

Ecuador – Agosto 2017 - ISSN: 1696-8352

MODELO DE GESTION DE CALIDAD PARA PROCESOS CRITICOS EN EL ENSAMBLAJE DE VEHICULOS CON EL USO DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS DE CALIDAD

Eddy Stalin Alvarado Pacheco

Ingeniero Industrial
Magister en Gestion Industrial y Sistemas Productivos
Docente de la Universidad Estatal de Bolívar (2016– 2017) Ecuador
eddyalvaradopacheco@gmail.com

Alexandra Maribel Argüello Pazmiño

Ingeniera en Finanzas
Magister en Administración de Empresas Mención Planeación
Docente de la Universidad Estatal de Bolívar (2013 – 2017) Ecuador
amarquello@ueb.edu.ec.com

Verónica del Carmen Arguello Delgado

Licenciada en Contabilidad y Auditoría
Magister en Auditoría Integral
Docente de la Universidad Estatal de Bolívar (2013 – 2017) Ecuador
varquello@ueb.edu.ec.com

José Luis Gavidia García

Magister en Gestión Industrial y Sistemas Productivos, Ingeniero Industrial.
Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (2013 – 2017)
moneno51@hotmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Eddy Stalin Alvarado Pacheco, Alexandra Maribel Argüello Pazmiño, Verónica del Carmen Arguello Delgado y José Luis Gavidia García (2017): “Modelo de gestión de calidad para procesos críticos en el ensamblaje de vehículos con el uso de herramientas estadísticas de calidad”, Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador, (agosto 2017). En línea:

<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/ensamblaje-vehiculos.html>

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es para desarrollar un modelo de gestión de calidad para procesos críticos en el ensamblaje de vehículos mediante el uso de las herramientas estadísticas de Calidad. En este estudio nos vamos a enfocar en procesos de ajuste dentro del ensamblaje de un vehículo, en estos procesos existen una gran cantidad de partes que se tienen que acoplar. Muchos de ellos al no ser realizados según lo especificado por el fabricante pueden causar la muerte del usuario si llegaran a fallar, la gran cantidad de procesos críticos involucrados directamente con la seguridad del usuario durante el ensamblaje de un vehículo nos obliga a tener un control bastante estricto, ordenado y detallado de cada uno de ellos.

Las personas encargadas de este control tienen que tener un alto nivel organización y ser muy metódicos al momento de realizar cada uno de los controles si hablamos que dentro del ensamblaje de una camioneta podemos llegar a tener hasta 1000 ITEMS bajo control estadístico.

Para un buen desarrollo y un mejor entendimiento de este modelo de gestión de la calidad vamos a apoyarnos en el ciclo de Deming Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA).

El indicador que evalúa este modelo de gestión es el de capacidad de proceso aplicando las herramientas del SPC (Statistical Process Control), su valor numérico se evaluara con Cp y Cpk y esta forma tendremos un control permanente del nivel de calidad de los procesos de ajuste en las diferentes operaciones críticas.

Es importante resaltar que el sistema CCO (Control Critico de Operaciones) como lo vamos a denominar durante el desarrollo de esta investigación, no es una herramienta correctiva por el contrario es preventiva y se enfoca en evitar que se escapen defectos hacia las estaciones de verificación y que mejor sean controladas al interior de las líneas de ensamble. El liderazgo tiene que garantizar que la metodología se mantenga activa y funcional en el tiempo y esto se puede obtener con un control cruzado entre todas las áreas involucradas como son (producción, procesos, ingeniería de calidad y mantenimiento).

PALABRAS CLAVE: Calidad. Procesos. SPC. PHVA. CCO. Ensamble. Producción.

SUMMARY

The objective of this research is to develop a quality management model for critical processes in the assembly of vehicles by using the statistical tools of Quality. In this study we are going to focus on adjustment processes within the assembly of a vehicle, in these processes there are a lot of parts that have to be coupled. Many of them, if not performed as specified by the manufacturer, can cause the user's death if they fail, the large number of critical processes directly involved with the safety of the user during the assembly of a vehicle forces us to have a sufficient control Strict, ordered and detailed of each one of them.

The people in charge of this control have to have a high level of organization and be very methodical when carrying out each of the controls if we speak that within the assembly of a van we can have up to 1000 ITEMS under statistical control.

For a good development and a better understanding of this model of quality management, we will be supporting the Deming cycle to Plan, Do, Check and Act (PHVA).

The indicator that evaluates this management model is the one of process capacity applying the tools of the SPC (Statistical Process Control), its numerical value will be evaluated with Cp and Cpk and this way we will have a permanent control of the level of quality of the adjustment processes In the different critical operations.

It is important to point out that the CCO (Critical Control of Operations) system, as we will call it during the development of this investigation, is not a corrective tool but is preventive and focuses on avoiding defects escaping to the verification stations and That are better controlled inside the assembly lines. Leadership has to ensure that the methodology is kept active and functional over time and this can be achieved through cross-control between all involved areas (production, processes, quality engineering and maintenance).

KEYWORDS: Quality. Processes. SPC. PHVA. CCO. Assembly. Production.

1.- INTRODUCCIÓN

En 1883 el ingeniero alemán Karl Benz crea la Benz & Company. Karl Benz construyó su primer modelo en 1885 en Mannheim. Benz lo patentó el 29 de enero de 1886 y empezó a producirlo en 1888. Ha sido considerado históricamente como el primer vehículo equipado con motor de combustión interna pero fue hasta el 8 de octubre de 1908 donde Henry Ford comenzó a producir automóviles en una cadena de montaje, son más de 100 años ensamblando vehículos que llevaron a muchos ingenieros a trabajar en los niveles más altos de calidad dentro de una planta de ensamblaje donde nace el control de las operaciones críticas de ajuste dentro del ensamblaje de un vehículo. (tecnologia-lcp.orgfree., 2010)

El proceso de aplicación de un par de fuerza en una sujeción roscada, comúnmente llamado "torque" sobre una tuerca o tornillo, va más allá de lo que es el simple cumplimiento de una especificación de ensamble. El ejercicio de girar el sujetador roscado significa convertir el par de apriete en una fuerza axial para obtener una deformación, principalmente en el tornillo, el cual funciona como un acumulador de energía o "precarga" permitiendo que el ensamble trabaje como un componente único bajo las condiciones de carga esperada. En muchos casos prácticos la "precarga" no está asociada con ningún parámetro de control, en su lugar se observa el torque o par de apriete. La forma en que el torque y la precarga se relacionan se ve afectada principalmente por las pérdidas por fricción al girar un

componente respecto al otro y por las pérdidas debido a la resistencia que presentan algunos ensambles a ser unidos cuando se trata de cerrar los espacios libres requeridos para embonar las partes, incluyendo al propio conjunto de tornillo y tuerca.

El control de torque dinámico permite reducir el margen de variación en el torque residual resultante, y el control de giro asociado con la deformación elástica del tornillo plantea la posibilidad de obtener un mejor control de precarga en el elemento roscado.

En las líneas de ensamble los problemas de apriete en una sujeción roscada se pueden manifestar en las siguientes formas: Torques por debajo de la especificación que llevan a ensambles flojos durante o posteriormente al proceso de apriete, sobre-torques con falla del sujetador roscado o del ensamble, o por un atascamiento entre las roscas antes de alcanzar la precarga requerida. (Garib, 2008)

Es evidente la necesidad dentro de la Industria automotriz la necesidad de desarrollar un control estadístico de Calidad enfocado en las operaciones críticas del ensamblaje de un vehículo.

