



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA
CAMPUS GUANAJUATO



PROYECTO INTEGRADOR

INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

PROYECTO:

Implementación de Control Estadístico de Procesos (SPC) para disminuir producción de partes no conformes en planta Estampado del Complejo General Motors de México.

PRESENTA:

Medrano Navarro Luis Alfonso

ASESOR INTERNO:

M. en C. Karina Sánchez Sosa

PROFESOR TITULAR:

M. en C. Ricardo Carrillo Mendoza

Silao de la Victoria a 18 de abril de 2017

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos.	1
1.2.1 Objetivo general.	1
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificación.	2
1.4 Hipótesis.	3
1.5 Límites y alcances.....	3
1.5.1 Límites.....	3
1.5.2 Alcances.	3
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL DE LA ORGANIZACIÓN.....	4
2.1 Historia.....	4
2.2 Estructura.	6
2.3 Productos.	7
2.4 Desempeño.	10
2.5 Entorno.....	10
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA.	12
3.1 Antecedentes.	12
3.2 Identificación del problema.....	13
3.3 Situación actual.	14
3.4 Situación deseada.	14
CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO.....	15
4.1 Control Estadístico de Procesos (SPC, Statistical Process Control)	15
4.1.1 Introducción a SPC.....	15
4.1.2 Variación: causas comunes y especiales.	15
4.1.3 Métodos de control.....	16
4.1.4 Control y habilidad de los procesos.	17
4.1.5 Gráficas de control.	18
4.1.6 Formulas para gráficas de control.	20
4.1.7 ¿Qué tipo de gráfica usar?	22
4.1.8 Definición de señales “Fuera de control”	24

CAPÍTULO V. METODOLOGÍA.	26
5.1 Definición.	26
5.2 Factores a controlar.	29
5.3 Procedimiento.	30
CAPÍTULO VI. RESULTADOS	52
6.1 Indicadores	52
6.1.1 IPPM'S	52
6.1.2 HCPP'S	56
6.1.3 HIT'S	58
6.1.4 Análisis de capacidad del proceso.	61
6.2 Evaluación y resultados	63
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
7.1 Conclusión	66
7.2 Recomendaciones	69
7.2.1 Análisis de causa raíz de fallas en monitores de tonelaje.	69
7.2.2 Implementación de tableros de control estadístico.	71
7.2.3 Actualización de parámetros de tonelaje en HCPP.	73
BIBLIOGRAFÍA	74
APÉNDICE A	75
APÉNDICE B	77
Plenum Lower	77
Plenum Upper	78
PNL RKR INR RH/LH	79
REINF R/FLR RH/LH	80
REINF SEAT SUPT LH	81
SILL CROSS #1 LH	82
SILL CROSS #1 RH	83
SILL CROSS #2	84
COWL SIDE INR RH/LH	85
APÉNDICE C	86
APÉNDICE D	90

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Estructura de planta estampado.....	6
Figura 2. Organigrama de GM complejo Silao.	6
Figura 3. Chevrolet Silverado High Country.....	7
Figura 4. GMC Sierra Denali.	7
Figura 5. Chevrolet Cheyenne.....	8
Figura 6. Motor GM 4.8L	8
Figura 7. Transmisión Automática GM 6 velocidades 6L45.....	8
Figura 8. Panel frontal de piso (Front Floor).....	9
Figura 9. Panel Dash.	9
Figura 10. Panel trasero de piso (Rear Floor).....	9
Figura 11. Toldo Crew Cab.	9
Figura 12. Marco lateral de puerta.....	9
Figura 13. Pilar central.	9
Figura 14. Refuerzo de carrocería.	10
Figura 15. Ubicación de planta estampado en complejo Silao.	11
Figura 16. Relación de planta estampado con clientes y proveedores.....	11
Figura 17. Formula mal programada de promedio.	12
Figura 18. Ciclo clásico de control.	17
Figura 19. Ciclo de control SPC.....	17
Figura 20. Diagrama para elección de gráfica de control.....	23
Figura 21. Otros métodos de elección de gráfico de control.....	24
Figura 22. Ciclo PDCA.....	27
Figura 23. Ejemplo de PQS.	31

Figura 24. Fecha de actualización de parámetros.	32
Figura 25. Parámetros de especificación.	32
Figura 26. Certificado de calidad de material.	33
Figura 27. Plan de producción para línea CR y TP.	33
Figura 28. Pallet de línea CR.	34
Figura 29. Pallet de línea TP.	35
Figura 30. HIT Registro de parámetros del proceso.	36
Figura 31. Archivos recuperados.	36
Figura 32. Macro usada para registro de datos.	37
Figura 33. Campos para registro de parámetros del proceso.	38
Figura 34. Registro de parámetros.	38
Figura 35. Formato para registro de parámetros línea TP.	39
Figura 36. Formato para registro de parámetros línea CR.	40
Figura 37. Ejemplo de formato lleno.	41
Figura 38. Formato desarrollado para registro electrónico de datos.	42
Figura 39. Registro de datos.	42
Figura 40. Exportación de datos a Minitab.	43
Figura 41. Interface de Minitab.	44
Figura 42. Gráfica de control Xbarra-R.	44
Figura 43. Características del graficado estructurado.	45
Figura 44. Gráfica de control MI-RM.	46
Figura 45. Gráfica de control presión de nitrógeno.	46
Figura 46. Gráfica de control Xbarra-R Tonelajes.	47
Figura 47. Límites de control de alturas de trabajo.	48

Figura 48. Pruebas realizadas a los gráficos de control.....	48
Figura 49. Gráfica de control MI-RM Tonelajes.....	49
Figura 50. Herramientas de calidad en Minitab.....	50
Figura 51. Análisis de capacidad.....	50
Figura 52. Reporte de IPPM'S de planta estampado.....	53
Figura 53. Formato de reporte de IPPM de parte.....	53
Figura 54. Reporte de partes discrepantes.....	54
Figura 55. Gráfica de comportamiento de IPPM marzo.	55
Figura 56. Gráfica de comportamiento de IPPM posterior a implementación.	56
Figura 57. Muestra de medición de tonelaje total.	57
Figura 58. Formato desarrollado para tomar total de tonelajes.....	57
Figura 59. Monitor de tonelaje en mal estado.	58
Figura 60. Comparación de parámetros de tonelaje contra medición actual.....	58
Figura 61. HIT para registro de mediciones.....	59
Figura 62. HIT de captura de parámetros.....	59
Figura 63. Formato de solicitud de cambio en el proceso.....	60
Figura 64. Modificación de HIT Registro de parámetros.....	61
Figura 65. Análisis de capacidad de parte Cowl Side Inner.....	62
Figura 66. Gráfico de control Altura de trabajo Plenum Front.	63
Figura 67. Gráfico de control tonelajes Plenum Front.	64
Figura 68. Proceso de 7 diamantes.....	70
Figura 69. Tablero de seguimiento de parámetros en línea de producción.	71
Figura 70. Tablero de indicadores de línea de producción.....	72
Figura 71. Gráfica de control Altura de trabajo Plenum Lower.	77

