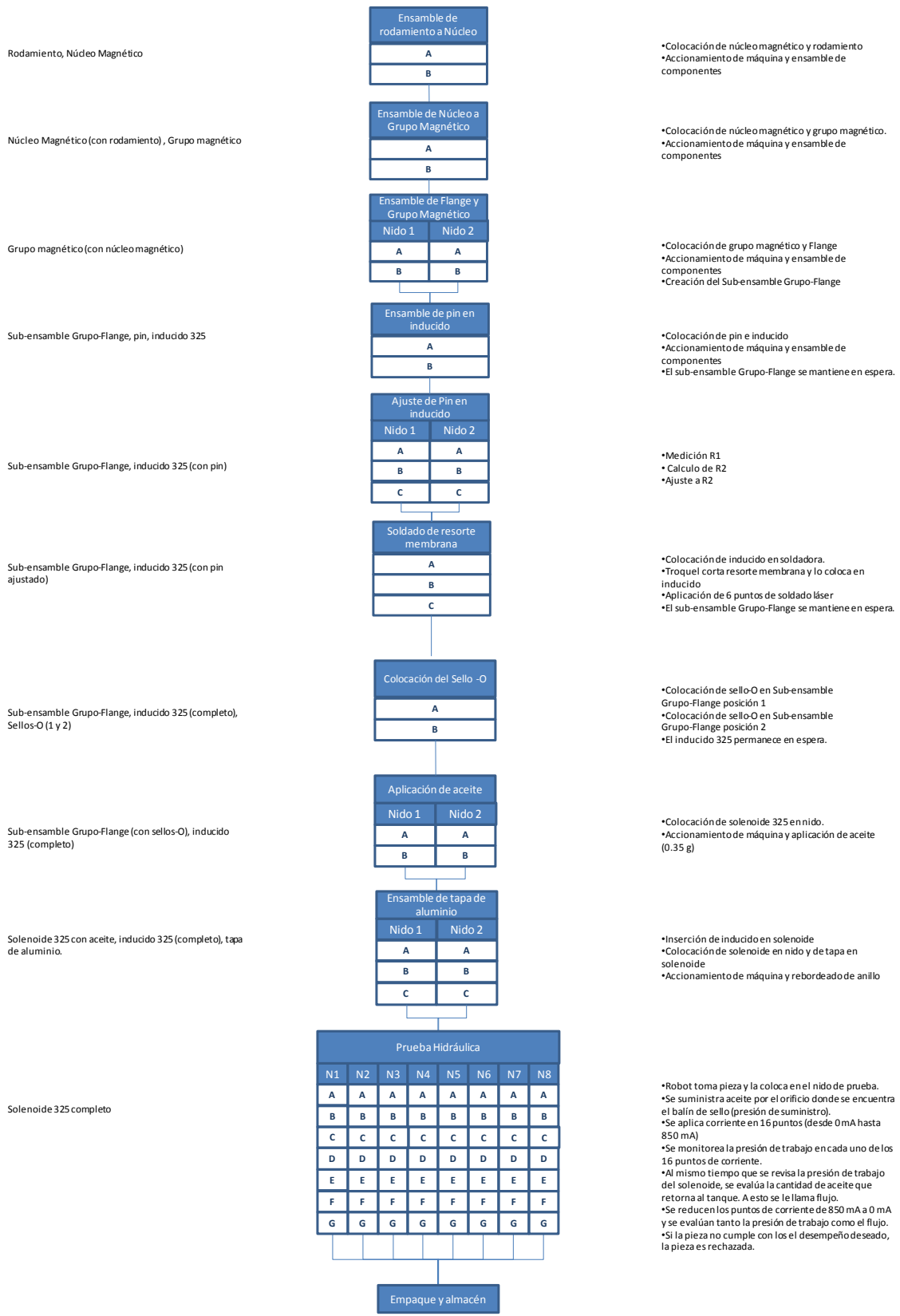
Con esta información se comprueba la hipótesis de que se pueden identificar las causas de los problemas técnicos con la aplicación de un método de análisis estructurado y la utilización de un pensamiento racional y se demuestra que es posible un cambio de paradigma en el análisis de problemas técnicos como alternativa al método tradicional basado en la experiencia y el conocimiento.

RECOMENDACIONES

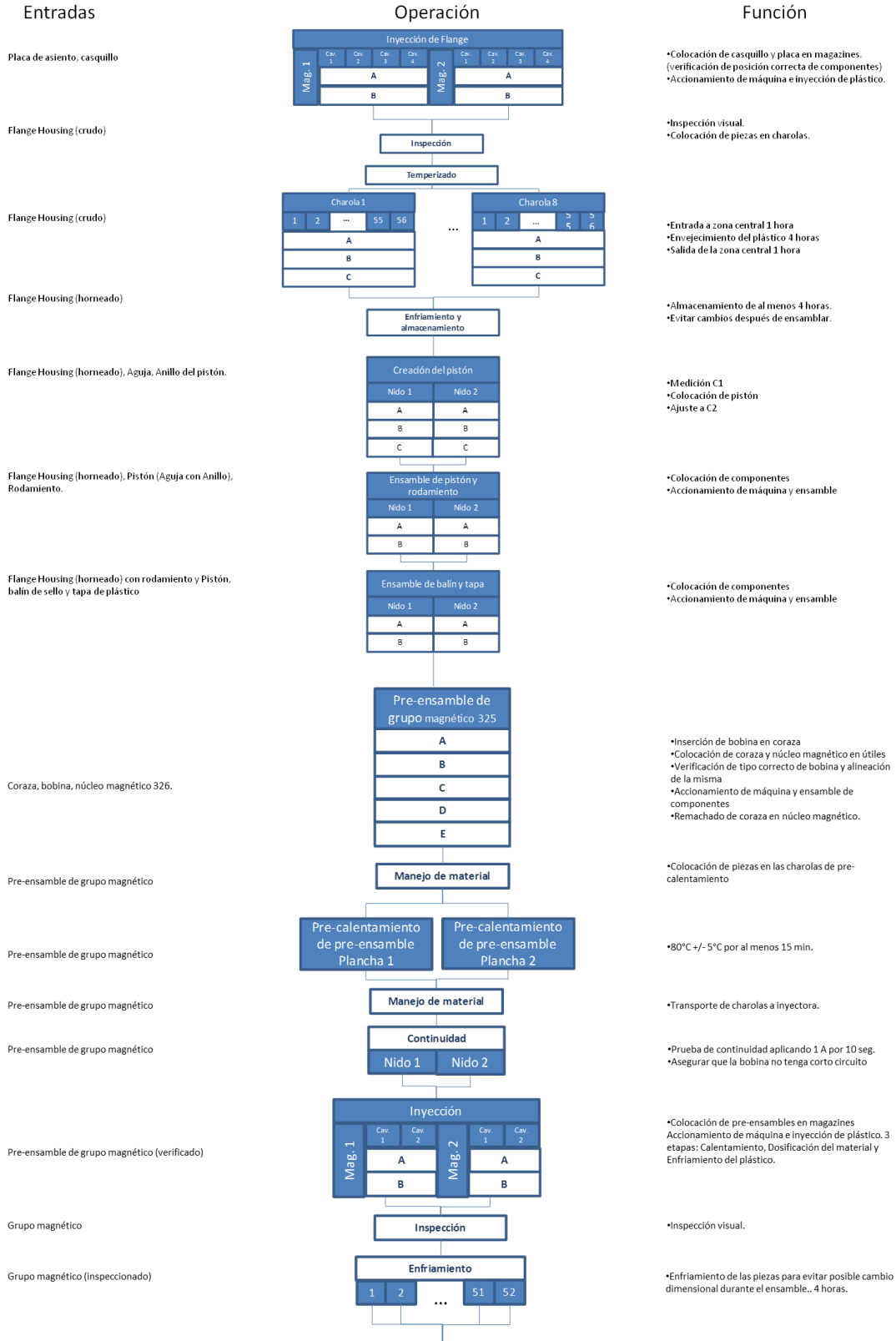
- ✓ **Cuando sea posible, busque el atajo en lugar de recorrer el camino largo.** Encuentre un punto de apalancamiento y explótelos, de esta forma obtendrá el resultado deseado en menos tiempo. Sin embargo asegúrese de que el camino que está tomando se encuentre fundamentado en hechos y no en corazonadas ya que si no se tiene el fundamento entonces estaría adivinando y probablemente no encontrará la solución al problema.
- ✓ **Busque dentro de lo obvio para desenmascarar ironías y Peculiaridades.** Nunca descarte lo que parece obvio, en muchas ocasiones la causa de un problema se encuentra en lo que muchos piensan trivial o sin importancia. Consiga los datos, confírmelos y entonces continúe con el análisis. Los datos y la evidencia son los que hacen la diferencia entre un análisis de un problema y la solución del mismo. Porque solo la verdadera causa puede explicar toda la evidencia encontrada durante el proceso del análisis de problemas.
- ✓ **Sea selectivo, no exhaustivo.** Esfuércese por alcanzar la excelencia en pocas cosas en lugar de un buen desempeño en muchas. Esfuércese por solucionar pocos problemas de alto impacto en lugar de contener muchos de diferente importancia. No es necesario un estudio gigantesco para identificar las áreas de mayor oportunidad.
- ✓ **No se desespere.** El proceso para llegar a ser un solucionador de problemas eficiente lleva tiempo y se debe practicar constantemente. Solo debe seguir los métodos estructurados y logrará los objetivos con mayor facilidad cada vez que lo haga.
- ✓ **En cualquier aspecto importante, trabaje en encontrar ese 20 por ciento de esfuerzo que dará el 80 por ciento de los resultados.** Cállese, trabaje menos y fíjese un número limitado de metas donde el principio de 80/20 trabaje para usted, en lugar de perseguir cualquier oportunidad de sobresalir. La mayoría de los logros individuales (culturales, intelectuales, artísticos o atléticos) son obtenidos en la minoría del tiempo invertido en ellos. Hay un profundo desequilibrio entre lo que es creado y el tiempo que se tarda en crearlos.