Según Duncan "Walter Shewhart de los Laboratorios Bell fue el primero en aplicar las cartas de control en 1924 haciendo un esbozo de la carta de control". Por otra parte "H. Dodge y H. Romig desarrollaron las tablas de inspección por muestreo de Dodge-Romig", como una alternativa a la inspección 100% al producto terminado, sin embargo su adopción en occidente fue muy lenta, Freeman, sugiere que esto se dio por "la tendencia de los ingenieros americanos a eliminar la variación, y su desdén por las teorías probabilísticas, así como a la falta de estadígrafos industriales, adecuadamente entrenados".

El trabajo de Shewhart, Dodge y Romig, constituye la mayor parte de lo que hoy se conoce como "Control Estadístico del Proceso". De esta forma con objeto de hacer más eficientes a las organizaciones de inspección, "se proporciona a los inspectores con unas cuantas herramientas estadísticas, tales como cartas de control y tablas de muestreo". Se reduce el nivel de variación del proceso hasta los límites predecibles y se identifican las oportunidades de mejora. Se establecen sistemas de medición formales desde los proveedores hasta el producto final y el proceso se "estandariza". Hoy en día la herramienta de las cartas de control (CEP) es utilizada por los círculos de control de calidad para la identificación de problemas. (Reyes Aguilar, 2006)

Un procedimiento basado en la toma de datos confiables genera un nivel de confianza adecuado esto depende de la calidad de las mediciones. Si la calidad de los datos es baja, nos dará procesos de baja calidad. De manera similar, si la calidad de los datos es alta, el beneficio será alto también en los procesos.

Para asegurar que el beneficio derivado del uso de los datos de medición es lo suficientemente bueno para garantizar el costo de obtenerlos, se necesita que la atención esté focalizada en la calidad de los datos.

Siempre que registramos o medimos los resultados de un proceso nos encontramos con cierta variación en los datos obtenidos. Esta variación puede provenir de fuentes distintas: por un lado, siempre habrá diferencias intrínsecas entre cualquier par de elementos que se pretendan medir, por otro, ningún método de medición es perfecto (si midiésemos el mismo elemento en repetidas ocasiones no obtendríamos siempre el mismo dato numérico). El Control Estadístico de Calidad (SPC) tiene como misión identificar las causas de variaciones intrínsecas en los procesos a fin de poder reducir dicha variación a niveles "tolerables", pero antes de aplicar las técnicas del SPC es necesario asegurarnos de que la variación registrada no es debida, al menos en su mayor parte, a los sistemas de medición utilizados. (GM, Analisis del sistema de medición, 2004)

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El enfoque principal de este trabajo de investigación es diseñar una metodología de control de operaciones críticas dentro de un proceso de ensamblaje, para el desarrollo de esta investigación tomaremos los procesos de ajuste dentro de la Industria Automotriz, en esta industria se maneja una cantidad muy grande de ítems o partes que son ensambladas dentro de los vehículos, estos ítems si no son ajustados según lo especificado por la fuente (fabricante), pueden desembocar en insatisfacciones menores o mayores de los usuarios considerando como una insatisfacción menor que la unidad deje de ser funcional o una mayor donde puede darse una fatalidad con el usuario, por este motivo es muy importante el control de calidad desde el proceso de ensamblaje y esto se garantiza con esta nueva herramienta de control estadístico de operaciones críticas de ajuste, la misma que mediante el uso de herramientas de Calidad, garantiza que estas operaciones estén dentro de especificaciones. (Alvarado, 2016)

Obtención de la información

La información es obtenida de una ensambladora nacional donde su estructura administrativa es muy sólida y mediante prueba y error se logró implementar este control estadístico de calidad de los procesos

críticos de ajuste, durante este tiempo se fueron detectando algunas incoherencias con el levantamiento y procesado de los datos, los mismos que se fueron puliendo y estructurando de forma adecuada para un mejor control estadístico de estos procesos críticos.

Variables de estudio y generación de indicadores

Para un mejor entendimiento de la funcionabilidad del sistema COC (Control de Operaciones Criticas) se estructurara según el PHVA y bajo esta estructura se va a desarrollar toda la propuesta (Alvarado, 2016).



Planear

Es muy importante para que el sistema COC funcione correctamente que el Auditor COC tenga un plan de actividades dentro de la planta basado en cronogramas de actividades, los mismos que se tienen que cumplir en su totalidad, para un mejor entendimiento vamos a revisar y entender el siguiente gráfico.

PLAN Y CONTROL DE MONITORIAS COC
MES: JUNIO 2016

CIAUTO		MES: JUNIO 2016		Días del mes																														
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
MONITOREO																																		
Revisión de emails																																		
Revisión de herramientas del auditor																																		
Levantamientos de datos, procesamiento y tabulación de la información																																		
Validación de procesos, etc.																																		

Figura 1. Plan y control de Monitorias COC. Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

La figura 1 es un formato donde el auditor COC coloca en detalle cada una de las actividades que tiene que realizar día a día, actividades como revisión de emails, revisión de herramientas del auditor, levantamientos de datos, procesamiento y tabulación de la información, validación de procesos, etc. La característica principal de este formato es que en cada actividad se coloca el tiempo que le tomara realizar, para de esta manera tabular al final del día la carga horaria que tiene cada auditor y poder realizar un balanceo de la carga de trabajo y evitar que se queden actividades sin realizar.

Si una actividad se queda sin realizar el auditor tiene que llevar un registro de cada una de ellas con su respectivo plan de acción para esto se tiene que llevar un formato el mismo que estará impreso en la parte posterior del plan y control.

Como parte fundamental para realizar un análisis estadístico de cualquier proceso es garantizar que los datos, se levanten en similares condiciones y con los mismos actores dentro del proceso, esto garantizara que la información sea la correcta para que la información que se procese entregue resultados correctos y de esta forma las decisiones sean las apropiadas, para garantizar este principio se tiene que tener un cronograma para cada auditoria a realizar (Alvarado, 2016).

HORARIOS DE AUDITORIAS									
VERIFICACION DE TOQUES 07:15		MONITOR:	EDDY ALVARADO						
HORA AUDITORIAS EN LINEA		MONITORIA	SEMANA						
ENTRADA 07:00 a 15:45	SABADO		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	
8:15	9:00	PRIMERA	X		X				
11:00	11:00	SÉGUNDA		X		X			X
13:00		TERCERA						X	

**Figura 2. Horario de auditorías COC.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

En la figura 2 el auditor COC sociabiliza a la planta los horarios en los que se realizara el levantamiento de datos para el cálculo estadístico de la capacidad de procesos de la planta, en esta parte estamos trabajando con estadística descriptiva, datos cuantitativos continuos, esta área de la estadística es muy importante porque si no se tiene datos estables tendremos que trabajar primero en su estabilización dentro del proceso.

El auditor COC, tiene que tener, adicional a estos formatos, que llevar un control de los Ítems que tienen cada uno de los modelos ensamblados en la planta y tener un tratamiento independiente.

Es muy importante que el auditor conozca cada ítem que tiene cada modelo y los principales ítems que tengan novedades para que se los trabaje y establezca sus procesos.

Hacer

El corazón del sistema está en el hacer donde el auditor va a realizar un control del proceso, en otras palabras garantizar que en cada proceso se cumpla según lo especificado por la fuente y si no es funcional en el medio donde se realiza este control el Auditor esta en toda la potestad de mejorar ese proceso para que se garantice su estabilidad y de esta manera se tenga capacidad del proceso, todo esto en conocimiento de las áreas involucradas dentro de la planta.