Figura 72. Gráfica de control Tonelajes Plenum Lower.....	77
Figura 73. Gráfica de control Altura de trabajo Plenum Upper.	78
Figura 74. Gráfica de control Tonelajes Plenum Upper.....	78
Figura 75. Gráfica de control Altura de trabajo PNL RKR RH/LH.	79
Figura 76. Gráfica de control Tonelajes PNL RKR RH/LH.....	79
Figura 77. Gráfica de control Altura de trabajo REINF R/FLR RH/LH.....	80
Figura 78. Gráfica de control Tonelajes REINF R/FLR RH/LH.	80
Figura 79. Gráfica de control Altura de trabajo REINF SEAT SUPT LH.	81
Figura 80. Gráfica de control Tonelajes REINF SEAT SUPT LH.....	81
Figura 81. Gráfica de control Altura de trabajo Sill Cross #1 LH.	82
Figura 82. Gráfico de control Tonelajes Sill Cross #1 LH.....	82
Figura 83. Gráfica de control Altura de trabajo Sill Cross #1 RH.....	83
Figura 84. Gráfica de control Tonelajes Sill Cross #1 RH.	83
Figura 85. Gráfica de control Altura de trabajo Sill Cross #2.....	84
Figura 86. Gráfica de control Tonelaje Sill Cross #2.....	84
Figura 87. Gráfica de control Altura de trabajo Cowl Side RH/LH.	85
Figura 88. Gráfica de control Tonelajes Cowl Side RH/LH.....	85
Figura 89. Ejemplo de HCPP.	86
Figura 90. HIT Registro de parámetros de proceso.....	87
Figura 91. HIT Captura y registro de parámetros.....	88
Figura 92. Modificación HIT Captura de parámetros.....	89

Tabla 1. Características críticas del proceso.....	13
Tabla 2. Fórmulas para límites de control de gráfica X-R.	21
Tabla 3. Fórmulas para límites de control de gráfica X-s.	22
Tabla 4. Criterios para definir causas especiales en gráficas de control.....	25

CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL.

1.1 Introducción.

El proyecto se llevará a cabo dentro de las instalaciones de la planta de estampado que a su vez se encuentra dentro de las instalaciones de General Motors de México complejo Silao ubicado en la Carretera Federal Silao – Guanajuato km 7.5. En la planta de estampado se fabrican diferentes paneles y partes de la carrocería para las pick-up's ensambladas en el complejo: Chevrolet Silverado y GMC Sierra en sus diferentes versiones. El proyecto consiste en realizar el control estadístico de proceso de las diferentes líneas de producción de la planta de estampado, dicho control estadístico se realizará con los datos de los parámetros críticos del proceso, como son altura de trabajo de ariete, presión de nitrógeno de troqueles y tonelaje de prensa. Las mediciones se realizarán solamente de las prensas líderes de cada una de las líneas de producción, esto debido a que dichas prensas son las más importantes para el proceso debido a que dichas prensas son las que proporcionan el formado principal al *blank*, de igual manera las operaciones realizadas en las prensas líderes requieren una mayor aplicación de tonelaje.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Implementación de Control Estadístico de Procesos (SPC) para determinar el índice de habilidad del proceso de diez números de parte en planta Estampado del Complejo General Motors de México.

1.2.2 Objetivos específicos.

- ❖ Estudio del proceso de fabricación aplicados en las líneas de producción para conocer los parámetros críticos del proceso.
- ❖ Definir parámetros críticos de máquinas y troqueles que afectan los parámetros críticos del producto (adelgazamiento de lámina y formabilidad de la pieza).
- ❖ Recopilar información de archivos anteriores, para realizar la comparación de antes y después de las reparaciones realizadas a algunas de las prensas de la línea de producción.
- ❖ Definir el método de gráfica de control a implementar para el análisis de los procesos de manufactura.
- ❖ Realizar mediciones y muestreos en cada una de las líneas de producción para cada tipo de parte para contar con una base de datos.
- ❖ Concluir y analizar resultados para conocer las posibles causas de variaciones en el proceso.

1.3 Justificación.

Durante el último año de producción se registraron parámetros que son usados para verificar y comparar con las especificaciones con el objetivo de observar y documentar el comportamiento del proceso, a pesar de estas acciones, no se realizaron ningún tipo de pruebas estadísticas para conocer cuál era el estado del proceso.

Con la realización de las gráficas de control y las pruebas estadísticas se establecerá el procedimiento de toma de datos para asegurar la invariabilidad y se podrá conocer las capacidades de los procesos actuales, con datos tomados con mayor control y por ende más

confiables; con esto se puede conocer además las posibles causas de las variaciones indeseables que existan en el proceso.

1.4 Hipótesis.

Con la implementación del control estadístico de proceso se podrá conocer la capacidad de los diferentes procesos aplicados para la fabricación de la variedad de paneles. Con esto se podrán conocer deficiencias en el proceso y corregirlas antes de que provoquen problemas de mayor gravedad.

1.5 Límites y alcances.

1.5.1 Límites.

- Recopilación de datos de prensas líderes (Primera prensa de cada línea)
- No se realizarán reparaciones a monitores no hábiles.
- Supervisión de recolección de datos únicamente en turnos matutinos.
- Recolección de datos de turno vespertino sin supervisión.

1.5.2 Alcances.

- Implementación de HIT (Hojas de Instrucción de Trabajo) para la recolección de datos.
- Implementación del Control Estadístico de Proceso.
- Cumplir con objetivos de BPD.

CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL DE LA ORGANIZACIÓN.

2.1 Historia.

General Motors fue fundada por Willam “Billy” Durant el 16 de septiembre de 1908. En su comienzo GM solo contaba con Buick Motor Company, pero en cuestión de años adquirió más de 20 compañías incluyendo Oldsmobile, Cadillac, and Oakland, hoy conocida como Pontiac [1].

En los años 1920's Chevrolet, Vauxhall y Opel se sumaron al alcance de GM, dándole mayor diversidad de selección. Con la filosofía de “un carro para cada bolsillo y para cada propósito”. Durante ese periodo GM también abrió más de una docena de plantas fuera de los Estados Unidos de América y lanzó el Cadillac LaSalle en 1927, un carro con un diseño más curvo [2].

El 23 de septiembre de 1935 General Motors de México, S.A de C.V. es constituida oficialmente e inicia operaciones con 36 empleados en sus oficinas. En 1937 la planta de General Motors en la Ciudad de México comienza sus operaciones fabricando camiones en un área de 9308 m² y con tan sólo 222 trabajadores. En 1965 inicia la producción en la planta de motores y fundición de General Motors de México ubicada en Toluca, México. EN 1981 el presidente de México, José López Portillo inaugura la planta de ensamble de GM en Ramos Arizpe, Coahuila.

En 1995 inician operaciones en la Planta de Estampado de Ramos Arizpe, la Planta de Estampado de Silao y el Centro regional de Ingeniería albergado en Toluca. En 1997 inician operaciones en la Planta de Estampado del Complejo Silao inaugurada por el Presidente Ernesto Zedillo y GM.

En 2008 se anuncia el inicio de las operaciones de la Planta de Ensamble en San Luis Potosí para la fabricación del Chevrolet Aveo. Se inician también las operaciones en la Planta de Transmisiones en Silao y en el Complejo Ramos Arizpe se inaugura una Planta de Transmisiones de seis velocidades y se expanden las operaciones de la Planta de Motores de seis cilindros.

En el 2009 se crea la nueva General Motors Company, con un enfoque en cuatro marcas principales: Chevrolet, Buick, GMC y Cadillac [3].

Actualmente General Motors cuenta con 396 instalaciones ubicadas en 6 continentes [4].

En nuestro país, General Motors cuenta con cuatro Complejos de Manufactura [5]:

- Complejo Toluca (1965)
- Complejo Ramos Arizpe (1981)
- Complejo Silao (1995)
- Complejo San Luis Potosí (2008)

Además de contar con las Oficinas Corporativas (Ciudad de México), un Centro Regional de Ingeniería (Toluca, Estado de México) y Atención al Cliente (Toluca, Estado de México), donde se desarrolla una gran variedad de vehículos y componentes, así como estrategias comerciales, tanto para el mercado local, como para exportación.

2.2 Estructura.

La estructura de la planta de estampado es la siguiente:

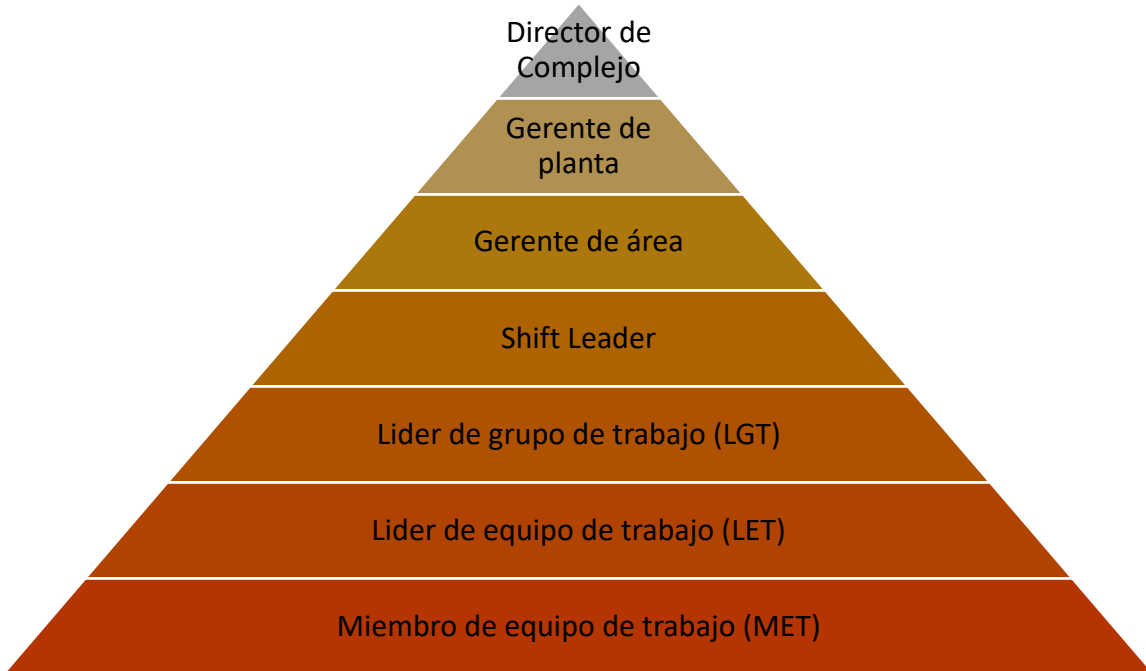


Figura 1. Estructura de planta estampado.