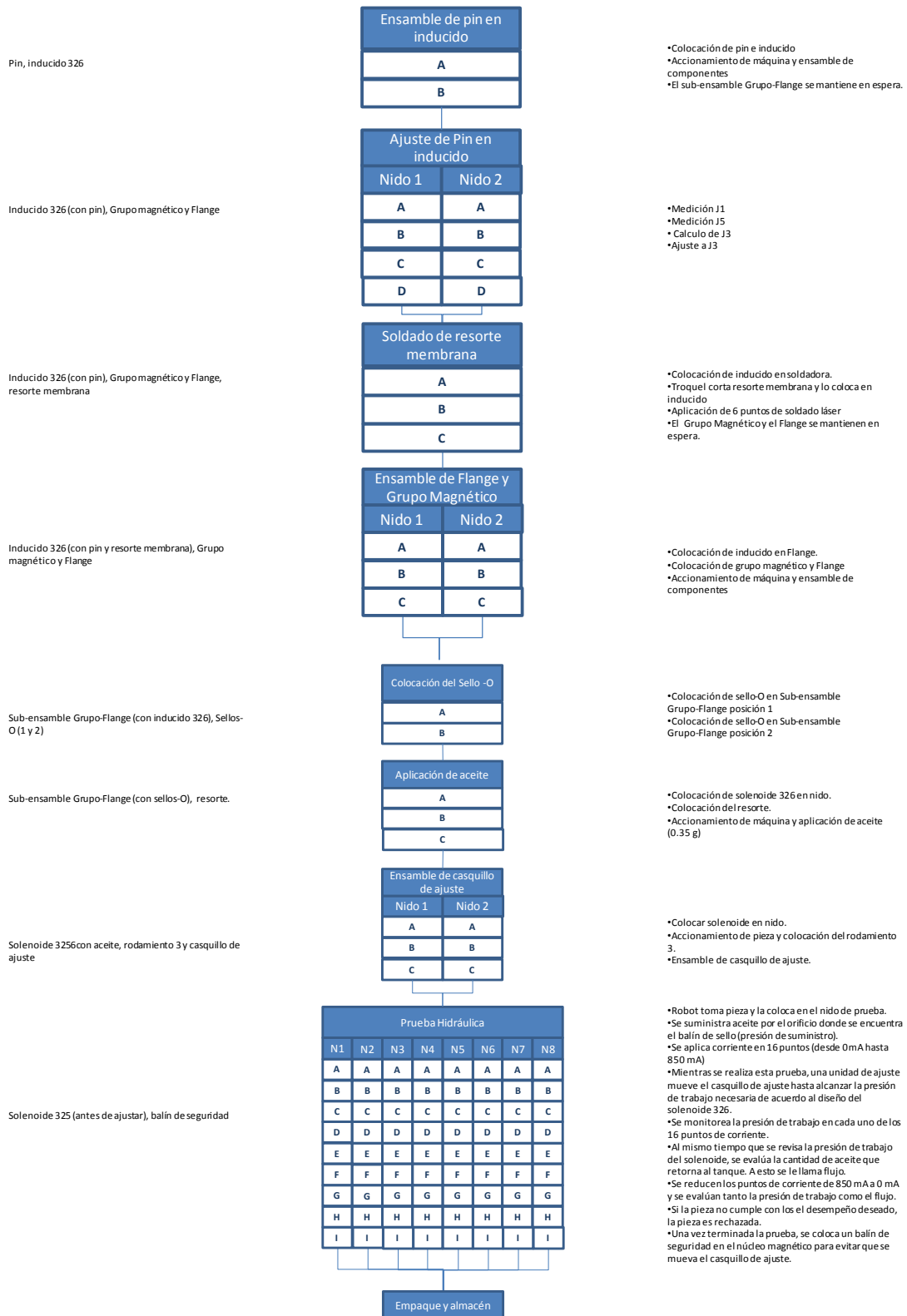
ANEXO B: Diagrama De Flujo Del Proceso De Ensamble Del Solenoide 325.





ANEXO C: Diagrama De Flujo Del Proceso De Ensamble Del Solenoide 326.





ANEXO D: FORMATO PARA EL REPORTE DEL ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS KEPNER TREGOE.

Describir el Problema		Identificar posibles causas			Evaluar las posibles causas	
Enunciado del problema			Usar Distinciones y Cambios, o...		... Conocimiento y Experiencia	
	ES	NO ES	Distinciones	Cambios	Posibles Causas	Si _____ es la causa verdadera de _____ ¿Cómo se explica tanto la información del ES como del NO ES?
QUÉ			1	1	1	No explica... Se explica sólo si...
1. ¿Qué objeto?			2	2	2	
			4	4	4	
2. ¿Qué desviación?			5	5	5	
			6	6	6	
DÓNDE			7	7	7	
3. ¿Dónde geográficamente?			8	8	8	
			9	9	9	
4. ¿Dónde en el objeto?			10	10	10	
			11	11	11	
CUÁNDO			Determinar la causa más probable			
5. ¿Cuándo por primera vez?			¿Cuál es la causa que mejor explica la información del ES y del NO ES?			

6. ¿Cuándo desde entonces?			Confirmar la causa verdadera			
7. ¿Cuándo en el ciclo de vida?			Confirmación:			
CUÁNTO						
8. ¿Cuántos objetos?						
9. ¿Cuál es el tamaño?			Piense más allá de la solución			
10. ¿Cuántas desviaciones?			Extender la causa			

11. ¿Cuál es la tendencia?			Extender la solución			

Nota: Se puede ajustar la dimensión de las celdas y el tamaño de fuente, según se requiera.

ANEXO E: Reporte del análisis y Solución del problema No. 1 La falta de inyección en la parte trasera de las terminales del grupo magnético 326.

Describir el Problema		Identificar posibles causas				Evaluar las posibles causas		
Enunciado del problema El grupo magnético 326 presenta falta de inyección en la parte trasera de las terminales, el defecto observado es en forma de línea. El subensamblaje no debería presentar dicho fallo, esta es 9 mm de falta de inyección en la zona mencionada.		Identificar posibles causas Dar Distingos y Cambios, e...				Evaluar las posibles causas ... Conocimiento y Experiencia		
Especificar el problema ES NO ES		Distingos Cambios Posibles Causas				No... ¿Cómo se explica... ¿Cómo se explica...		
¿Qué objeto? ES NO ES		1. Bobinas 325 y 326... 2. Se necesita más información... 3. No aplica... 4. Se necesita más información...				¿Qué solo está en la parte trasera... ¿El defecto que presenta el inserto... ¿El inserto falla intencionalmente...		
¿Qué desviación? Falta de inyección		5. Diferente geometría... 6. Se necesita más información... 7. Se necesita más información...				¿Ocurrencia de la falta... ¿La bobina tiene una condición... ¿Comportamiento específico...		
¿DÓNDE? ES NO ES		8. Se necesita más información... 9. Se necesita más información... 10. Se necesita más información...				¿Comportamiento específico... ¿No todos los lotes de producción... ¿Algunos lotes siguen...		
¿Dónde geográficamente? En todas las celdas de manufactura del subensamblado A. En la planta de Toluca.		11. Se necesita más información... 12. Se necesita más información...				¿Comportamiento específico... ¿Magnitud del defecto...		
¿Dónde en el objeto? En el área de las terminales. En la parte trasera de esta área. Solo en la sección inferior de la parte trasera presenta el problema.		13. Se necesita más información... 14. Se necesita más información...				¿El núcleo magnético modifica el proceso... ¿Que la falta sea en el área de las terminales... ¿No hay ninguna línea...		
¿CUANDO? ES NO ES		15. Se necesita más información... 16. Se necesita más información...				¿Ocurrencia de la falta... ¿Magnitud del defecto...		
5. ¿Cuándo por primera vez?		21 de Octubre del 2008				Antes de Octubre del 2008		
6. ¿Cuándo desde entonces?		Repetido en los últimos días de Octubre, a partir del 3 de Noviembre se observa un incremento considerable en la falta hasta llegar al 67% de occurrencia donde las fallas se mantienen por encima de los 100 rechazos diarios.				Solo semana, esporádico después de Octubre.		
7. ¿Cuándo en el ciclo de vida?		En el arranque de producción (Nov. 2008)				Condiciones de prueba: Grupo Mejor: Carretes con distancia del centro del carrer al centro de las ventanas donde se insertan las terminales (lado derecho) entre 14.287 y 14.299. Grupo Actual: Carretes con distancia del centro del carrer al centro de las ventanas donde se insertan las terminales (lado derecho) entre 14.1789 y 14.1809. Nivel de Riesgo: 5% de riesgo de obtener un resultado exitoso por azar. Respuesta: Magnitud de la línea de falta de inyección en la parte trasera de las terminales, enfocándose en el valor de la terminal derecha.		
8. ¿Cuántos objetos?		Aproximadamente 300 piezas diarias por los 3 celdas de producción.				Mejor o menor a 300 piezas por día entre las 3 celdas de producción.		
9. ¿Cuál es el tamaño?		La línea observada como falta de inyección mide desde 2 a 6 mm de longitud.				Mejor o a 6 mm de longitud.		
10. ¿Cuántas desviaciones?		Cada pieza tiene dos líneas de falta de inyección, la derecha siempre es mejor que la izquierda.				Una sola línea de falta de inyección. Más de dos líneas de falta de inyección.		
11. ¿Cuál es la tendencia?		Inestable desde 1 pieza hasta 200 piezas rechazadas por día por celdas.				Estable, una cantidad fija de piezas rechazadas al día por línea.		
Identificar la causa ¿Qué otro dato podría ser creado por esta misma causa? Se identificó que al eliminar la causa para la falta de inyección, se observó un comportamiento similar en otra falla que se tenía y que no se consideró al inicio del análisis que es la de las terminales dobladas y/o dañadas. La figura IV.43 muestra una imagen de una pieza con el defecto y la Figura IV.44 muestra la serie temporal correspondiente al momento de esta falta.		¿Dónde más podría esta causa crear problemas? En esta causa solamente pueden ocasionar problemas en el grupo magnético 326 y en la planta de Toluca ya que es la única que usa el componente nacional. Y este número de parte solo se usa en el grupo 326.				¿Qué problema podría ocasionar esta solución? No se identificó que al eliminar la causa para la falta de inyección, se observó un comportamiento similar en otra falla que se tenía y que no se consideró al inicio del análisis que es la de las terminales dobladas y/o dañadas. La figura IV.43 muestra una imagen de una pieza con el defecto y la Figura IV.44 muestra la serie temporal correspondiente al momento de esta falta.		
Estudiar la solución ¿Qué otros datos adicionales necesitan la misma solución? La respuesta a esta pregunta ya se tiene ya que al arreglar la distancia, también se eliminó la falta de terminales dobladas, se buscaron componentes similares, sin embargo no se identificaron mayores problemas con el grupo magnético 326 en los que podría aplicar la solución. Esta lección aprendida se compartió con la planta matriz y se documentó para que sea considerada en el diseño de nuevos productos.		¿Qué problemas podría ocasionar esta solución? Se realizó un análisis de fallas potenciales, no se encontraron problemas potenciales ya que la dimensión modificada no era de control y lo que se hizo fue reducir la variación permitida de esta, lo cual reduce el riesgo en vez de incrementarlo.				¿Qué otros datos adicionales necesitan la misma solución? La respuesta a esta pregunta ya se tiene ya que al arreglar la distancia, también se eliminó la falta de terminales dobladas, se buscaron componentes similares, sin embargo no se identificaron mayores problemas con el grupo magnético 326 en los que podría aplicar la solución. Esta lección aprendida se compartió con la planta matriz y se documentó para que sea considerada en el diseño de nuevos productos.		