Antes de comenzar con el control del producto y del proceso es muy importante tener codificado por nivel de criticidad cada uno de los ITEMS que se colocaran en el control estadístico. Es muy importante tener estos códigos de criticidad porque, esto nos ayudara a enfocar nuestros recursos y mejorar la capacidad de los ajustes más críticos, Con esta clasificación de criticidad podemos trabajar en el levantamiento o desarrollo del listado de operaciones críticas el mismo que tiene que ser definido por las áreas de, ingeniería de procesos, producción, mantenimiento, y calidad, como un equipo multiárea, no se descarta que puedan participar representantes de otras áreas, ya con este listado se elaboran las hojas COC que se desplegaran en la planta, esto podemos ver en la figura 3 (Alvarado, 2016).

CLASIFICACIÓN	COD: COC	CRITERIO
H (Alto)	SN1	Directamente relacionado con la SEGURIDAD HUMANA (Seguridad activa) (E): Falta en los frenos 
M (Moderado)	SN2	Indirectamente relacionado con la SEGURIDAD HUMANA (Seguridad pasiva) (E): Falta cinturón de seguridad, Vehículo no arranca 
	FN1	Directamente relacionado con la parte FUNCIONAL DEL VEHICULO (E): Mal ajuste base caja de cambios, Soporte de cañerías del AC mal ajustados 
L (Bajo)	FN2	Indirectamente relacionado con la parte FUNCIONAL DEL VEHICULO (E): Mal ajuste en los bornes de la batería, Mal ajuste de retrovisores 

**Figura 3. Códigos COC por componentes.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

Con la definición de listado crítico tenemos que crear un documento al que denominaremos hojas COC, este documento debe tener todo el detalle de la operación, tales como la herramienta a utilizar, especificación de valores de ajuste estáticos y dinámicos, procesos especiales, cronograma de mantenimiento del herramental, figura del componente, frecuencias de las auditorias y en el encabezado los datos generales como modelo, versión, numero de hoja, etc.

Auditoria de Producto

Que definimos como auditoria de producto, esta parte del modelo de gestión está enfocada en el levantamiento de los datos de ajuste de cada uno de los procesos, como en toda empresa los recursos son limitados, para esta auditoria podemos enfocar los recursos de acuerdo a nuestra distribución de criticidad según la figura 3, que quiero decir con esto es que vamos a concentrar nuestros esfuerzos en la toma de la muestra de los ítems que tienen código SN1 que es el nivel más alto en criticidad y que relacionado directamente con la vida del usuario de los productos que se estén comercializando por la empresa.

Para la visualización del comportamiento de cada uno de los procesos en control estadístico utilizaremos una herramienta estadística llamada grafica de control, esta herramienta me permitirá visualizar la dispersión de mis datos, para entender mejor esta herramienta se explicaran los componentes de la misma según la figura 4. Estas graficas contarán con un encabezado con los datos del proceso, una figura, un espacio para la colocación de los datos levantados del proceso y la parte principal la zona donde se van a graficar los datos levantados, en este espacio es muy importante resaltar que tendremos nuestro TGT(target), valor nominal o valor objetivo, el mismo que es especificado por el fabricante, los límites de especificación y lo más importante por lo que tomo el nombre de grafica de control, los límites de control del proceso, estos límites se recomienda al inicio de todo proyecto se los especifiquen en el 75% del total del rango de especificación emitido por el fabricante de los vehículos, esto nos permitirá tener un control inicial de la variación de los datos de forma visual.

En este punto es muy importante la interpretación de los datos, para esto tenemos Puntos fuera de los límites de control, Tendencias dentro de los límites de control, Pautas obvias no fortuitas(datos mal calculados, corregidos, datos tomados de diferentes fuentes, límites de control incorrectamente calculados), cabe recalcar que por experiencia propia se puede dar que los datos no son correctamente levantados de los procesos y esto dan información incorrecta, lo que no lleva a tomar decisiones incorrectas, debemos recordar que los reportes estadísticos son para la toma de decisiones (Alvarado, 2016).



Figura 4. Grafica de Control.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Durante el levantamiento de los datos es muy importante verificar que ninguna de las cinco Ms (Mano de obra, Método, Material, Maquinaria, Medio ambiente) estén alteradas, algo que siempre sucede es que el personal es remplazado por ausentismo y si esto sucede tenemos que realizar una validación del proceso para garantizar que se está realizando de forma correcta y que sus datos no van a alterar la tabulación de la capacidad del proceso.

Garantizada la toma de datos, tabulamos la capacidad del proceso para cumplir especificaciones con los indicadores de control de corto plazo Cp y Cpk.

Ya con los datos tabulados verificamos la eficiencia y eficacia del proceso, mediante reportes que serán analizados por un equipo multidisciplinario o multiárea, para tomar la decisión de los puntos de mejora continua que se tendrán que mejorar y en este punto ya estamos actuando sobre la mejora de la capacidad del proceso y al mismo tiempo de la planta.

Todo control estadístico es costoso al inicio de su implementación y es por eso que se tiene una frecuencia especificada del número de auditorías que se tienen que realizar en función del volumen de producción, para este control se realizara según la figura detallada a continuación (Alvarado, 2016).

Auditorias de producto varios modelos por linea			
Volumen de producción diaria	Cantidad	Frecuencia	observación
0 - 25	3	semana/ml	se debe cubrir todos los modelos en la semana
26 - 100	1	diaria/ml	se debe cubrir todos los modelos en la semana
101 - 200	2	diaria/ml	se debe cubrir todos los modelos en la semana
201 en adelante	3	diaria/ml	se debe cubrir todos los modelos en la semana
ml= modelo en linea			

Figura 5. Frecuencias de Auditorias de producto.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Auditoria de Proceso:

De la investigación realizada mediante las auditorias de un proceso de las 5 Ms las que más influyen en la variación o dispersión de los datos son Mano de obra, Método, Maquinaria.

La mano de obra es muy importante que todo el personal este completamente capacitado y certificado para esto usaremos el método R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad), esta herramienta estadística lograremos minimizar el impacto de la variación de los datos durante el proceso mismo de ejecución, esta certificación tiene que realizarse tanto al personal de producción (Operarios) con al personal de Calidad (Auditor) que es el que va a levantar los datos del proceso.

Durante la ejecución del proceso de ajuste es muy importante garantizar que el método aplicado al proceso será siempre el mismo durante todo el turno e inclusive entre los diferentes turnos, en este punto quiero recalcar que muchos procesos se tienen ayudas o herramientas especiales para la ejecución del mismo de forma correcta y esto se tiene que garantizar que se está realizando.

En lo correspondiente a la maquinaria, tenemos que enfocarnos en el herramental que se utiliza para generar los procesos de ajuste, las herramientas son el principal generados de causas especiales de la variación de los procesos, definitivamente, la rigurosidad, exactitud y la precisión es una verdadera virtud en la industria; de hecho, en el trabajo diario, a los profesionales del sector se les exige cada vez mayor esmero en la realización de sus labores; a la vez que, los fabricantes de máquinas y herramientas se esfuerzan por diseñar y construir equipos de alta calidad para alcanzar el máximo rendimiento y reducir posibles errores que, en muchos casos, pueden ser fatales.

De lo expuesto anteriormente podemos resaltar que si el fabricante de las herramientas se esfuerza por generar cada vez más herramientas con alta precisión, nosotros tenemos que esforzarnos en cuidar y generar procedimientos internos para su control y de esta forma mantener su exactitud y la precisión, para esto se proponen los siguientes cuidados en el proceso.