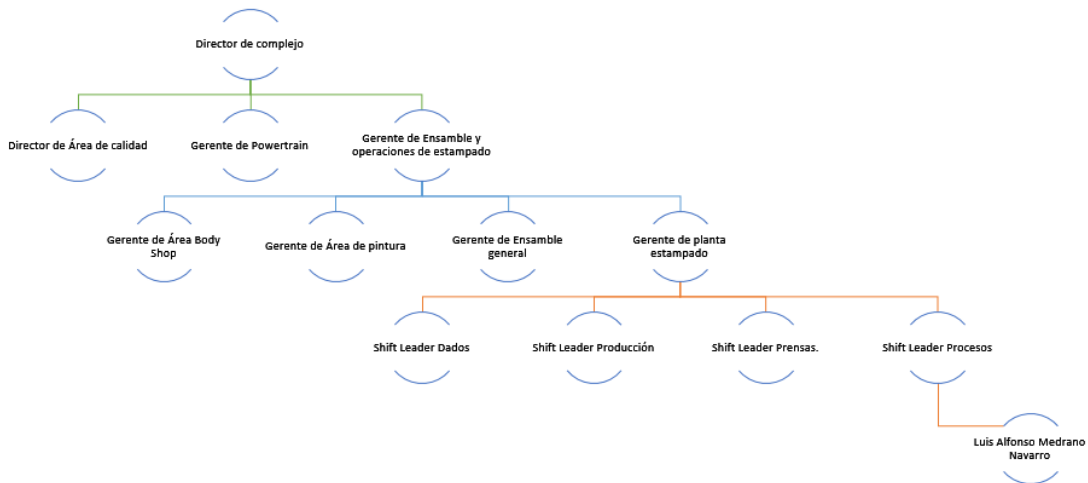


Figura 2. Organigrama de GM complejo Silao.

2.3 Productos.

Dentro del Complejo Silao se encuentran las plantas de Ensamble, Motores, Transmisiones y Estampado. Los productos que se fabrican en General Motors Complejo Silao son los siguientes [6]:

- **Vehículos:** Chevrolet Cheyenne, Chevrolet Silverado y GMC Sierra, en versiones cabina regular y crew cab.



Figura 3. Chevrolet Silverado High Country.



Figura 4. GMC Sierra Denali.



Figura 5. Chevrolet Cheyenne.

- **Motores:** 4.8L, 5.3L, 6.0L y 6.2L



Figura 6. Motor GM 4.8L

- **Transmisiones:** 6L45 y 6L80

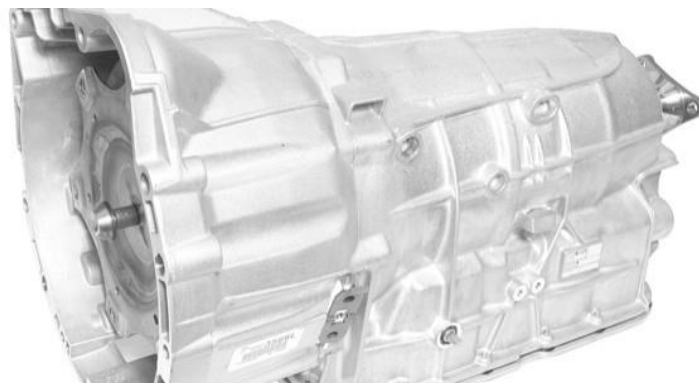


Figura 7. Transmisión Automática GM 6 velocidades 6L45.

Dentro de la planta de estampado se fabrican algunos elementos de la carrocería de las Pick-up's Chevrolet Silverado y GMC Sierra, en sus diferentes modalidades (cabina regular y crew cab):

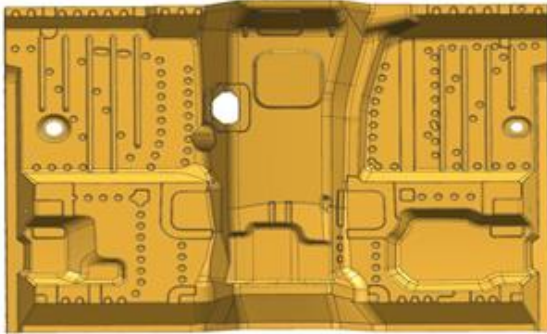


Figura 8. Panel frontal de piso (Front Floor).

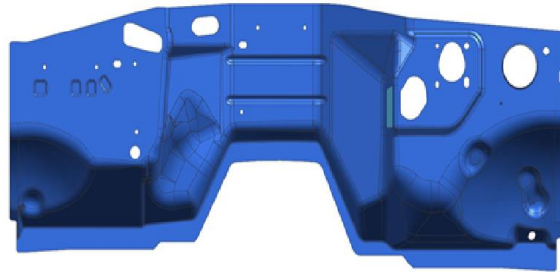


Figura 9. Panel Dash.

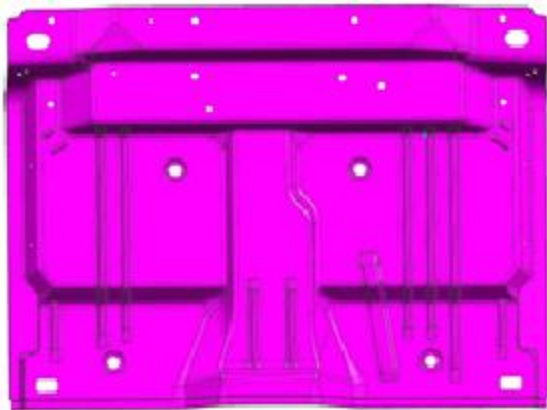


Figura 10. Panel trasero de piso (Rear Floor).



Figura 11. Toldo Crew Cab.

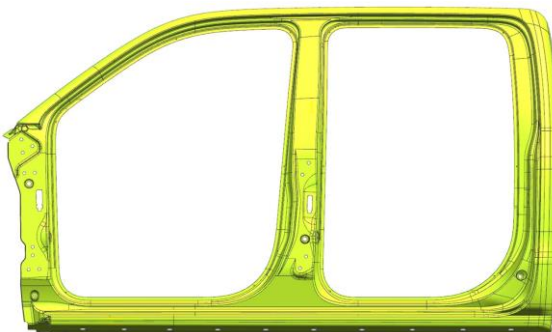


Figura 12. Marco lateral de puerta.

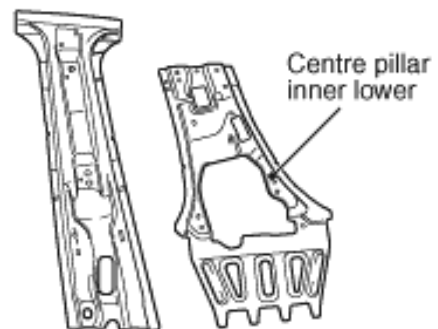


Figura 13. Pilar central.



Figura 14. Refuerzo de carrocería.

2.4 Desempeño.

En 1937 la planta de General Motors en la Ciudad de México comienza sus operaciones fabricando camiones en un área de 9,308 m². Se contaba con tan sólo 222 trabajadores y se generaban 10 unidades diarias.