Nota: Se recomienda imprimir el reporte en formato A3 para tener una correcta apreciación de los datos del reporte.

ANEXO F: Reporte del análisis y Solución del problema No. 2 Exceso de rechazo en prueba final del solenoide 325.

Describir el Problema		Identificar posibles causas		Evaluar las posibles causas
Enunciado del problema Se tiene alto rechazo (14%) del solenoide A-325 por falta de histéresis, el cual es detectado en el banco de pruebas durante la prueba final. El exceso de rechazo es detectado solo en la zona C.		Usar Distinguir y Cambiar, e... Conocimiento y Experiencia		Si ¿Cómo se explica...? ¿Cómo se explica...?
Especificar el problema QUE:		ES	NO ES	Si ¿Cómo se explica...?
¿Qué objeto?		El solenoide A-325.	El solenoide A-326.	No explica...
¿Qué descripción?		Rechazo por falta funcional. La falta específica histéresis.	Otros fallos funcionales como CC por error, 3 teste. Frenate, Buzarse entre com, temperatura, CC más abajo slope, CC más abajo slope, CC más up slope, CC más up slope, etc.	No explica las cantidades, se necesita más información.
DÓNDE:		ES	NO ES	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
¿Dónde geográficamente?		Detallado en el banco de pruebas al final de la línea de producción. En la celda de producción C. El exceso de rechazo se observa en la planta de Toluca.	En el banco de pruebas. Todos los sidos de prueba tienen el mismo tipo de abastecimiento y diseño.	La falla haya comenzado el 21 de enero del 2011. No explica la tendencia. No explica los niveles de rechazo.
¿Dónde en el objeto?		Al ser una falla funcional podemos decir que hay dos "objetos". El solenoide A-325. El rechazo se genera en el punto donde se aplican los 306 mA.	Al ser una falla funcional podemos decir que hay dos "objetos". El solenoide A-326. En cualquier otro punto de corriente.	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
CUANDO:		ES	NO ES	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
¿Cuándo por primera vez?		En la tercera semana de Enero del 2011. Empezando el día 21.	Antes de Enero del 2011.	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
¿Cuándo desde entonces?		Continúa, los primeros días el porcentaje de rechazo estuvo en niveles entre 4 y 8%, posteriormente se incrementó hasta alcanzar el 14% de rechazo, al llegar a este nivel, se mantuvo constante.	Una sola semana, comportamiento esporádico.	La aplicación continua de la corriente una cuando se terminan los 306 mA.
¿Cuándo en el ciclo de vida?		La histéresis ha estado desde el inicio de producción, sin embargo este nivel de rechazo no se presentaba.	La falla pudo haberse observado en algún punto específico del ciclo de vida del producto pero como se comentó en el ES esta falla es puntual. Lo único diferente en esta situación es la cantidad de piezas malas que se generan.	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
CUANTO:		ES	NO ES	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
¿Cuántos objetos?		El 14% de la producción total del solenoide A-325.	El rechazo normal que es del 1% aproximadamente o mayor a 14%.	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
¿Cuál es el tamaño?		El nivel de histéresis está por arriba del límite de 400 Ipa. El rango de las piezas malas está entre 430 y 400 Ipa.	Menor al límite de 400 Ipa. Que los valores de histéresis superaran por arriba de 400 Ipa o por debajo de 430 Ipa.	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
¿Cuáles distinciones?		Cada solenoide que falla supera a los 400 Ipa en un solo punto de corriente (306 mA).	Que la histéresis supera el límite de 400 Ipa en más de un punto de corriente.	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.
¿Cuál es la tendencia?		Estable. La falla comenzó en 4% y se incrementó hasta llegar a 14% en esta nivel de rechazo el problema se mantuvo estable.	Inestable, que la falla se redujera incrementando y reduciendo aleatoriamente.	La falla se presenta solo en el punto de corriente de los 306 mA.

Nota: Se recomienda imprimir el reporte en formato A3 para tener una correcta apreciación de los datos del reporte.

INTRODUCCIÓN

Se vive en una era donde la velocidad se ha convertido en una variable clave para el éxito empresarial. La empresa que puede ofrecer una nueva generación de productos tiene mayores probabilidades de éxito que la tercera o cuarta que entran en el mercado. No es de asombrarse que las organizaciones estén constantemente en búsqueda de reducir el tiempo de introducción de sus nuevos productos, reducir sus ciclos de producción y mejorar la velocidad de respuesta ante sus clientes.

En este contexto no sorprende encontrar que más y más compañías se están preocupando por el “Tiempo ciclo de solución de problemas”. Esto es acortar el tiempo transcurrido desde que, por ejemplo, la queja de un cliente o un incremento en el desperdicio de producción surge, hasta el momento en que se han eliminado tanto el problema como la posibilidad de recurrencia. En otras palabras están reconociendo la necesidad de acelerar su sistema de detección, análisis y solución de fallas, los cuales son elementos fundamentales para reducir costos y mejorar la calidad de sus productos.

Lograr esto exige vencer obstáculos que se presentan a lo largo del camino. En la industria los obstáculos son problemas y deben resolverse con base en los hechos y no dejarse guiar solamente por el sentido común, la experiencia o la audacia. Basarse sólo en la experiencia y el conocimiento puede ocasionar que al momento de obtener un resultado contrario al esperado nadie quiera asumir responsabilidades además del riesgo de los costos generados por una decisión incorrecta.

Debido a lo anterior, la industria demanda solucionadores de problemas capaces de identificar riesgos y oportunidades de mejora, que puedan desarrollar una estrategia y llevarla a cabo eficazmente hasta converger en una causa raíz, atacarla y eliminarla mediante la implementación de controles efectivos para evitar la recurrencia. Todo esto en el menor tiempo posible.

En las escuelas es común que los cuestionadores persistentes sean diagnosticados con desorden de atención o “hiperactividad.” Se nos ha enseñado que las respuestas son más importantes que las preguntas. En la mayoría de los casos la escuela no desarrolla la curiosidad, el gusto por la incertidumbre y la habilidad del cuestionamiento. En lugar de esto, el pensamiento que es recompensado es aquel

que descifra la respuesta correcta, esa es la ideología sustentada por la autoridad, el profesor. Este patrón es mantenido a través de toda la educación media superior y superior del estudiante.

Un caso similar se observa en la industria, específicamente hablando de los problemas técnicos, la autoridad (supervisores, gerentes, directores, etc.), solo se preocupan por tener acciones, soluciones rápidas y por ello el tiempo y recursos asignados al análisis de problemas es reducido, sin embargo se espera un resultado positivo y muchas veces no es así, al menos no en los primeros intentos de solución, teniendo como resultado mayor tiempo con el problema y un uso de recursos innecesario.

Existen diferentes métodos de solución de problemas. Algunos de ellos son: las ocho disciplinas (8D's), Kepner Tregoe, el diagrama de Ishikawa, Shainin[®], Análisis de árbol de falla (Failure Tree Análisis, FTA), Seis Sigma. Todas ellas con un principio fundamental, eliminar los problemas de una forma estructurada de tal manera que se reduzca el tiempo y la dificultad del análisis.

Desafortunadamente dichas estrategias son conocidas durante el desempeño de las funciones y no antes; por lo cual el análisis y solución de problemas se dificulta para un profesional recién egresado, provocando que los solucionadores de problemas más eficientes sean aquellos con mayor experiencia y por lo tanto su cantidad y disponibilidad son escasas.

Constantemente se ven casos de ingenieros que terminaron la educación profesional en la que aprenden a construir modelos y resolver problemas teóricos, pero que se bloquean al enfrentar el primer problema que parece complejo en el trabajo.

En otros casos se observa un problema similar incluso con ingenieros ya experimentados, que, una vez que han probado todas sus teorías sin éxito optan por nombrar un culpable, en lugar de una causa. En ambos casos, la industria pierde tiempo y recursos y el personal pierde confianza e incluso credibilidad.

Este documento pretende ser una guía para poder afrontar dichos problemas con un enfoque diferente. La experiencia laboral del autor del presente trabajo ha estado enfocada a la solución de problemas, y en 6 años ha adquirido conocimiento de

diferentes técnicas de análisis y solución de problemas. Las técnicas de solución de problemas efectivas sostienen que no es necesaria una experiencia amplia para llegar a la solución. La clave de un buen análisis es elaborar una estrategia basada en la convergencia y aplicar las herramientas adecuadas para encontrar respuestas rápida y eficientemente.

En el presente trabajo se plantea la hipótesis de que se pueden identificar las causas de los problemas técnicos con la aplicación de un método de análisis y solución de problemas estructurado y la utilización de un pensamiento racional.