- Validación de la herramienta en el proceso
- Control de la herramienta al inicio del turno
- Control del error proofing de la herramienta
- Uso correcto de una herramienta
- Selección de la herramienta correcta

Validación de herramienta: Dentro del control de herramienta la validación en el proceso es muy importante, porque de esta forma garantizamos que el seteo dinámico de la herramienta sea el correcto para obtener los valores residuales especificados por la fuente, eta validación se realizara tanto en un laboratorio donde garantizamos la precisión y la exactitud del herramental y una validación en el proceso para garantizar el seteo dinámico correcto de la herramienta y su eficiente desempeño al realizar el ajuste de los componentes.

El control de inicio de turno y del error proofing es una actividad que garantizara que el método se realizara siempre de la misma manera.

Parte fundamental es el uso correcto de la herramienta, no la podemos usar como martillo o tan solo botarlas como que fueran de madera, cuando hablamos de torquímetros digitales y pistolas de pre-ajuste estamos hablando de equipos de precisión que al mínimo golpe o caída puede cambiar su configuración

inicial por lo que si se diera uno de estos eventos tenemos que enviar de forma inmediata la herramienta al laboratorio para que se la valide con los equipos patrón. Porque tenemos que realizar una selección correcta del herramental que se va usar en el proceso, esto definirá si el ajuste se realizara de forma correcta o no y de esta manera vamos afectar directamente al método debido a que si la herramienta esta sobredimensionada la precisión del ajuste será deficiente y el proceso presentara una alta variación generando un indicador incorrecto. Es muy importante para el control de estas actividades que se lleven registros de las actividades y para esto utilizaremos los siguientes formatos detallados en las figuras a continuación (Alvarado, 2016).

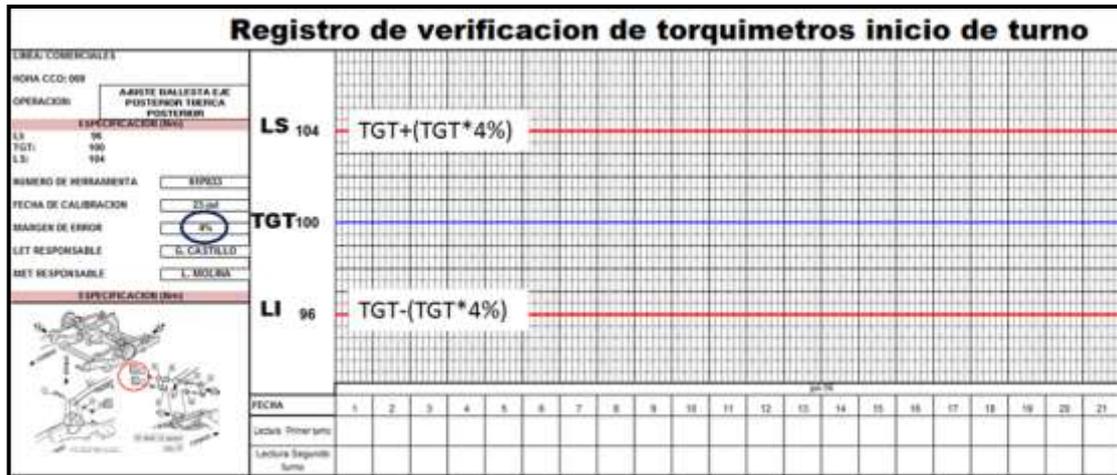


Figura 5. Registro verificación de torquímetro inicio de turno. Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Lo importante para el uso de este formato es colocar como limites la variación máxima que especifica el fabricante de la herramienta, debido a que si la herramienta está emitiendo datos por fuera de estos límites ya no puede ser usada en el proceso.

CONTROL DE HERRAMIENTA																
HERRAMIENTA	CODIGO	FECHA	SALE				ENTRA			ENTREGA	RECEPCION (LET)				OBSERVACIONES	
			MANTENIMIENTO	CALIBRACION	PREPARACION	CAMBIO	OTRA	FECHA	PALEVA	REINGRESO	BACKUP	FIRMA ESPECIALISTA DE MANTENIMIENTO	MEDICION	MEDICION		MEDICION
Torquímetro	PR-001	19/07/2016	x				20/07/2016		x		[Firma]	19,1	19,2	18,9	[Firma]	

Datos del proceso (punta roja)

Datos del laboratorio (punta azul)

Figura 6. Registro de datos de validación en el proceso y del laboratorio. Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Los datos de validación en el proceso son de suma importancia para garantizar la capacidad del proceso de cumplir con las especificaciones. Cuando se seleccione una herramienta se tiene que tomar en cuenta también la parte ergonómica del operario, por esta razón se recomienda adquirir herramientas de pre ajuste Shutoff y un torquímetro que valla de acuerdo al valor de ajuste, si son valores altos usar herramientas grandes, valores pequeños herramientas pequeñas, para esto debemos recordar que una herramienta de torque no debe ser usada al mínimo de su capacidad, tenemos que recordar la regla que en el 20% del rango mínimo donde no se debe usar una herramienta debido a que aumenta el error, esto lo podemos visualizar en la siguiente figura.

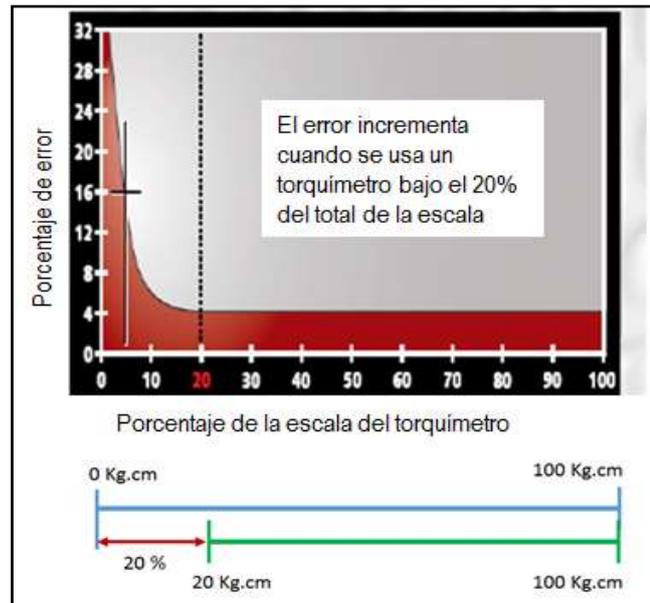


Figura 7. Rango de uso de una herramienta.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Control de documentación:

Dentro de las auditorías de proceso tenemos que incluir el control de la documentación que administra el sistema COC, esta actividad garantizará que el sistema se mantenga activo en el tiempo y que sus registros estén llenos, demostrando de esta manera que se está manteniendo activo y está generando información para la toma de decisiones del liderazgo de la Planta.

Registros de Mantenimiento: Mantenimiento es responsable de garantizar que los registros de calibración de la herramienta anexo A5 estén de acuerdo a toda la documentación que se encuentra desplegada en piso.

Las fechas de calibración de la herramienta que está en los registros de mantenimiento deben coincidir con las que están registradas en las hojas COC, desplegadas en piso, de igual manera la herramienta que está registrada en la hoja COC y validada por el laboratorio de mantenimiento tiene que ser la misma que se está utilizando en el proceso.

Es muy importante que mantenimiento lleve una base, con la información de la herramienta y su ubicación en el proceso la misma que debe ser auditada por Calidad.

Registros de Calidad: El departamento de Calidad tiene la responsabilidad de garantizar que toda la documentación del sistema COC está siempre desplegada y siendo utilizada en el proceso, tanto la documentación que lleva producción como la de mantenimiento, adicional a esta documentación Calidad también lleva documentación propia como se detalla a continuación.