En 1951 la fuerza total de trabajo en General Motors de México es de 1,750 personas generando una cifra récord de 12,000 unidades anuales, 32.87 unidades [3].

Actualmente se produce aproximadamente una camioneta por poco menos de un minuto.

En la Planta de Estampado el rango de producción es de aproximadamente 2100 piezas por hora en todas sus líneas de producción. Dependiendo de la Línea de Producción y del tipo de pieza que se va a fabricar.

2.5 Entorno.

La planta de estampado tiene vínculos con proveedores y clientes, este último es un cliente interno, ya que los productos producidos en la planta de estampado son ensamblados por otra planta dentro del complejo GM Silao. Debido a esta situación no se consideran competidores para la planta de estampado.



Figura 15. Ubicación de planta estampado en complejo Silao.

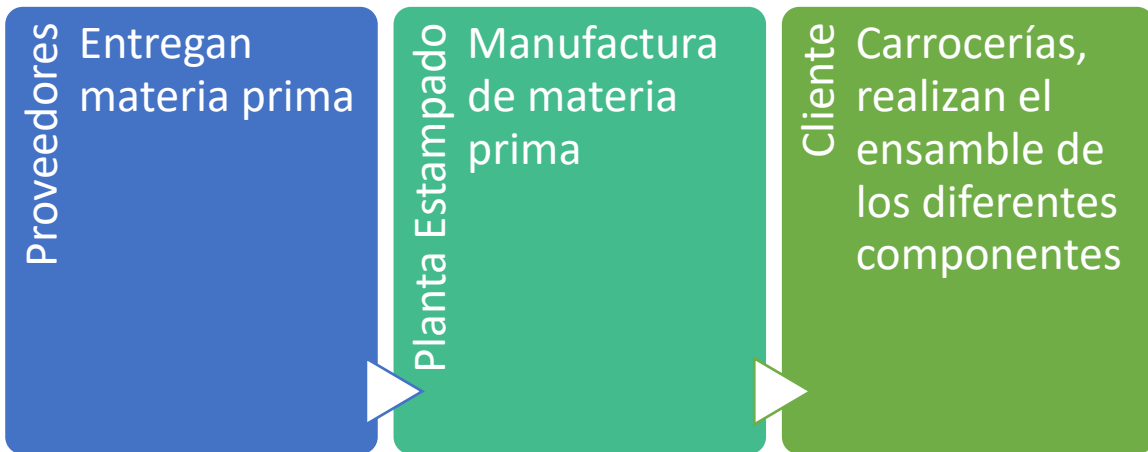


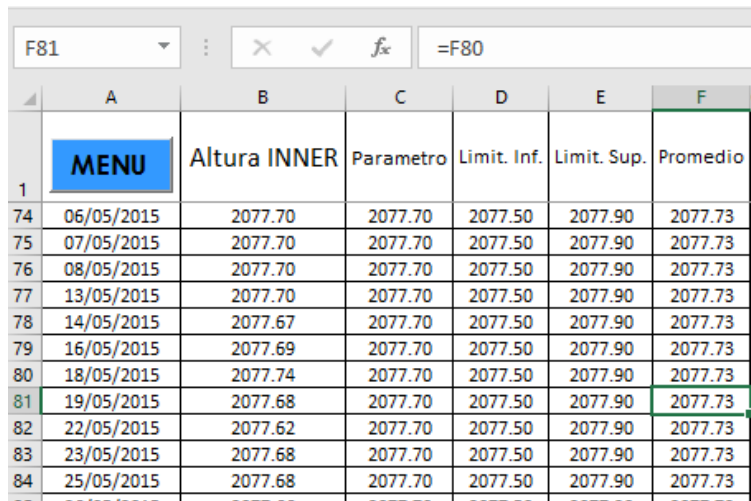
Figura 16. Relación de planta estampado con clientes y proveedores.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA.

3.1 Antecedentes.

El control estadístico del proceso de la planta de estampado ubicada en el complejo Silao de General Motors de México, ha sido llevado a cabo sin supervisión y sin realizar los estudios pertinentes y análisis de gráficas de control. Durante las corridas de producción, se presentan ocasiones en que los operadores encargados de realizar la recolección de datos, no reportan correctamente las características críticas del proceso o se olvidan de hacerlo; como consecuencia, el control estadístico se ve afectado. En consecuencia, el control estadístico muestra resultados y gráficos con variaciones anormales.

El departamento de procesos es el encargado de llevar a cabo la recopilación de datos y realizar la digitalización de los mismos. La recopilación actual de los datos se realiza mediante el uso de *macros* en Excel, en los cuales se realizan los cálculos y gráficas con ayuda de los datos obtenidos mediante la recolección de los mismos. Este método de cálculo es deficiente debido a que la hoja de cálculo tiene errores de programación, impactando en el proceso de elaboración del control estadístico.



The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet. The formula bar at the top displays '=F80'. The spreadsheet has columns labeled A through F. Column A contains dates from 06/05/2015 to 25/05/2015. Column B is labeled 'Altura INNER' and contains values ranging from 2077.67 to 2077.74. Column C is labeled 'Parametro' and contains values ranging from 2077.68 to 2077.70. Column D is labeled 'Limit. Inf.' and contains values ranging from 2077.50 to 2077.55. Column E is labeled 'Limit. Sup.' and contains values ranging from 2077.90 to 2077.95. Column F is labeled 'Promedio' and contains values ranging from 2077.73 to 2077.78. The cell F81 is selected, and the formula bar shows '=F80', indicating a circular reference error.

	A	B	C	D	E	F
1	MENU	Altura INNER	Parametro	Limit. Inf.	Limit. Sup.	Promedio
74	06/05/2015	2077.70	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
75	07/05/2015	2077.70	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
76	08/05/2015	2077.70	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
77	13/05/2015	2077.70	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
78	14/05/2015	2077.67	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
79	16/05/2015	2077.69	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
80	18/05/2015	2077.74	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
81	19/05/2015	2077.68	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
82	22/05/2015	2077.62	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
83	23/05/2015	2077.68	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73
84	25/05/2015	2077.68	2077.70	2077.50	2077.90	2077.73

Figura 17. Formula mal programada de promedio.