El objetivo general de éste trabajo de tesis es demostrar que al analizar los problemas técnicos utilizando el principio de Pareto junto con el método de análisis generado en el presente documento, se obtiene como resultado la causa real de dichos problemas. Esto con una confiabilidad estadística, así como ofrecer el uso de estas técnicas como una opción al recurso de la experiencia amplia en los procesos de manufactura para la identificación de la causa raíz de los problemas.

Para lograr lo anterior se explica el concepto del pensamiento racional. También se describen tres técnicas de solución de problemas convergentes. Se desarrolló un proceso de análisis y solución de problemas integral y finalmente; se aplicó éste nuevo proceso en dos problemas de un área de manufactura.

El trabajo de tesis está estructurado en cuatro capítulos. Ordenados de la siguiente manera:

En el capítulo I se plantea un enfoque fundamental sin el cual la aplicación de cualquiera de las herramientas no tendrá la misma efectividad, este enfoque es el 80/20, junto con una breve historia del enfoque de la industria en la calidad total.

En el segundo capítulo se presenta una descripción y comparación de las técnicas de Seis Sigma, Shainin[®] y Kepner Tregoe de las cuales se tomarán diferentes elementos para establecer un proceso integral de solución de problemas técnicos.

El tercer capítulo se centra en la explicación detallada del método Kepner Tregoe, base del proceso elaborado en este trabajo, junto con las instrucciones para llevar a cabo herramientas de generación y análisis de datos, las cuales facilitarán el análisis y solución de problemas.

En el último capítulo se presentan dos casos donde se resolvieron diferentes tipos de problemas técnicos usando el método desarrollado en este documento.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del autor sobre este interesante tema.

El alcance de éste trabajo será principalmente para problemas de manufactura internos (fallas durante el proceso de elaboración del producto) y en ocasiones podrá aplicar para problemas externos (fallas con el cliente).

Este documento está dirigido al personal de nuevo ingreso así como al personal dedicado al análisis de causa raíz de la organización.

GLOSARIO

Acción Correctiva: Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación no deseable.

Alabeo: Es una tolerancia de forma y posición usada para controlar la localización de una característica de una parte en relación con su eje. Es usualmente utilizada en piezas cilíndricas que deben ser ensambladas como las brocas de los taladros, flechas en rodamientos o componentes de un rotor. El alabeo nos ayuda a limitar el nivel de excentricidad de dos partes que deben girar y desgastarse equivalentemente.

AMEF: Análisis de Modo y Efecto de Falla. Es un método de evaluación de riesgo. Cada falla potencial es evaluada en estas características:

- σ **S:** Severidad: la Severidad de las consecuencias de que ocurra.
- σ **O:** Ocurrencia: La probabilidad de que ocurra la falla.
- σ **D:** Detección: La probabilidad de detectar la falla antes de enviarla.

Cada una de estas evaluaciones es calificada en una escala del 1 al 10, estos tres valores son multiplicados entre ellos para determinar el Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Si el número es mayor a un límite determinado, entonces se debe tomar una acción para reducirlo.

Análisis de Capacidad del Proceso: La Capacidad del proceso es una propiedad medible de un proceso que puede calcularse por medio del índice de capacidad del proceso (ej. Cpk o Cpm) o del índice de prestación del proceso (ej. Ppk o Ppm). El resultado de esta medición suele representarse con un histograma que permite calcular cuántos componentes serán producidos fuera de los límites establecidos en la especificación.

Análisis retrospectivo: La descomposición de hechos, sucesos o acciones del pasado en sus partes para saber el cómo o porqué de la situación del presente. Se trata de entender el ahora por medio del análisis del antes.

ANOVA: Abreviación en inglés para Analysis of Variance. Es una técnica estadística utilizada para comparar si las muestras tomadas de diferentes poblaciones tienen la misma media o si son significativamente diferentes.

Apalancamiento: Ventaja estratégica. Tener el poder de actuar efectivamente. Durante la solución de problemas el apalancamiento es muchas veces ganado por el contraste BOB y WOW.

Árbol de Solución: Árbol que representa la planeación y ejecución de la estrategia. Inicia con la distribución de la Green Y® y a través de una serie de divisiones convergentes, se enfoca en la Red X®. El árbol de solución termina con la Red X® y una confirmación de la misma.

BOB y WOW: Lo mejor de lo mejor y lo peor de lo peor. Son los extremos de una distribución de Green Y®. El BOB no es necesariamente el valor óptimo de la distribución.

Cambios de Ingeniería: Ocurre cuando las partes o proceso requieren de un cambio en las especificaciones, tolerancias, métodos de prueba, etc.

Caracterización: Describir la naturaleza de un evento o proceso mediante la identificación de sus factores clave en base a una respuesta observada.

Causa Raíz: La causa de un problema que si se enfoca adecuadamente, prevendrá la recurrencia de este problema.

Celda de Producción: Es un arreglo de gente, máquinas, materiales y métodos – con los pasos del procesos puestos uno junto a otro en orden secuencial – a través del cual las partes son procesadas en un flujo continuo (o en algunos casos en pequeños lotes en forma consistente).

Contraste: Diferencias observadas cuando se compara la Green Y® a través de diferentes familias de diseño o de proceso.

Coach: Es la persona que instruye y/o entrena en los fundamentos de algún método o técnica, también dirige la estrategia cuando es necesario.

CTQ: Abreviación en Ingles de Critical for Quality Requirements. Son el conjunto de requerimientos que el equipo ejecutivo considera críticos y que determinarán el éxito del proyecto, producto o proceso.

Cuartiles: Valores de un conjunto ordenado de datos que dividen el total de observaciones en cuatro cuartos, cada uno de los cuales contiene .25% de los valores observados.

Datum: Superficies que localizan una parte. Un punto, línea, plano o combinación de ellos que define como una parte es sujeta para producción y medición.

Desviación estándar: Se define como la raíz cuadrada de la varianza. Junto con este valor, la desviación típica es una medida (cuadrática) que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética, expresada en las mismas unidades que la variable.

Distribución normal: Es una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece aproximada en fenómenos reales. La gráfica de su función de densidad tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de un determinado parámetro. Esta curva se conoce como campana de Gauss y es el gráfico de una función gaussiana.

DOE: Design of Experiments (Diseño Experimental). Es usado cuándo un proceso es afectado por diferentes factores. En el diseño de Experimentos varios factores son probados al mismo tiempo.

Error estadístico: Se trata de una apreciación histórica observacional de desviación de resultados y se acepta como “real” estadísticamente siempre que se hayan aplicado los principios estadísticos apropiados.

Estadística descriptiva: Realiza el estudio sobre la población completa, observando una característica de la misma y calculando unos parámetros que den información global de toda la población.

Estadística inferencial: Es una parte de la estadística que comprende los métodos y procedimientos para deducir propiedades de una población estadística, a partir de una pequeña parte de la misma.

EVOP: Evolutionary Operation of Processes (EVOP) Es una técnica de diseño experimental que consiste en hacer cambios pequeños a un proceso durante el funcionamiento normal. El objetivo es encontrar las condiciones óptimas de funcionamiento.

Familias de Diseño: Familias de variación que describen la forma de una parte.

Familias de Proceso: Familias de variación que involucran a varias partes definidas por la estructura capital de las operaciones de manufactura.

Frecuencia estadística: Se llama frecuencia a la cantidad de veces que se repite un determinado valor de la variable.

Grados de libertad: Es un estimador del número de categorías independientes en una prueba particular o experimento estadístico.

Green Y[®]: La respuesta que proporciona apalancamiento de ingeniería para una solución de problemas efectiva. Para ser útil, la Green Y[®] debe relacionarse con física o términos de ingeniería.

Ingeniero de calidad: Se encarga de seleccionar las mejores técnicas para un proceso determinado, y así determinar el nivel de calidad, tomando las medidas adecuadas para mantener o mejorar la calidad del proceso, si es necesario.

Ingeniero de proceso: Es el encargado de es diseñar, poner en marcha y ejecutar todo lo necesario para obtener la óptima explotación de los sistemas o procesos a instalar en los departamentos de producción de las empresas industriales.

Instrucciones de Trabajo: Son instrucciones diseñadas para asegurar que los procesos son consistentes, oportunos y repetibles.

Interacción: En la estadística, una interacción es un término utilizado cuando el efecto de dos o más variables no es aditivo.

Media aritmética: Medida de tendencia central obtenida de datos no agrupados al sumar los valores observados y dividir su suma entre el número de observaciones.

Media: Es el promedio de un conjunto de datos.

Mediana: Representa el valor de la variable de posición central en un conjunto de datos ordenados.

Métrico: El IEEE “Standard Glossary of Software Engineering Terms” define métrico como “una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado.

Moda: Es el valor con una mayor frecuencia en una distribución de datos.

MSA: Abreviación en Inglés para Measurement System Analysis. Análisis del Sistema de Medición Los sistemas de medición, al igual que los demás procesos incluyen variación y error. El MSA es la herramienta utilizada para evaluar esta variación y medición de nuestro sistema de medición.

Muestra: Es un subconjunto de casos o individuos de una población

Muestreo: En estadística se conoce como muestreo a la técnica para la selección de una muestra a partir de una población.

Muestreo: Es la técnica para la selección de una muestra a partir de una población.

Obstetricia: Es una rama de las Ciencias de la salud que se ocupa de la mujer en todo su periodo fértil (embarazo, parto y puerperio), comprendiendo también los aspectos psicológicos y sociales de la maternidad. Los profesionales de la salud especializados en atender los partos normales se llaman, dependiendo del país, matrona/matrón u obstetrix/obstetra.

OEE: El OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos) es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial.

Panacea: Remedio o solución capaz de solventarlo o arreglarlo todo.

Pink X[®]: En Shainin, es un factor que influye en la Green Y pero que no es la que tiene el mayor contraste. Frecuentemente es parte de una interacción donde la Red X tiene el mayor efecto.

Plan de Control: Es un documento clave para el control de los procesos. Especifica las variables del proceso y las características requeridas del producto y como serán medidas y controladas.

Población: También llamada universo o colectivo, es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones.