- Base de capacidad de proceso (Cp-Cpk)
- Base de auditoría de proceso
- Formato de registro de producto
- Formatos de planificación de actividades

Control del MSA (Análisis del sistema de medición):

Es un método preventivo para asegurar que el proceso de medición se ha realizado correctamente y los errores de medición no afectan la aceptación del producto final.

Estudio del R&R Repetibilidad y Reproducibilidad.

Repetibilidad: Variación en las mediciones sucesivas observadas en el mismo operador.

Reproducibilidad: Variación entre los promedios de medición de diferentes evaluadores utilizando el mismo equipo y la misma muestra.

Procedimiento R&R PASO a PASO.

- Seleccionar una muestra de turcas y pernos para llevar a cabo el estudio mínimo n=10 de mesa del MSA según anexo A17.
- Seleccionar los pernos y turcas para el análisis de R&R en torques bajos-medios-altos.
- Setear los torquímetros para la evolución en torques bajos=10Nm, medios=50Nm, altos=100Nm.
- Antes de iniciar la evaluación revisar en estado de los pernos y turcas de la mesa, si hubieran pernos o turcas dañadas proceder a cambiar.
- Seleccionar mínimo dos personas para el análisis de MSA.
- Realizar una charla explicativa del objetivo y el procedimiento del MSA.
- Con los torquímetros de Clic seteados colocar los valores en la mesa de evaluación.
- Pedir que uno de los evaluados realice la toma de datos de los pernos y tuercas seteados.
- Registrar los valores tomados en el formato del Anexo A18.
- Aflojar los pernos y turcas y volver a ajustar con los torquímetros seteados y nuevamente tomar los datos y registrarlos.
- Repetir este procedimiento hasta obtener los treinta datos necesarios para la evaluación del MSA.
- Ingresar los datos en la base de cálculo de R&R Anexo A19.
- Verificar el estatus de aprobación según el Anexo A20.

Verificar

En el sistema COC se manejan al menos dos reportes principales:

- Reporte de Cartelera COC.
- Reporte de incumplimientos al sistema.

Reporte de Cartelera COC

En el reporte de cartelera se mostraran los resultados de la capacidad de proceso de la planta, a esta revisión tienen que asistir Producción, Procesos, Calidad y áreas de soporte para la solución de problemas propuestos para revisión de ese día.

El reporte debe presentar información detallada hasta el líder del equipo y los líderes que tienen novedades deben presentar en cada revisión de cartelera los avances de las mejoras de sus procesos en conflicto esta planificación la realiza la persona de calidad.

Como en toda reunión el moderador de la revisión de cartelera debe llevar una minuta de los puntos acordados y que se presentaran sus avances en la siguiente revisión de indicadores.

Al finalizar la revisión de los indicadores de capacidad los ingenieros de calidad a cargo de las líneas de ensamble entregaran los documentos de mejora continua abiertos para trabajar en los días siguientes previo a la siguiente revisión de cartelera.

Reporte de incumplimientos al sistema

Este reporte tiene el carácter de inmediato, esto quiere decir que se tendrá que publicar al equipo y líderes en el mismo instante que se encuentre la novedad.

Actuar

La solución de problemas es muy importante para la mejora continua en este punto utilizaremos algunas herramientas.

- Pareto.
- Cinco pasos
- Plan de reacción
- Escalonamiento de alarmas.

Pareto:

Una herramienta muy importante para el proceso de mejora continua, en esta herramienta usaremos el 80-20 El 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas.

Lo más importante de la Ley de Pareto y la mejor forma de aprovecharlo, es enfocar esfuerzos y concentración en el 20% de las actividades, como ya lo comentamos anteriormente los recursos son de suma importancia para el sobrevivir de la empresa, con esto si utilizamos Pareto nos enfocáramos en ese 20% de novedades que nos están generando el 80% de los problemas.

Si la empresa tiene control de los reclamos de los clientes con el uso de Pareto vamos a tener un enfoque más eficiente para la mejora de los procesos que están generando ese 20% defectos que están afectando la satisfacción del 80% de los clientes.

Cinco pasos:

El 5 pasos es una metodología de apoyo utilizada en la documentación de un proceso de solución de problemas y cuya característica es hacerlo de una forma estructurada.

Paso 1 - Descripción del problema.

Pasó 2 - Acción Inmediata (Curita).

Pasó 3 – Análisis de la causa raíz.

Pasó 4 - Implementación Plan de Acción.

Pasó 5 – verificación y aseguramiento de la solución (seguimiento).

Criterios para no abrir un cinco pasos ETAPA 0.

1. Problemas de naturaleza sencilla con una causa raíz clara y fácilmente identificada
2. Problemas que los Equipos de Trabajo puedan solucionar directamente
3. Problemas que se puedan resolver mediante una comunicación directa entre equipos de trabajo o áreas.
4. Problemas que puedan ser solucionados mediante la metodología de Tres Diamantes

ETAPA 1 Diamantes del 1 al 4: En la etapa uno la responsabilidad del análisis del problema es de producción, en esta etapa se considera que es una herramienta estandarizada para la búsqueda de causas especiales, en el diamante #4 inicia la transición de causas especiales a causas comunes de problemas.

Si el proceso y las piezas son confirmados en los diamantes del 1 al 4 se continúa con la etapa 2

ETAPA 2 Diamantes del 5 al 6: En esta etapa se va a proveer soporte adicional porque las discrepancias no pueden resolverse en los primeros 4 diamantes.

Usarse cuando la etapa 1 determine que la causa del problema se encuentra en un nivel más profundo, si el proceso no fue diseñado correctamente debe modificarse y validarse nuevamente.

Diamante 7: Cambios de Ing. deben intentar modificarse cuando el proceso o la pieza no pueden ser modificados, se requiere de estudios estadísticos para determinar la causa del problema.

Plan de reacción:

El plan de reacción para el sistema COC está enfocado en las diversas tendencias o señales de inestabilidad en un proceso previo a salirse de control.

Esta herramienta nos ayuda a tener claro que tenemos que hacer si se presenta un problema en el proceso al momento de estar realizando una auditoria.

Tan simple como saber que si se encuentra un defecto que amerite la apertura de un, 5 pasos se tiene que, de forma inmediata realizar un barrido aguas arriba y aguas abajo para cortar de forma inmediata, que se sigan generando los mismos defectos y que estén afectando un indicador de la planta.

Escalonamiento de Alarmas:

Los escalonamientos de alarmas anexo A16 sirven para la rápida comunicación hacia los niveles superiores de liderazgo, de todos los problemas con mayor impacto en el incumplimiento de una especificación y que afectan a las métricas de la planta, para llevar a una rápida solución y revisión del riesgo que se está detectando en los procesos.

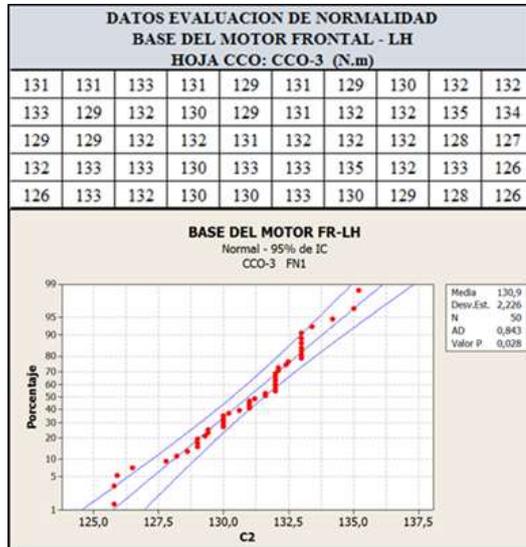
Una mala interpretación del escalonamiento es pensar que se usa para hacer llamar la atención de la persona que está realizando el proceso, este no es el objetivo de un escalonamiento, esta herramienta está diseñada para que los líderes muevan recursos de forma inmediata y poder corregir la causa raíz del problema encontrado y que no se entreguen unidades defectuosas a los usuarios posteriores.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de corto plazo Cp y Cpk:

Los indicadores que mostrarán la evolución de la mejora de la capacidad del proceso para cumplir con especificaciones en esta metodología de control de calidad son Cp y Cpk, pero antes se realizó un análisis de normalidad de los datos.