Las gráficas que se obtienen con los macros muestran información sobre las especificaciones y tolerancias de cada número de parte contra el promedio de las mediciones realizadas a lo largo del año. Cabe mencionar que dicho promedio es erróneo, ya que la fórmula que ha sido usada está programada de manera incorrecta.

3.2 Identificación del problema.

Actualmente, el control estadístico del proceso no cuenta con datos fidedignos para analizar el estado de las líneas de producción. Sin el conocimiento del estado del proceso existe peligro de invertir un largo periodo de tiempo en mantenimiento correctivo en caso de que se presente una falla en la línea de producción.

Los datos de parámetros críticos que carecen de veracidad en el control de proceso se muestran en la tabla 1.

Característica crítica	Impacto en producto
Altura de trabajo	Adelgazamiento de lámina. Producto sin reparación o scrap.
Presión de nitrógeno	Falta de embutido o falta de barrenos.
Tonelaje de prensa	Es una variable de salida que se ve afectada por los diferentes parámetros del proceso.

Tabla 1. Características críticas del proceso.

La estrategia usada actualmente para la recolección de datos no refleja la variación que existe en una corrida de producción, ya que la toma de datos se realiza solamente una vez por corrida, teniendo con esto solo la variación que existe entre cada corrida.

3.3 Situación actual.

Los datos reportados por el personal de procesos carecen de revisión y realimentación sobre la información obtenida con los mismos, debido a esta situación los operadores encargados de realizar la actividad no se interesan por obtener los datos de manera responsable.

Debido a que no se entregan resultados requeridos, el control estadístico no tiene una buena utilidad actualmente, ya que solo se realiza la recolección de datos y no se analizan los mismos para prevenir fallas.

3.4 Situación deseada.

Se busca actualizar e implementar de manera adecuada el control estadístico del proceso, además de realizar la verificación de los datos obtenidos mediante el desarrollo del mismo, asegurando la obtención de datos verídicos del estado del proceso y poder tomar decisiones de manera adecuada para prevenir invertir tiempo en la identificación de fallas en líneas de producción.

CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO.

4.1 Control Estadístico de Procesos (SPC, Statistical Process Control)

4.1.1 Introducción a SPC.

El control estadístico de proceso es una herramienta diseñada por la asociación AIAG, establecida como una Core Tool, enfocada a la mejora continua de los procesos, así como a las personas involucradas en el mismo. SPC es un sistema de realimentación rápida que evalúa las actividades del personal de la planta, materiales, métodos, maquinaria y procesos.

Se debe considerar que el control estadístico de proceso no es una herramienta de solución instantánea de problemas; es más bien, una herramienta para un manejo eficiente del proceso o negocio. El objetivo del SPC es reducir la variabilidad del proceso y del producto para incrementar el nivel de calidad de los bienes producidos, para satisfacer a los clientes, reducir desperdicios, evitar reprocesos y reclamos, facilitando de esta manera el trabajo en la planta. Se debe tener en cuenta que el producto final no determina la calidad, la calidad se hace y se controla a través de todo el proceso de producción, desde que el producto es diseñado, contemplando la materia prima hasta su fabricación final. [7, 9]

4.1.2 Variación: causas comunes y especiales.

Variación natural o aleatoria (Causas comunes). Se refieren a las fuentes de variación que actúan de manera consistente en un proceso. Las causas comunes dentro de un proceso generan una distribución estable y repetible en el tiempo, a este estado del proceso se le conoce como “En estado de control estadístico”. [8]

Algunos ejemplos de variaciones naturales son:

- Ligeras fluctuaciones en las materias primas.
- Ligera vibración de los equipos.
- Pequeños cambios ambientales.
- Ligeras variaciones de fuentes de energía.

Estas variaciones no se pueden eliminar completamente del proceso, pero se puede reducir su influencia a través de la optimización del mismo.

La corrección u optimización generalmente requiere decisiones gerenciales, de inversiones, compromiso y participación de toda la organización. Algunas estrategias para reducir la variación natural son:

- Cambiar de proveedor, buscando materiales más homogéneos.
- Capacitación a personal para tener una operación estandarizada.
- Modificación de las condiciones del proceso.
- Se reemplazan equipos o tecnologías obsoletas por nuevas tecnologías. [9]

Causas especiales o asignables. Se refieren a cualquier factor que causa variaciones que afectan solo algunos resultados del proceso. Estas causas normalmente son intermitentes e impredecibles. Las causas especiales son señalizadas por uno o más puntos fuera de los límites de control o por patrones no aleatorios de puntos dentro de los límites de control. [8]

4.1.3 Métodos de control.

Tradicionalmente, el control de calidad ha sido la inspección, un método en el cual el bien es elegido cuando la producción es completada. Este método genera altos costos, altos índices de *scrap* y menor calidad en los productos. A esto se le conoce como “Ciclo clásico de control” (Figura 17)

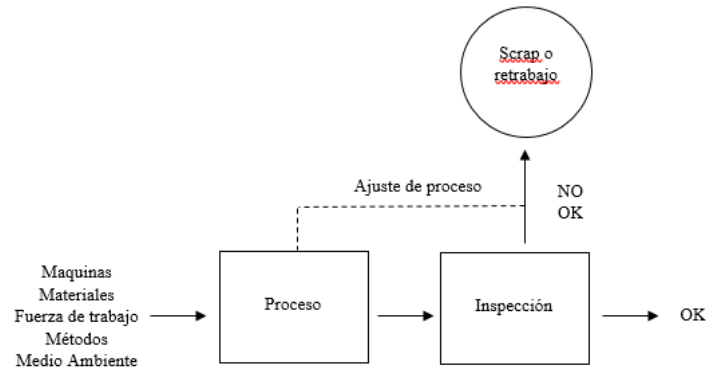


Figura 18. Ciclo clásico de control.