Poka Yoke: Es un mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o en su defecto, evidenciando el error para que el operario lo corrija a tiempo.

Probabilidad: Mide la frecuencia con la que se obtiene un resultado (o conjunto de resultados) al llevar a cabo un experimento aleatorio, del que se conocen todos los resultados posibles, bajo condiciones suficientemente estables.

Proceso Sigma: El nivel Sigma es calculado utilizando la distribución normal. La idea es que la separación entre el límite superior y el límite inferior de la especificación sea de al menos 12 desviaciones estándar. (6 desviaciones estándar de cada lado).

Product Risk ReduXion[®]: Es un enfoque proactivo usado para identificar y prevenir problemas en etapas tempranas del diseño de un producto, así como a través de del ciclo de vida del mismo.

Rango: Intervalo de menor tamaño que contiene a los datos; es calculable mediante la resta del valor mínimo al valor máximo.

Red X[®]: La causa con mayor apalancamiento en cambios de la Green Y[®] de BOB a WOW. Puede ser una sola variable o la interacción entre varias.

Regresión Múltiple: Es un tipo de regresión lineal que relaciona la salida con múltiples entradas.

Riesgo de seguridad: Es el riesgo de que alguna persona resulte afectada por el malfuncionamiento de un producto. Puede ser desde la siguiente operación dentro de un proceso de manufactura, hasta el usuario final.

SPC: Statistical Process Control. Control Estadístico del Proceso. Involucra el uso de métodos estadísticos para monitorear los procesos. Es usado para asegurar que los procesos sean estables.

Sub-ensamble: Es un conjunto de piezas que se han unido para formar parte de un ensamble mayor.

Superficie de Respuesta: Es una superficie en $(n+1)$ dimensiones que representa las variaciones esperadas de una variable de respuesta, mientras los valores de n variables son cambiados.

Tabla de frecuencias o distribución de frecuencias: Es la agrupación de datos en categorías mutuamente excluyentes que indican el número de observaciones en cada categoría.

Técnica: Es un conjunto de reglas, normas o protocolos que se utiliza como medio para llegar a un cierto fin.

TransaXional[®]: Este enfoque analiza y mejora las diferentes operaciones administrativas usando las herramientas de Shainin[®].

Varianza: Es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.

BIBLIOGRAFIA

1. Breakthrough Management Group. FUNDAMENTOS DE ESTADÍSTICA BÁSICA. Propiedad no publicada, disponible sólo bajo licencia. 2003.
2. Breakthrough Management Group. INTRODUCCIÓN A SEIS SIGMA. Propiedad no publicada, disponible sólo bajo licencia. 2003.
3. Breakthrough Management Group. MÉTODOS GRÁFICOS. Propiedad no publicada, disponible sólo bajo licencia. 2003.
4. Charles H. Kepner-Benjamin B. Tregoe. THE NEW RATIONAL MANAGER (el nuevo directivo racional), Editorial Princeton Research Press. Segunda edición. 1981, 1997.
5. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows y Jorgen Randers. BEYOND THE LIMITS (Más allá de los límites). Editorial Earthscan. 1992.
6. El Economista (Revista). VIVIENDO CON EL AUTO, Publicada el 22 de junio. 1996.
7. Henry Ford. MY PHILOSOPHY OF INDUSTRY (Mi filosofía sobre la Industria). Coward-McCann Inc. 1929.
8. Horovitz, Jacques. LA CALIDAD DEL SERVICIO. Editorial McGraw Hill. 1991.
9. <http://definicion.de/liderazgo/> consultado el 07 de marzo de 2012.
10. Independent on Sunday. CHAOS THEORY EXPLODES HOLLYWOOD HYPE.30 de Marzo. 1997.
11. John Adair. EFFECTIVE INNOVATION (Innovación Efectiva). Editorial Pan Books. 1996.
12. Juran, J.M.; Godfrey, A.B. QUALITY HANDBOOK (Manual de Calidad). 5a edición. Editorial McGraw-Hill. 1999.
13. Michael J. Gelb. HOW TO THINK LIKE LEONARDO DA VINCI (Como pensar como Leonardo Da Vinci). Ed. Delta. 2004.
14. Richard Koch. THE 80/20 PRINCLIPLE. HOW TO ACHIEVE MORE WITH LESS (El principio 80/20. Cómo lograr más con menos). Ed. Crown Business. 2008.
15. Robert Bosch GmbH. BASIC CONCEPTS OF TECHNICAL STATISTICS (Conceptos Básicos de Estadística Técnica). Propiedad no publicada, documento de acceso restringido. 1996.

-
-
16. Robert Bosch GmbH. ELEMENTARY QUALITY ASSURANCE TOOLS (Herramientas de Calidad Elementales). Propiedad no publicada, documento de acceso restringido. 1992, 1997.
 17. Shainin LLC. ADVANCED RED X STRATEGIES FOR MANUFACTURING (Estrategias Red X Avanzadas para Manufactura). Propiedad no publicada, disponible sólo bajo licencia. 2008.
 18. Shainin LLC. RED X STRATEGIES FOR MANUFACTURING (Estrategias Red X para Manufactura). Propiedad no publicada, disponible sólo bajo licencia. 2007.
 19. Steve Wilson. NEWTON: BRINGING AI OUT OF THE IVORY TOWER (Newton: Trayendo la inteligencia artificial de la torre de marfil). AI expert (Revista). February 1. 1994.
 20. The Arbinger Institute. LEADERSHIP AND SELFDECEPTION (Liderazgo y Auto Engaño). Editorial Berret & Koehler. Segunda edición. 2010.
 21. The Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE STANDARD GLOSSARY OF SOFTWARE ENGINEERING TERMINOLOGY (Glosario estándar de terminología para software de ingeniería del IEEE). St. 610.121990. 1990.
 22. Thompson, Phillip C. CÍRCULOS DE CALIDAD. CÓMO HACER QUE FUNCIONEN. Grupo Editorial Norma. Primera Edición. 1994.



ANEXOS

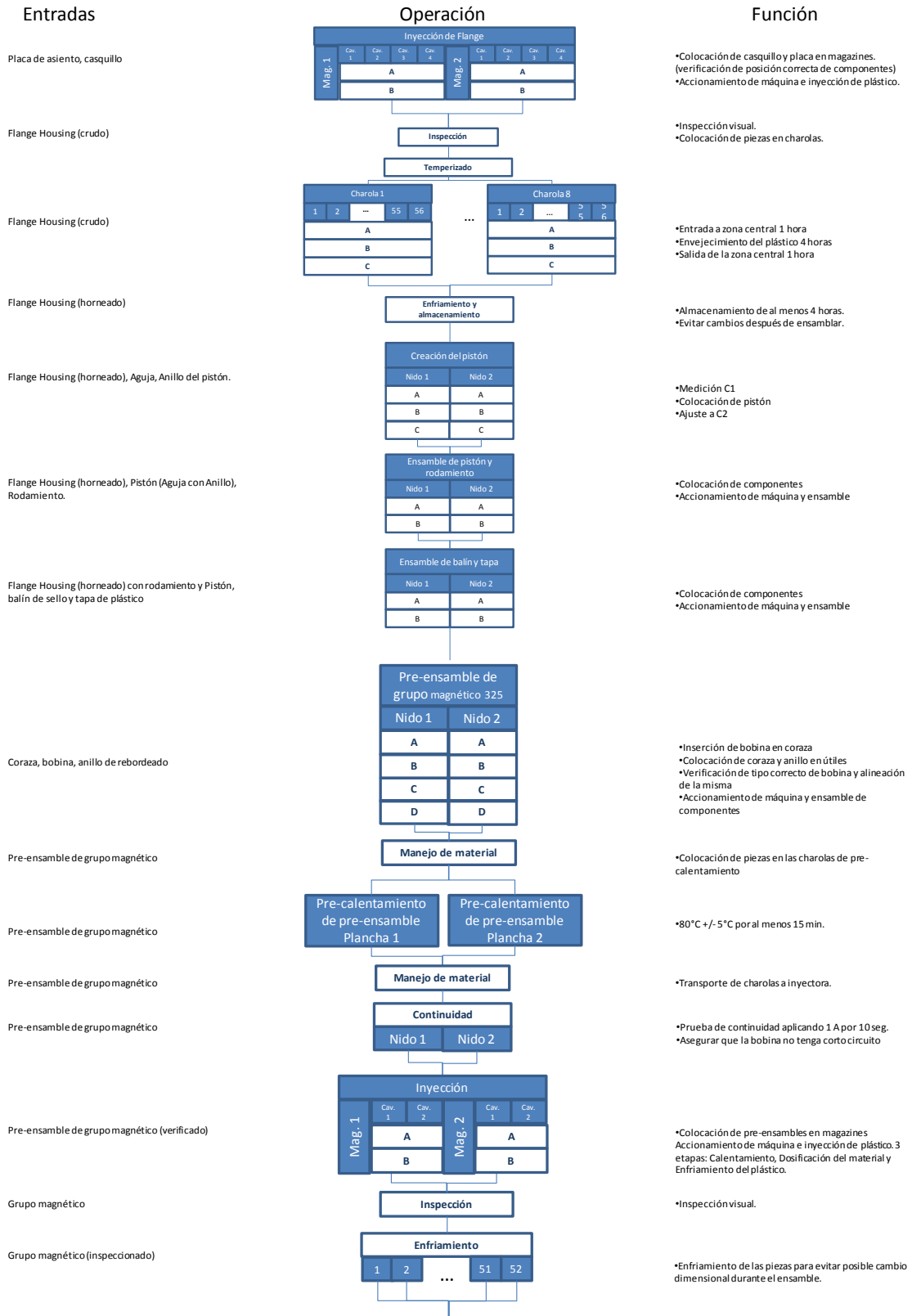
ANEXO A. Tabla De Variantes Para Prueba De Confirmación Mejor Vs Actual En Base Al Nivel De Riesgo Aceptado Y/O Disponibilidad De Piezas