Con los datos levantados del proceso para la operación ajuste base de motor con hoja COC-3 y nivel de criticidad FN1 con un Cp=1.62 y un Cpk=1.46 realizamos el análisis de normalidad.



**Figura 8. Análisis de normalidad.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

Si analizamos la figura 8 podemos ver que todos los datos están dentro del intervalo de confianza de la gráfica por lo que determinamos que los datos se comportan de forma normal y podemos analizar la capacidad de los procesos mediante Cp y Cpk, índices de capacidad que pueden ser aplicados como indicador.

Índice Cp: El índice de capacidad potencial del proceso, Cp, se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar, el índice Cp compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste.

Para que el proceso sea considerado potencialmente capaz de cumplir con especificaciones, se requiere que la variación real (natural) siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice Cp sea mayor que 1 con un 0.27% de partes fuera de especificación o 2699.9 partes por millón fuera de especificación esta información es tomada de la tabla 5.2 de Humberto Gutiérrez; y si el valor del índice Cp es menor que uno, es una evidencia de que el proceso no cumple con las especificaciones si fuera de 0.2 .

Calculo de Cp: Del Ítem 3 que estamos analizando con los datos levantados del proceso tenemos que $\bar{X}=130.9$ y $\bar{R}=2.3$ y la contante $d_2=1.128$, para $n=2$ y aplicando la fórmula de sigma analizada en el punto 2.7.7 tenemos que $\sigma=2.1$ con los límites de especificación LI=120 y LS=140 calculamos el Cp que para este ejercicio tenemos Cp=1.62.

Índice Cpk: el índice Cpk, que se conoce como índice de capacidad real del proceso, es considerado una versión corregida del Cp, que sí toma en cuenta el centrado del proceso. Existen varias formas equivalentes para calcularlo, una de las más comunes es la siguiente:

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Como se aprecia, el índice Cpk, es igual al índice unilateral más pequeño, por lo que si el valor del índice Cpk es satisfactorio (mayor que 1.33), eso indica que el proceso en realidad es capaz. Si $Cpk < 1$, entonces el proceso no cumple con por lo menos una de las especificaciones. Algunos elementos adicionales para la interpretación del índice Cpk son los siguientes:

- El índice Cpk siempre va a ser menor o igual que el índice Cp. Cuando son muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
- Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. De esa manera, el índice Cpk estará indicando la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema de descentrado se alcanzará la capacidad potencial indicada por el índice Cp.
- Cuando el valor del índice Cpk sea mayor a 1.33 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que $Cpk > 1.45$.
- Es posible tener valores del índice Cpk iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

Calculo de Cpk: Con los datos obtenidos en el cálculo del Cp, aplicamos la fórmula de Cpk, tabulamos el Cpk y con el menor valor, obtenemos que $Cpk=1.46$ para este punto evaluado.

Como en todo proceso nuevo los datos que arrojaron las primeras auditorias son desalentadoras, esto no tiene que desalentarnos por lo contrario son grandes oportunidades de mejorar cada uno de los procesos que estamos evaluando.

En la figura 9 podemos observar una muestra de la base estandarizada de Ítems que se ingresaron bajo control del sistema COC y sus respectivos datos de Cp y Cpk, los datos están muy bajos, indicándonos que los procesos son muy inestable y que tenemos muchas causas especiales a su interior que están causando esta inestabilidad.

Es muy importante que el auditor mediante la ayuda de Pareto priorice los ítems que se van a trabajar primero para direccionar sus recursos y la mejora sea más eficiente.

ITEM	ANALISIS Cp Y Cpk			Rangos de especificación Requerimiento: Cp y Cpk > 1,33				
	MODELO (M4) DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	HOJA COC	Rango COC	Rangos de Torque			CP	CPK
				MIN LIE (N.m)	MAX LSE (N.m)	NOI Tgt (N.m)		
1	CERRADURA DE COMPUERTA	CCO-1	FN1	6	8	7	1,32	1,16
2	AMORTIGUADORES FR:LH-RH	CCO-2	SN1	35	45	40	1,16	0,82
3	BASE DEL MOTOR FR-LH	CCO-3	FN1	120	140	130	1,62	1,46
4	BASE DEL MOTOR FR-RH	CCO-4	FN1	73	83	78	1,27	1,07
5	REGULADOR DE ALTURA FR-LH	CCO-5	SN2	40	50	45	1,45	1,27
6	RETRACTOR FR-LH	CCO-6	SN2	40	50	45	1,72	1,70
7	COLUMNA DE LA DIRECCIÓN	CCO-7	SN1	22	28	25	1,54	1,08
8	PEDAL DE FRENO Y CONJUNTO DEL CILINDRO DEL SERVO FRENO	CCO-8	SN1	18	28	23	1,74	1,57
9	CAÑERÍAS DE FRENO AL CILINDRO PRINCIPAL	CCO-9	SN1	14	18	16	1,68	1,38
10	CAÑERÍAS DE FRENO FR:LH-RH	CCO-10	SN1	14	18	16	1,33	1,08
30	TUERCAS DE LOS NEUMATICOS FR-RR:LH-RH	CCO-30	SN1	100	120	110	2,40	1,99
31	PERNOS DE LOS ASIENTOS FR:LH-RH	CCO-31	SN2	40	50	45	2,05	1,63
32	PERNOS DE LOS ASIENTOS RR:LH-RH	CCO-32	SN2	40	50	45	1,46	-4,83
33	CONJUNTO DE LA CERRADURA DE LA COMPUERTA INTERNA-INFERIOR	CCO-33	FN1	21	25	23	0,88	0,54
34	CAÑERÍA DE EMBRAGUE DEL CILINDRO	CCO-34	SN1	14	18	16	2,96	-8,04
35	BASE DE LA CAJA DE CAMBIO	CCO-35	FN1	41	51	46	2,21	1,87
36	TUERCAS DE LOS TERMINALES FR:LH-RH	CCO-36	SN1	67	81	74	4,39	-17,41
37	TUERCA DEL VOLANTE	CCO-37	SN1	48	54	50	0,94	-4,82

**Figura 9. Base estandarizada de Ítems bajo control por el sistema COC.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

Los reportes en función de cada uno de niveles de criticidad de uno de los modelos en los que está trabajando actualmente podemos verlos en las figuras siguientes.

Para el modelo C4 criticidad SN1:



**Figura 10. Capacidad de proceso modelo C4 sistema COC SN1.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**



**Figura 11. Capacidad de proceso modelo C4 sistema COC SN2.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**



**Figura 12. Capacidad de proceso modelo C4 sistema COC SN2.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

Estos son netamente los resultados obtenidos del proceso, donde la herramienta está operando, pero necesitamos también tener que analizar la mejora que se ira obteniendo a medida que la herramienta es implementada en cualquier proceso y muy en especial para procesos de ensamblaje de vehículos, para esto analizaremos la hipótesis que nos plantearemos a continuación.