El ciclo de control SPC (Figura 18) es diferente. En él, el proceso es monitoreado durante la producción y los ajustes son hechos al proceso antes de que se produzcan partes o productos fuera de especificaciones. Esto reduce la variabilidad, scrap y los costos de inspección al mismo tiempo que se está mejorando la calidad. [7]

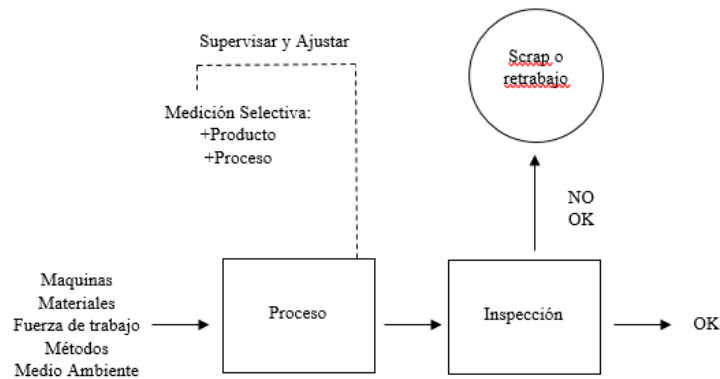


Figura 19. Ciclo de control SPC.

4.1.4 Control y habilidad de los procesos.

Cuando se habla de habilidad en los procesos, dos conceptos un tanto contrastantes necesitan ser consideradas:

- Habilidad del proceso.
- Desempeño del proceso.

La habilidad del proceso es determinada por la variación que proviene de causas comunes. Generalmente representa el mejor desempeño del proceso. Esto se demuestra cuando el proceso ha sido operado en un estado de control estadístico independientemente de las especificaciones.

Sin embargo, los clientes están más preocupados por el desempeño del proceso; esto es, el resultado global del proceso y como se relaciona con sus requerimientos (definidos por las especificaciones), independientemente de la variación del proceso. [8]

4.1.5 Gráficas de control.

La implementación de gráficas de control, en diferentes puntos del proceso y para diferentes variables críticas de calidad permiten monitorear el proceso y tomar acciones correctivas y preventivas a tiempo para mantener o restaurar la estabilidad del proceso.

El objetivo principal de los gráficos de control es monitorear el comportamiento de una característica o variable crítica del proceso para reducir su variación. No se requiere un gráfico de control para cada variable del proceso, en general se acostumbra utilizarlo solo para aquellas variables críticas y que son determinantes de características de calidad final del proceso.

Las gráficas de control están conformadas por:

- Una escala vertical (Eje Y) donde se representan los valores de la característica de calidad a ser evaluada.
- Una escala horizontal (Eje X) que indica el comportamiento en el tiempo del proceso.

- Una escala central que generalmente indica el promedio histórico de la característica de calidad evaluada.
 - Los límites de control superior e inferior que estarán equidistantes a la línea central o valor promedio respectivamente.
 - Los puntos interiores corresponden cronológicamente al valor de la variable bajo control, de muestras tomadas del proceso, según la frecuencia de muestreo fijada.
- [9]

En algunas bibliografías como “Control Estadístico de Procesos - (Statistical Process Control)” [9] se manejan tres tipos de gráficas de control que son:

- Gráfica de promedios y rangos ($\bar{X} - R$)
- Gráfica Medianas y Rangos ($\tilde{X} - R$)
- Gráfica de promedios y desviaciones estándar ($\bar{X} - S$)

En otras bibliografías como “Manual Control Estadístico de los Procesos (SPC)” [8] se agrega otro tipo de gráfica como:

- Gráfica de Mediciones Individuales y Rangos Móviles

Gráfica de promedios y rangos.

Este tipo de gráfica es desarrollado por mediciones de una característica particular de la salida del proceso. Esta gráfica es una de las herramientas más poderosas y sensibles del SPC.

Una gráfica de promedios y rangos representa una característica del producto. Los datos son reportados en pequeños subgrupos, usualmente incluyen de 2 a 5 piezas consecutivas, con subgrupos tomados periódicamente.

Para que la gráfica de control sea efectiva:

- Cada *ítem* debe de ser medido adecuadamente para la característica que está siendo observada.
- Los subgrupos deben de ser elegidos de manera que las variaciones a lo largo de las unidades representen la variabilidad que no puede ser controlada en las corridas. [7]

4.1.6 Formulas para gráficas de control.

Las formulas usadas para calcular los diferentes elementos que son clave en el cálculo de los límites y gráficos de control son las siguientes:

Gráficas de promedios y rangos

Promedio de cada subgrupo:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (4.1)$$

Rango de cada subgrupo:

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (4.2)$$

Gran promedio o promedio general:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}; k = \text{número de subgrupos} \quad (4.3)$$

Promedio de rangos:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_K}{k} \quad (4.4)$$

Estimativo de la desviación estándar (Sigma):

$$\hat{\sigma}_c = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (4.5)$$

Características de gráficas:

	Limite central	Límites de control	
Promedios	$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$
Rangos	$CL_R = \bar{R}$	$UCL_R = D_4\bar{R}$	$LCL_R = D_3\bar{R}$

Tabla 2. Fórmulas para límites de control de gráfica X-R.

De igual manera, las formulas usadas para realizar la gráfica de control por promedios y desviaciones estándar son las siguientes:

Gráficas de promedios y desviaciones estándar.

Promedio de cada subgrupo:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (4.6)$$

Desviación estándar de cada subgrupo:

$$s_k = \sqrt{\frac{\sum (X_{1,k} - \bar{X}_k)^2}{n - 1}} \quad (4.7)$$

Gran promedio o promedio general:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}; k = \text{número de subgrupos} \quad (4.8)$$

Promedio de la desviación estándar:

$$\bar{s} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_k}{k} \quad (4.9)$$

Estimativo de la desviación estándar (Sigma):

$$\hat{\sigma}_c = \frac{\bar{s}}{c_4} \quad (4.10)$$

Características de gráficas:

	Limite central		Límites de control	
Promedios	$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$	$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$	
Rangos	$CL_s = \bar{s}$	$UCL_s = B_4\bar{s}$	$LCL_s = B_3\bar{s}$	

Tabla 3. Fórmulas para límites de control de gráfica X-s.

4.1.7 ¿Qué tipo de gráfica usar?

Para poder decidir que método de análisis o gráfica de control es la necesaria, se debe tener en cuenta el tipo de datos que se están analizando, así como su comportamiento dentro del muestreo necesario para recolectar los datos.