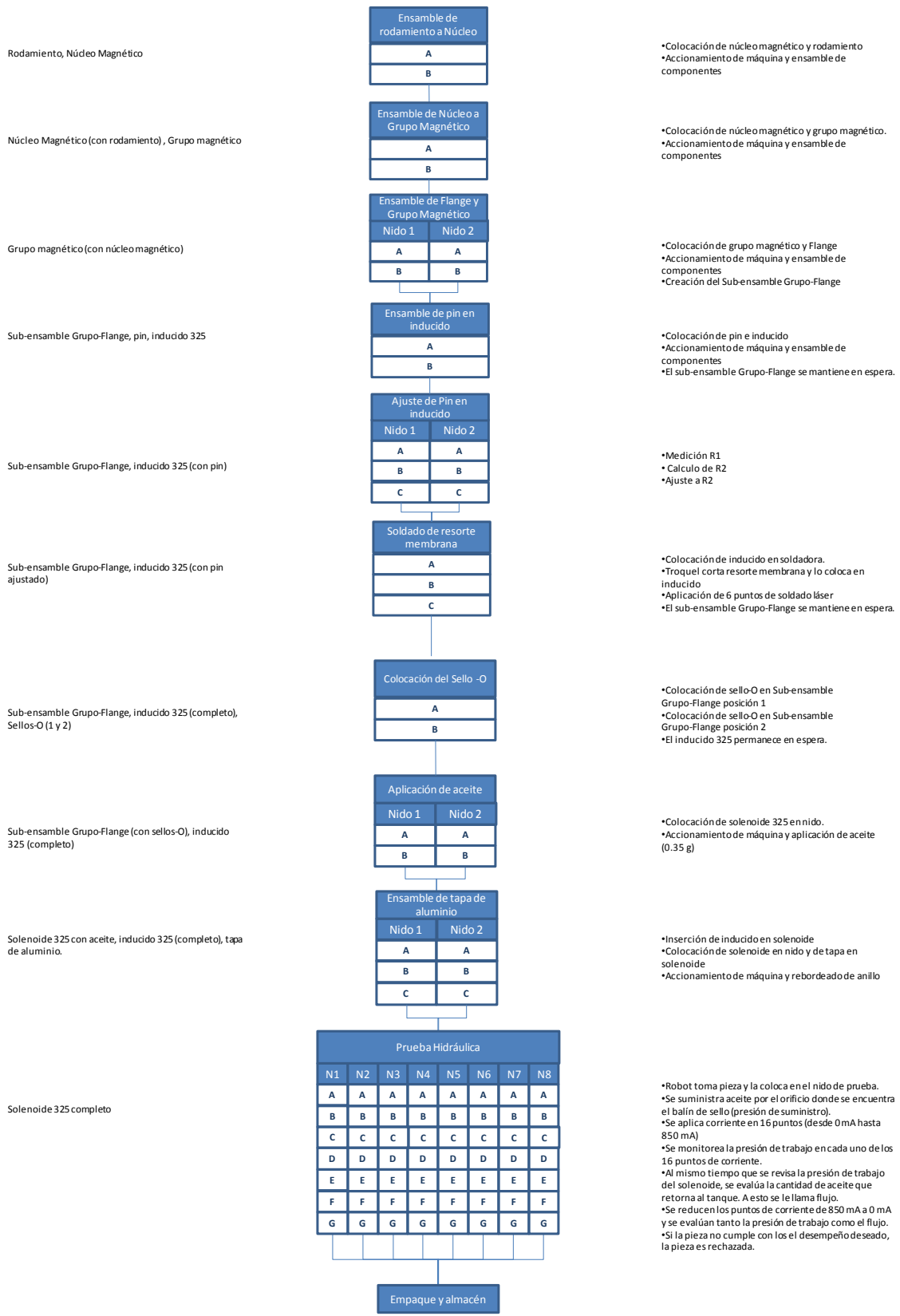
Consecuencia de una Decisión Equivocada		Número de piezas a probar	
Nivel de confianza deseado	Riesgo α	X_B	X_M
0.999 Super Crítico	0.001	3	16
		4	10
		5	8
		6	6
0.99 Crítico	0.01	2	13
		3	7
		4	5
		5	4
0.95 Importante	0.05	1	19
		2	5
		3	3
0.90 Moderado	0.10	1	9
		2	3

X_B y X_M piezas producidas en los niveles del ES y NO ES respectivamente.

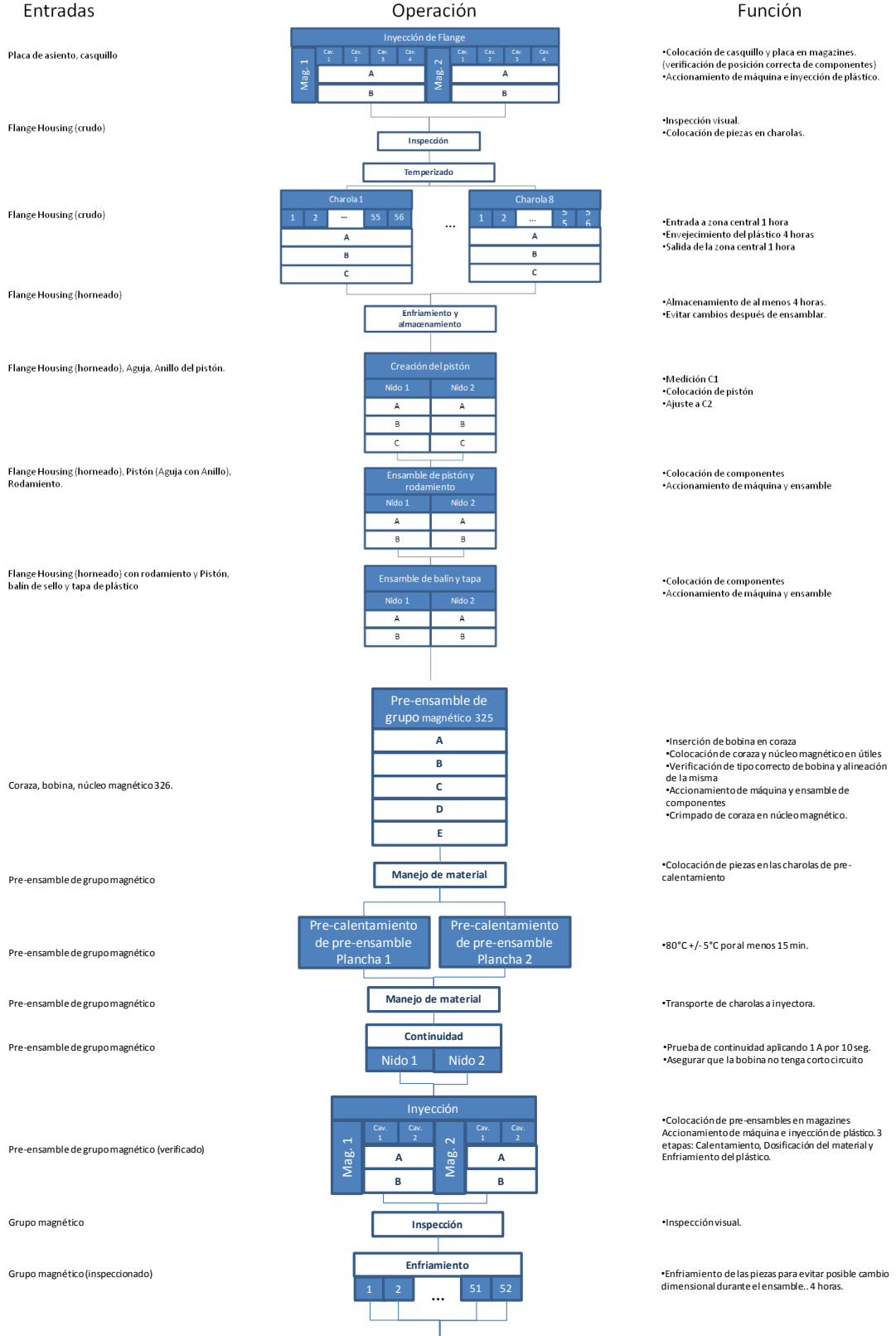
Nota: Si se observa un valor cruzado en la prueba (una X_B con un resultado Malo o viceversa), entonces se considera como prueba fallida.

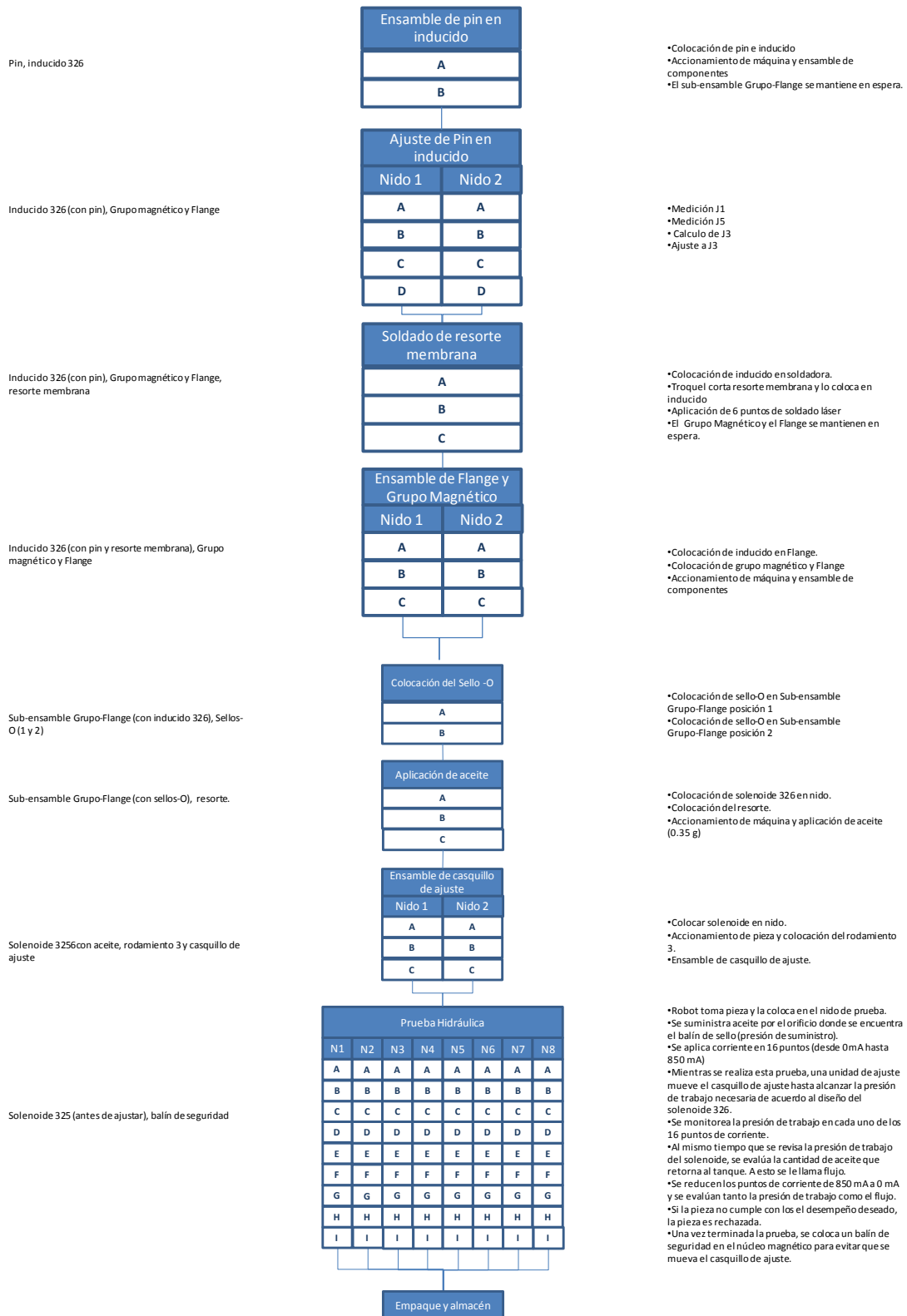
ANEXO B: Diagrama De Flujo Del Proceso De Ensamble Del Solenoide 325.