A continuación se muestra la autoevaluación de los parámetros que interactúan en el sistema de control de operaciones críticas de Calidad, para de esta manera comprobar la mejora del nivel de Calidad que van a generar los avances de esta propuesta para fines de la demostración de la hipótesis nos vamos a enfocar en el modelo M4 en la Planta CIAUTO por ser esta una de las ultimas donde se implementó este sistema.

SIGLAS	CRITERIO DE CALIFICACION	PESO
IM	Implementado: Trabajando en piso.	100%
IP	Implementado parcial: Se dispone pero no hay evidencia de un control integral.	50%
NI	No Implementado: De acuerdo con los parametros de evaluación no esta trabajando en piso.	0%

Figura 13. Criterios de evaluación para tabulación de datos.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Método de evaluación de los datos

En este trabajo de investigación el método de cálculo es simple, este proyecto está enfocado en un solo modelo de la planta CIAUTO el M4, por este motivo se tabula de la siguiente manera.

Para cada parámetro ponderado de evaluación se va dividir para el total de ítems ponderados de esta manera se tendrán valores tanto para IM como para IP, NI no registrarán valores de avance hasta que cambie de estatus de evaluación y de esta manera obtenemos los resultados de avances de la implementación.

Cabe recalcar si la planta toma la decisión de implementar para los demás modelos se tendrá que modificar las tablas de cálculo para presentar un reporte de avances por modelo y el general de planta. En el figura 14 podemos observar lo antes descrito, adicional observamos una categoría denominada NA (no aplica) esta se asignara a los puntos dentro del checklist que no se podrán implementar en el corto plazo generalmente por temas de inversión.

CRITERIO				PESO			TOTAL
NA	NI	IP	IM	0	1	2	
1	21	11	2	TOTAL ITEMS	70	ITEMS REALES	15
3%	60%	31%	6%	Total ponderado Planta			21%
NA	C	D	O				

Figura 14. Método de evaluación de datos.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Diagnóstico de los parámetros de control para el sistema COC en la propuesta.

Para el levantamiento de los datos con lo relacionado al avance de la implementación se utilizó la herramienta del checklist.

En este checklist esta detallado cada paso que se tiene que cumplir para lograr una implementación adecuada de todo el sistema COC. Con esta herramienta se fue evaluando el avance de cada uno de sus términos de implementación.

CHECKLIST COC			PLANTA	SECTOR	FECHA	ELABORADO POR					
EMPRESA: CIAUTO			CIEN	NA	2016	Eddy Alvarado					
PROYECTO: COC			NA	NA	NA	NA					
FECHA: 2016			NA	NA	NA	NA					
ITEMS	VARIABLES A EVALUAR	Tipo de parámetro	E1	E2	CATEGORIAS					TOTAL	
					NA	NI	IP	IM	OT		
1	¿Se tiene un plan de implementación detallado?	Proceso	SI	SI						2	2
2	¿Se tiene un Plan de Gestión de Calidad y un Plan de Control de Calidad?	Proceso	SI	SI						2	2
3	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
4	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
5	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
6	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
7	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
8	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
9	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
10	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
11	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
12	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
13	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
14	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
15	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
16	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
17	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
18	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
19	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
20	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
21	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
22	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
23	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
24	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
25	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
26	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
27	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
28	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
29	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
30	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
31	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
32	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
33	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
34	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
35	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
36	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
37	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
38	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
39	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
40	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
41	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
42	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
43	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
44	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
45	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
46	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
47	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
48	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
49	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
50	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
51	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
52	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
53	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
54	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
55	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
56	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
57	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
58	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
59	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
60	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
61	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
62	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
63	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
64	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
65	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
66	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
67	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
68	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
69	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
70	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
71	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
72	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
73	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
74	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
75	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
76	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
77	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
78	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
79	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
80	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
81	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
82	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
83	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
84	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
85	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
86	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
87	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
88	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
89	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
90	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
91	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
92	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
93	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
94	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
95	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
96	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
97	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
98	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
99	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2
100	¿Se tiene un plan de implementación de COC, actualizado?	Proceso	SI	SI						2	2

Figura 15. Checklist de evaluación de avance de la propuesta. Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Aplicando esta metodología de control en las operaciones críticas dentro del ensamblaje de los vehículos, se prevé una mejora positiva y significativa en la confiabilidad, seguridad, fiabilidad y calidad de los vehículos ensamblados en la planta de CIAUTO. Para esto se presentaran tablas de resultados de los avances de la implementación.

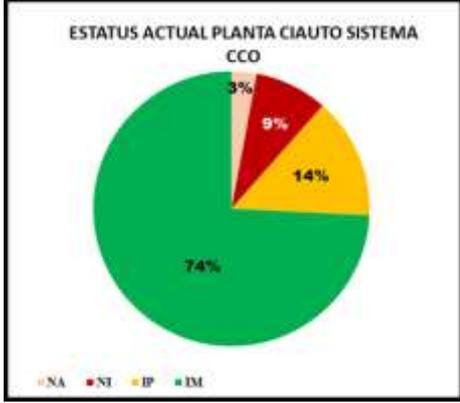


Figura 16. Resultados de evaluación de datos. Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Comprobación de la hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se utilizara el método del Ji cuadrado, inicialmente se plantean dos hipótesis, tanto la nula como la alternativa.

H1: El desarrollo del modelo de control de Calidad de operaciones críticas de ajuste, permite incrementar la confiabilidad, seguridad, fiabilidad y calidad de los vehículos ensamblados en CIAUTO.

H0: El desarrollo del modelo de control de Calidad de operaciones críticas de ajuste, NO permitirá incrementar la confiabilidad, seguridad, fiabilidad y calidad de los vehiculos ensamblados en CIAUTO.

A continuación se tabulan los datos que se obtuvieron en el levantamiento de la información con la utilización de la herramienta checklist, los que servirán para la comprobación de la hipótesis, mediante el método del Ji cuadrado.

Parametros	Peso	Metodo actual	Metodo propuesto
Planificación	7%	0%	6%
Producto	24%	7%	16%
Proceso	40%	11%	31%
Reportes	11%	0%	9%
Solucion de problemas	18%	3%	14%
TOTAL	100%	21%	76%

Figura 16. Resultados de evaluación de datos.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Peso: Para la determinación del peso primero de todos los puntos o parámetros de control del checklist, le agrupamos según el PHVA de esta manera obtenemos un cierto grupo de ítems en cada categoría y con esto dividido para el total de ítems del checklist se va obteniendo el peso en cada categoría del PHVA.

Parametros	ITEMS	PESO
Planificación	4	7%
Producto	13	24%
Proceso	22	40%
Reportes	6	11%
Solucion de problemas	10	18%
TOTAL ITEMS	55	100%

Note: A blue box highlights '4 dividido para 55' with a red arrow pointing to the '4' in the 'Planificación' row. Another red arrow points from the '55' in the 'TOTAL ITEMS' row to the '7%' in the 'Planificación' row.

Figura 17. Tabulación del peso.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016

Se procede a calcular los grados de libertad (GI), y con un nivel de significancia del 10% que significa un 90% de confianza, obtenemos el valor crítico en tablas.