ANEXO C: Diagrama De Flujo Del Proceso De Ensamble Del Solenoide 326.





ANEXO D: FORMATO PARA EL REPORTE DEL ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS KEPNER TREGOE.

Describir el Problema		Identificar posibles causas			Evaluar las posibles causas		
Fundado el problema		Usar Distinciones y Cambios, o...		Conocimiento y Experiencia		Si _____ es la causa verdadera de _____ ¿Cómo se explica tanto la información del ES como del NO ES?	
Especificar el problema	ES	NO ES	Distintos	Cambios	Posibles Causas	No explica...	Se explica sólo si...
QUÉ			1	1	1		
1. ¿Qué objeto?			2	2	2		
			4	4	4		
2. ¿Qué desviación?			5	5	5		
			6	6	6		
DÓNDE			7	7	7		
3. ¿Dónde geográficamente?			8	8	8		
			9	9	9		
4. ¿Dónde en el objeto?			10	10	10		
			11	11	11		
CUÁNDO			Determinar la causa más probable				
5. ¿Cuándo por primera vez?			¿Cuál es la causa que mejor explica la información del ES y del NO ES? ----- ----- -----				
6. ¿Cuándo desde entonces?			Confirmar la causa verdadera				
7. ¿Cuándo en el ciclo de vida?			Confirmación: ----- ----- -----				
CUÁNTO			Plene más allá de la solución				
8. ¿Cuántos objetos?			Extender la causa ----- ----- -----				
9. ¿Cuál es el tamaño?			Extender la solución ----- ----- -----				
10. ¿Cuántas desviaciones?							
11. ¿Cuál es la tendencia?							

Nota: Se puede ajustar la dimensión de las celdas y el tamaño de fuente, según se requiera.

ANEXO E: Reporte del análisis y Solución del problema No. 1 La falta de inyección en la parte trasera de las terminales del grupo magnético 326.

Describir el Problema		Identificar posibles causas		Evaluar las posibles causas					
Enunciado del problema El grupo magnético 326 presenta falta de inyección en la parte trasera de las terminales, el defecto observado es en forma de línea. El subensamblaje no debería presentar dicho fallo, esta es 9 mm de falta de inyección en la zona mencionada.		Identificar posibles causas Dar Distingos y Cambios, e...		Conocimiento y Experiencia Si en la causa verdadera de... (Cómo se explica tanto la información del ES como del NO ES?)					
Especificación del problema ES NO ES		Distingos Cambios Posibles Causas		No explica... Se explica sólo si...					
1. ¿Qué objeto? ES NO ES		El Grupo Magnético 326 del subensamblaje A. El Grupo Magnético 325 del subensamblaje B.		1 No aplica diferencias han existido desde siempre (diseño del producto). 2 Se necesita más información. Esta falta apareció en Noviembre del 2008. Se desconoce el cambio que la provocó. 3 No aplica. No hay un cambio específico aplicado a todas las células. 4 No aplica. No hay un cambio específico aplicado a todas las células.			Existen interferencias entre las terminales y el molde que el inserto suporta en el momento de la inyección. Que sea sólo el grupo magnético 326 y no el 325. Que la falta se presenta en todas las células de manufactura y no en una sola. Que el defecto que presenta el inserto sea en dirección a la localización de la falta solamente. El inserto sólo se reemplazó en un molde. Con esta información mencionada no aplica hacer suposición. Que sólo sea en la parte trasera y en la sección inferior de la parte trasera. La falta ocurrió en Octubre y no antes. El inserto fue intencionalmente y en todas las líneas. Los insertos con falta fueron producidos en 2008.		
2. ¿Qué desviación? Falta de inyección		Sobre inyección Posibilidad		5 No aplica. No se presenta el defecto. 6 No aplica. No se presenta el defecto. 7 Se necesita más información muchos aspectos pueden ser diferentes entre Oct 2008 y antes de esa fecha. 8 No aplica. No se presenta el defecto.			1 No aplica. No se presenta el defecto. 2 Se necesita más información. Esta falta apareció en Noviembre del 2008. Se desconoce el cambio que la provocó. 3 No aplica. No hay un cambio específico aplicado a todas las células. 4 No aplica. No hay un cambio específico aplicado a todas las células. 5 Ocurrencia de la falta (aprox. 300 pzas. diarias por las tres células de producción). 6 No aplica. No se presenta el defecto. 7 Se necesita más información. Esta falta apareció en Octubre y no antes. 8 No aplica. No se presenta el defecto.		
DÓNDE ES NO ES		En todas las células de manufactura del subensamblaje A. En la planta de Toluca.		9 Se necesita más información. 10 Se necesita más información. 11 Se necesita más información.			9 Se necesita más información. 10 Se necesita más información. 11 Se necesita más información.		
3. ¿Dónde geográficamente? En todas las células de manufactura del subensamblaje A. En la planta de Toluca.		En el centro de plástico que rodea el núcleo magnético. En la parte frontal del área de las terminales. En todas las secciones de la parte trasera de las terminales.		12 Se necesita más información. 13 Se necesita más información. 14 Se necesita más información.			12 Se necesita más información. 13 Se necesita más información. 14 Se necesita más información.		
4. ¿Dónde en el objeto? En el área de las terminales. En la parte trasera de esta área. Solamente la sección inferior de la parte trasera presenta el problema. En todas las secciones de la parte trasera de las terminales.		En el centro de plástico que rodea el núcleo magnético. En la parte frontal del área de las terminales. En todas las secciones de la parte trasera de las terminales.		15 Se necesita más información. 16 Se necesita más información. 17 Se necesita más información.			15 Se necesita más información. 16 Se necesita más información. 17 Se necesita más información.		
CUANDO ES NO ES		18 Se necesita más información. 19 Se necesita más información.		18 Se necesita más información. 19 Se necesita más información.			18 Se necesita más información. 19 Se necesita más información.		
5. ¿Cuándo por primera vez? 20 de Octubre del 2008		Antes de Octubre del 2008		Determinar la causa más probable ¿Cuál es la causa que mejor explica la información del ES y del NO ES? "La Bobina tiene una condición que no permite que el plástico cubra la zona de las terminales, específicamente la parte trasera."			Confirmar la causa verdadera Confirmando: Se encontró que las piezas tienen formación de fecha, línea, tuerca y curvatura del molde de curvatura en las que fueron producidas. Una prueba demostró que el mayor contraste se encuentra en la curvatura del molde del carril (ver subvivienda). Se midieron curvaturas buenas contra curvaturas malas y se detectó la distancia del centro del carril a la ventana donde se inserta la terminal como la causa más probable. Se corrió una prueba de confirmación mejor va actual para verificar la causa.		
6. ¿Cuándo desde entonces? Repetitivo en los últimos días de Octubre, a partir del 3 de Noviembre se observa un incremento considerable en la falta hasta llegar al 67% de occurrencia donde las fallas se mantienen por encima de los 100 rechazos diarios.		Sólo semana, repetitivo después de Octubre		Condiciones de prueba: Grupo Mejor: Carriles con distancia del centro del carril al centro de las ventanas donde se insertan las terminales (lado derecho) entre 14.287 y 14.299. Grupo Actual: Carriles con distancia del centro del carril al centro de las ventanas donde se insertan las terminales (lado derecho) entre 14.1789 y 14.1809. Nivel de Riesgo: 5% de riesgo de obtener un resultado exitoso por azar. Respuesta: Magnitud de la línea de falta de inyección en la parte trasera de las terminales, enfocándose en el valor de la terminal derecha.			Prueba de confirmación construyendo una separación completa en la variable observada (la falta de inyección). La variable causal era la distancia del centro del carril a la ventana donde se inserta la terminal, específicamente la ventana derecha.		
7. ¿Cuándo en el ciclo de vida? En producción en serie (Nov. 2008)		En el arranque de producción (2008)		Condiciones de prueba: Grupo Mejor: Carriles con distancia del centro del carril al centro de las ventanas donde se insertan las terminales (lado derecho) entre 14.287 y 14.299. Grupo Actual: Carriles con distancia del centro del carril al centro de las ventanas donde se insertan las terminales (lado derecho) entre 14.1789 y 14.1809. Nivel de Riesgo: 5% de riesgo de obtener un resultado exitoso por azar. Respuesta: Magnitud de la línea de falta de inyección en la parte trasera de las terminales, enfocándose en el valor de la terminal derecha.			Prueba de confirmación construyendo una separación completa en la variable observada (la falta de inyección). La variable causal era la distancia del centro del carril a la ventana donde se inserta la terminal, específicamente la ventana derecha.		
8. ¿Cuántos objetos? Aproximadamente 300 piezas diarias por las 3 células de producción.		Mejor o menor a 300 piezas por día entre las 3 células de producción.		Piense más allá de la solución			Prueba de confirmación construyendo una separación completa en la variable observada (la falta de inyección). La variable causal era la distancia del centro del carril a la ventana donde se inserta la terminal, específicamente la ventana derecha.		
9. ¿Cuál es el tamaño? La línea observada como falta de inyección mide desde 2 a 6 mm de longitud.		Mejor o menor a 6 mm de longitud		Piense más allá de la solución			Prueba de confirmación construyendo una separación completa en la variable observada (la falta de inyección). La variable causal era la distancia del centro del carril a la ventana donde se inserta la terminal, específicamente la ventana derecha.		
10. ¿Cuántas desviaciones? Cada pieza tiene dos líneas de falta de inyección, la derecha siempre es mejor que la izquierda.		Una sola línea de falta de inyección. Más de dos líneas de falta de inyección.		Piense más allá de la solución			Prueba de confirmación construyendo una separación completa en la variable observada (la falta de inyección). La variable causal era la distancia del centro del carril a la ventana donde se inserta la terminal, específicamente la ventana derecha.		
11. ¿Cuál es la tendencia? Inestable desde 1 pieza hasta 200 piezas rechazadas por día por célula.		Estable, una cantidad fija de piezas rechazadas al día por línea.		Piense más allá de la solución			Prueba de confirmación construyendo una separación completa en la variable observada (la falta de inyección). La variable causal era la distancia del centro del carril a la ventana donde se inserta la terminal, específicamente la ventana derecha.		

Nota: Se recomienda imprimir el reporte en formato A3 para tener una correcta apreciación de los datos del reporte.

ANEXO F: Reporte del análisis y Solución del problema No. 2 Exceso de rechazo en prueba final del solenoide 325.

Describir el Problema		Identificar posibles causas		Evaluar las posibles causas
Enunciado del problema Se tiene alto rechazo (14%) del solenoide A-325 por falta de histéresis, el cual es detectado en el banco de pruebas durante la prueba final. El exceso de rechazo es detectado solo en la zona C.		Usar Distinguir y Cambiar, e... Conocimiento y Experiencia		Si es la causa verdadera de... Cómo se explica, tanto la información del ES como del NDES?
Especificar el problema QUE:		ES	NO ES	Si No explica... Si explica solo si...
¿Qué objeto? El solenoide A-325.		El solenoide A-326.	1- La estructura del grupo magnético, el inductor y el funcionamiento son las diferentes más importantes. -El grupo magnético, el frange y el funcionamiento.	1- N/A. Diferencias entre el 325 y 326 eran dadas por diferentes solenoide 325 no se pudo comparar como un solenoide 326. No se había un cambio de diseño. -N/A solenoide 326 a su diferencia en construcción, desempuje y diseño.
2- ¿Qué derivación? Rechazo por falta funcional. La falta específica histéresis.		3- N/A. Al ser una falta funcional, el único lugar donde pudiera ser detectado es en el banco de pruebas. Se necesita más información, las celdas A, B y C son celdas grandes, no debería haber diferencia entre ellas. -La planta de Toluca produce en una celda en un día lo que la planta alemana produce en un mes. Existen muchas diferencias en las máquinas de ensamble del solenoide, componentes operativos etc. El banco de pruebas es el mismo equipo.	2- Nada ha cambiado en torno a esta diferencia. Son diferentes modos de falla.	2- No explica que la falta se presente solo en el punto de corriente de los 306 mA.
DÓNDE:		ES	NO ES	Si No explica... Si explica solo si...
3- ¿Dónde geográficamente? Detenido en el banco de pruebas al final de la línea de producción. En la celda de producción C. El exceso de rechazo se observa en la planta de Toluca.		4- En el solenoide. Se necesita más información. - En el banco de pruebas. Todos los lados de prueba tienen el mismo tipo de abastecimiento y diseño.	3- N/A. - Se necesita más información en cuanto a los límites, no se conoce si hubo un cambio en abastecimiento en la celda de manufactura C. -Las diferencias entre la planta de Toluca y la planta alemana han existido desde siempre.	3- No explica que la falta se presente solo en el punto de corriente de los 306 mA.
4- ¿Dónde en el objeto? Al ser una falta funcional podemos decir que hay dos "objetos". El solenoide A-325. La falta se genera en el punto donde se aplican los 306 mA. -En el banco de pruebas. De todos los lados o de alguno diferente al lado 6.		5- Se necesita más información. Muchos aspectos pueden ser diferentes entre el 21 de Enero de 2011.	4- Se necesita más información no se sabe si cambió algo que afecta al solenoide y al banco.	4- No explica la tendencia. -No explica los niveles de rechazo.
CUANDO:		ES	NO ES	Si No explica... Si explica solo si...
5- ¿Cuándo por primera vez? En la tercera semana de Enero del 2011. Empezando el día 21.		6- Se necesita más información. No indica que hubo un problema en enero y que esa condición fue compensada hasta llegar a los niveles más altos de rechazo.	5- Se necesita más información.	5- No explica los niveles de rechazo.
6- ¿Cuándo desde entonces? Continúa, los primeros días el porcentaje de rechazo estuvo en niveles altos y 8% posteriormente se incrementó hasta alcanzar el 14% de rechazo, al llegar a este nivel se mantuvo constante.		7- No aplica al difícil saber que es diferente entre 2001 y 2011. Muchos aspectos pueden ser.	6- Se necesita más información. No se tiene ningún registro de algún cambio que se podría relacionar al problema.	6- La falta se presente solo en el punto de corriente de los 306 mA.
7- ¿Cuándo en el ciclo de vida? La histéresis ha existido desde el inicio de producción, sin embargo este nivel de rechazo no se presentaba.		8- Se necesita más información.	7- N/A.	7- La falta haya comenzado el 21 de enero del 2011. -No explica la tendencia. -La degradación del dato se detuvo al alcanzar el 14% de rechazo.
CUANTO:		ES	NO ES	Si No explica... Si explica solo si...
8- ¿Cuántos objetos? El 14% de la producción total del solenoide A-325.		9- Se necesita más información.	8- Se necesita más información.	8- No explica los niveles de rechazo.
9- ¿Cuál es el tamaño? El nivel de histéresis está por arriba del límite de 400 IPa. El frange de las piezas malas está entre 430 y 400 IPa.		10- Se necesita más información.	9- Se necesita más información.	9- No explica los niveles de rechazo.
10- ¿Cuáles derivaciones? Cada solenoide que falla supera a los 400 IPa en un solo punto de corriente (306 mA).		11- Se necesita más información.	10- Se necesita más información.	10- No explica los niveles de rechazo.
11- ¿Cuál es la tendencia? Estable. La falta comenzó en 4% y se incrementó hasta llegar a 14% en esta nivel de rechazo el problema se mantuvo estable.		12- Se necesita más información.	11- Se necesita más información.	11- No explica los niveles de rechazo.
Determinar la causa más probable ¿Cuál es la causa que mejor explica la información del ES y del NDES? "La fuente de poder del lado de prueba no. 6 no suministra correctamente la corriente, ocasionando variaciones en la presión de trabajo del solenoide."				
Confirmar la causa verdadera Confirmación: Se verificó la corriente suministrada por la fuente de poder del lado 6. Usando un multímetro, se tomaron mediciones de la aplicación de corriente en los 16 puntos, los que se realizó la prueba funcional, se tomaron diez lecturas de cada punto. Se realizó el mismo procedimiento con el lado 5 ya que es un más controlando al no tener rechazo. Además de que se enciende a un lado del lado 6 y que ambos lados prueban el mismo tipo de solenoide. Se encontró que la fuente de poder del lado 6, tiene variación entre ciclo y ciclo, especialmente en el punto de corriente de los 306 mA.				
Plene más allá de la solución				
Extraher la causa: ¿Qué otro dato podría ser creado por esta misma causa? R: Se revisaron otros modos de falla, como se había detectado previamente el único modo de falla afectado fue la histéresis y que es la única característica que considera dos mediciones de presión en el mismo punto de corriente en la misma prueba. Sin embargo se observa una mejora significativa en los valores de histéresis. R: No aplica, solo la histéresis fue afectada por el dato de la fuente. Sin embargo para aprovechar la información obtenida lo que se hizo fue evaluar el funcionamiento de las fuentes de poder de todos los lados de prueba de los 3 bancos de cada celda de manufactura. Detectando 3 lados de prueba con un comportamiento similar pero sin llegar al nivel de rechazo actual. ¿Qué causó la causa? R: Se detectó que uno de los componentes tenía un corto circuito, lo cual generaba la interrupción en la alimentación de la corriente. Después de revisar diferentes bancos se encontró que en la segunda semana de enero hubo una tormenta eléctrica que generó un golpe en algunas áreas de la planta, incluyendo el área donde se fabrica el solenoide A. ¿Por qué no se detectó (sistema) / ¿cómo accionó? R: Este caso fue complicado ya que dentro del plan de mantenimiento se tiene la calibración de los equipos, el problema es que es cada 6 meses y no había realizado en diciembre. Lo que se agregó es una lista de tareas a realizar cuando se tenga un incremento de rechazo, haciendo por evaluar el sistema de medición.				
Extraher la solución: ¿Qué otras cosas idénticas necesitan la misma solución? R: Se detectaron otras fuentes de poder con un funcionamiento errático, la acción correctiva fue la misma, reemplazarlos por nuevos y enviar los equipos dañados a reparación. ¿Qué problema podría ocasionar esta solución? R: Las acciones correctivas no ocasionan ningún problema nuevo ya que no solo fue reemplazados los equipos sospechosos-dañados, sino asegurar el correcto funcionamiento de los mismos.				

Nota: Se recomienda imprimir el reporte en formato A3 para tener una correcta apreciación de los datos del reporte.