Calculo grados de libertad
$GI=(r-1)(K-1)$
$GI=(5-1)(2-1)=4$
$r=$ No de filas=5
$K=$ No de columnas=2
Valor critico en tablas
Nivel Sig=10%

**Figura 18. Calculo de los grados de libertad..
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

Con los datos obtenidos, se procede a calcular los resultados mediante el método del Ji cuadrado, del cual obtenemos los siguientes resultados.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Parametros	METODO ACTUAL (O _i)	METODO PROPUESTO (E _i)	SUMA	O _i -E _i	(O _i -E _i) ²	$\frac{(O_i-E_i)^2}{E_i}$
Planificación	0	4	4	-4	16	4,0
Producto	5	13	18	-8	64	4,9
Proceso	8	22	30	-14	196	8,9
Reportes	0	6	6	-6	36	6,0
Solucion de problemas	2	10	12	-8	64	6,4
TOTALES	15	55	70		$\sum (X^2)$	30,2

**Figura 19. Calculo de Ji cuadrado (X²).
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

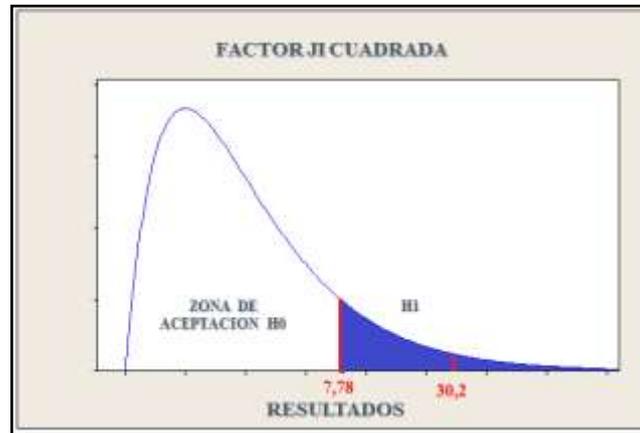
Con un 10 % del nivel de significancia y cuatro (4) grados de libertad, es posible encontrar el valor crítico asociado, utilizando para ello la tabla de valores de distribución ji Cuadrada. Si el valor **X²** calculado es mayor al límite elegido por significancia estadística, entonces la hipótesis nula se rechaza en favor de la hipótesis alternativa.

RESULTADOS	
X ² =	30,2
Valor crítico =	7,78

**Figura 20. Calculo de Ji cuadrado (X²).
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

DISTRIBUCION DE χ^2												
Grados de libertad	Probabilidad											
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001	
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83	
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82	
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27	
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47	
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52	
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46	
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32	
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12	
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88	
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59	
	No significativo								Significativo			

**Figura 20. Valores críticos de la distribución Ji cuadrado.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**



**Figura 21. Zona de aceptación de la H0.
Realizado por: Eddy Alvarado, 2016**

Con estos resultados analizamos los resultados, al tomar el valor crítico de la tabla, con un nivel de significancia de 0,1 y con cuatro (4) grados de libertad, se tiene: 7,78
Entonces: $7,78 < 30,2$

De estos resultados interpretamos que la hipótesis nula se rechaza, en favor de la hipótesis alternativa, que dice:

El desarrollo del modelo de control de Calidad de operaciones críticas de ajuste, permite incrementar la confiabilidad, seguridad, fiabilidad y calidad de los vehículos ensamblados en CIAUTO.

De esto podemos definir que la confiabilidad, seguridad, fiabilidad y calidad de los vehículos depende de la implementación de este sistema de control de operaciones críticas COC.

4.- CONCLUSIONES

- Por lo tanto al concluir este trabajo de investigación podemos ver la importancia de tener un control de cada operación crítica dentro del proceso de ensamblaje de un vehículo, este control podemos definirlo como la vida o la muerte de un cliente al usar una unidad ensamblada por nosotros.
- Entonces podemos decir que con un buen control estadístico de los procesos críticos dentro del proceso de ensamblaje garantizamos un nivel de calidad y seguridad superior en nuestros vehículos ensamblados, reflejándose en mayor seguridad para los ecuatorianos que usen un vehículo ensamblado en nuestro país.
- Esta metodología bien llevada dentro de la planta se convierte en una herramienta de mejora continua muy fuerte por que no se enfoca únicamente en recoger datos del proceso más bien está enfocada en la mejora de los procesos para garantizar su estabilidad y el nivel de calidad y seguridad que nuestros clientes necesitan.
- Esta herramienta implementada al 100% interactúa directamente con muchas áreas de la planta y se vuelve un núcleo de unión muy fuerte que enfoca a los líderes de la planta para la mejora de los procesos y la asignación correcta de los recursos con los que cuenta la empresa.

- Es importante resaltar que el sistema COC no es una herramienta correctiva dentro de la planta por el contrario es preventiva y de esta manera trabaja con anterioridad a la presencia de novedades en el ensamblaje de las unidades.

5.- RECOMENDACIONES

- La principal recomendación es que el liderazgo de la planta tiene que garantizar que la herramienta se mantenga activa dentro de la planta, esto se puede garantizar con un control cruzado entre las áreas involucradas y de esta forma garantizar la permanencia en el tiempo.
- Esta metodología desarrollada en este trabajo de investigación es muy fuerte dentro de los procesos por lo que se recomienda abrir el control a otros procesos como operaciones manuales y de carga de fluidos dentro de la planta de ensamble, esto también puede ser implementado en otras plantas dentro de la empresa como la planta de suelda y pintura y de esta forma garantizar la estabilidad de todos los procesos críticos de la planta.
- Es muy importante que el liderazgo de la planta amplíe la fuente de ingreso de operaciones críticas al sistema COC, se recomienda para el inicio de la implementación del sistema tomar la información que emite la fuente de cada uno de los modelos ensamblados y que se tome como fuentes adicionales de ingreso de operaciones críticas al sistema problemas encontrados en auditorías internas y reclamos de clientes finales.
- Se recomienda que este sistema de mejora continua, sea utilizado de manera preventiva y no se la confunda como una herramienta reactiva, se recomienda que este directamente involucrada en todo lanzamiento de nuevos modelos ya que el sistema COC interviene de forma directa sobre el nivel del instrumental que la planta debe adquirir, para que el lanzamiento arranque como un proyecto de nivel 6 sigma.
- El auditor COC al ser un Ing. estadístico de la planta debe presentar un resumen de los procesos más débiles en modelos similares para que se tomen todas las acciones correctivas en los nuevos modelos

6.- BIBLIOGRAFIA

- (GM), G. M. (2000). *Herramienta de operaciones*. Quito: GM OBB.
- Aimco. (2003). *Introducción al Torque*. Portland: Aimco.
- Castillo, A. (2008). *Especificación Técnica de Par Torsional*. Mexico: Volkswagen de México, S. A.
- Chrysler Corporation, F. M. (1994 2008). *ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING (APQP)*. Quito: GM OBB.
- DaimlerChrysler Corporation, F. M. (1992 - 2005). *Control estadístico del proceso*. Quito: GM OBB.
- Ford. (2003). *Control estadístico del proceso*. Quito: GM.
- GM. (2004). *Análisis del sistema de medición*. Quito: GM.
- GM. (2008). *Error Profing*. Quito: GM.
- GM-OBB. (2009). *Graficos de control*. Quito: GM-University.
- GM-OBB. (2012). *TOOL DE TORQUES*. ECUADOR: GM.
- Gutiérrez Pulido, H. (2009). Control estadístico de Calidad seis sigma. En H. G. Pulido, & P. E. Reyes, D. P. (2006). *Control Estadístico del Proceso*. Mexico: CONCAMIN.
- Stanley. (2015). *STANLEY AIR TOOLS*. América Latina: Departamento técnico Stanley.
- tecnologia-lcp.orgfree. (2010). *tecnologia-lcp.orgfree*. Obtenido de tecnologia-lcp.orgfree.: <http://tecnologia-lcp.orgfree.com/>

Alvarado, E. (2016). *DESARROLLO DE UN MODELO DE CONTROL DE OPERACIONES CRÍTICAS DE AJUSTE PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL ENSAMBLE DE LOS VEHÍCULOS EN CIAUTO AMBATO*. Riobamba: ESPOCH.