Como ayuda para tomar la decisión se encuentran disponibles diferentes diagramas como el mostrado en la figura 19 y 20, para elegir el tipo de gráfico a usar. [8]

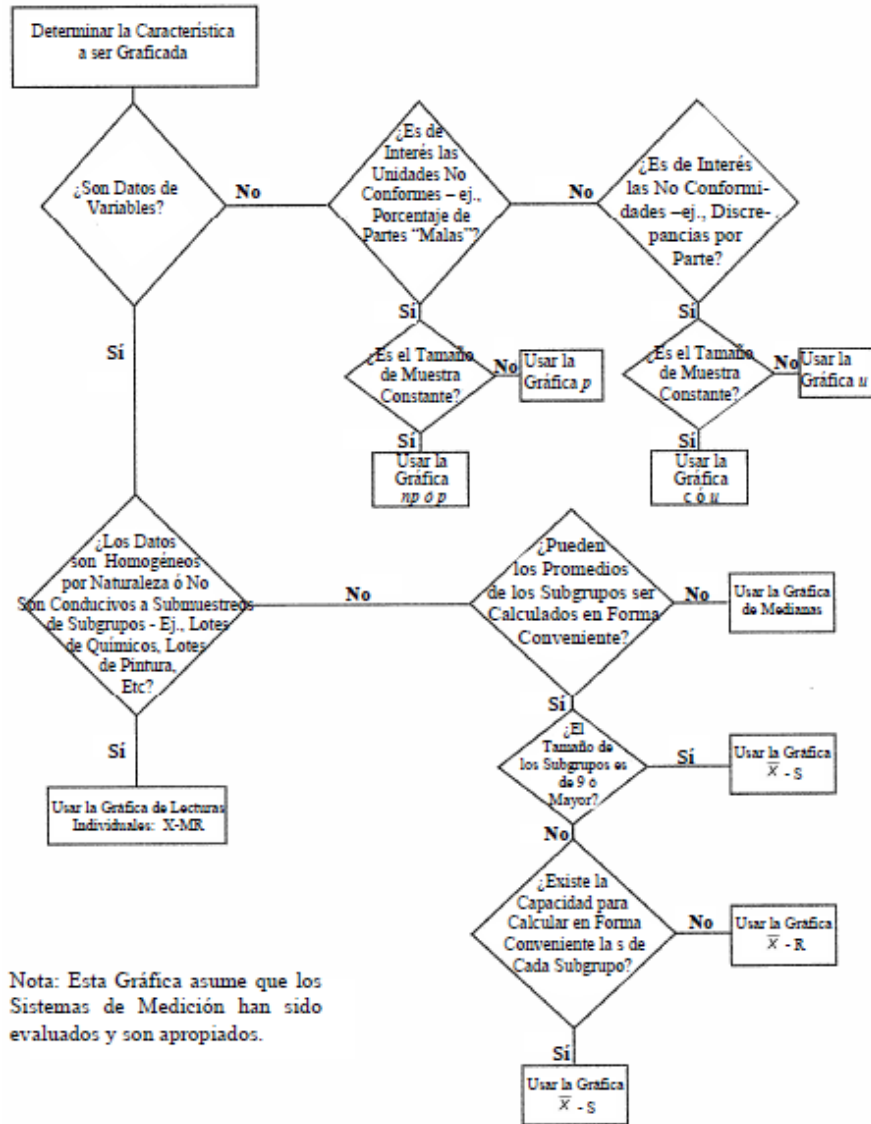


Figura 20. Diagrama para elección de gráfica de control.

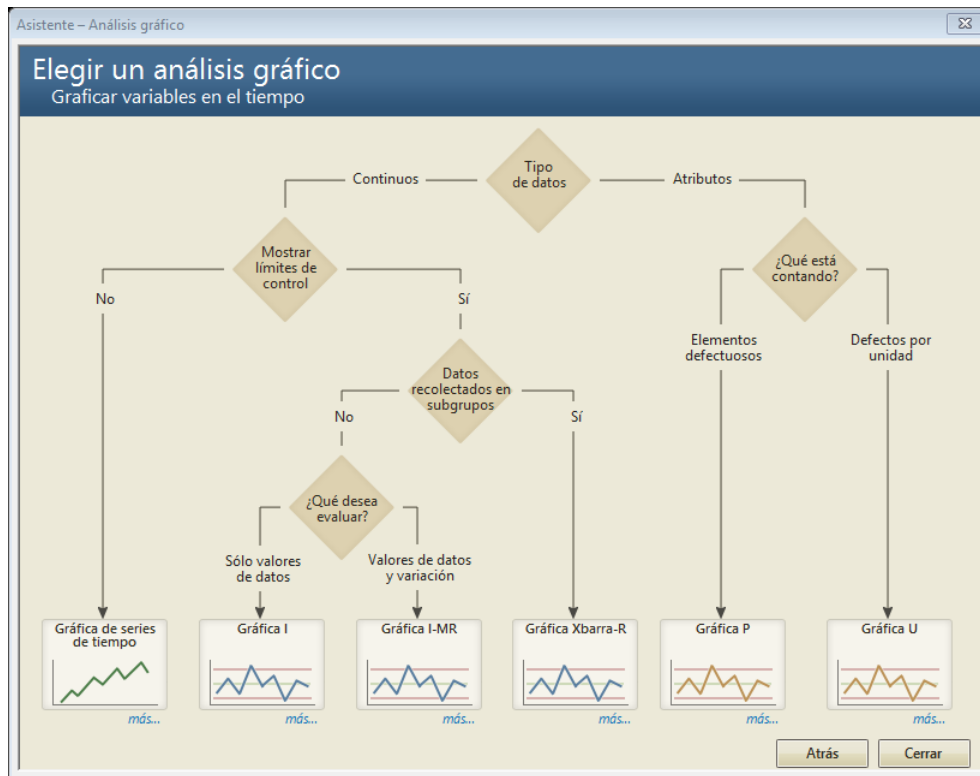


Figura 21. Otros métodos de elección de gráfico de control.

4.1.8 Definición de señales “Fuera de control”

La presencia de uno o más puntos fuera de control es una evidencia primaria de variación por causas especiales en dicho punto. Estas causas especiales pudieron haber ocurrido previo a dicho punto.

Un punto fuera de un límite de control es generalmente una señal de uno o más de siguientes aspectos:

- El límite de control o punto graficado ha sido calculado o graficado erróneamente.
- La variabilidad pieza a pieza o la dispersión de la distribución se ha incrementado, ya sea en ese punto o como parte de una tendencia.
- El sistema de medición ha cambiado.
- El sistema de medición necesita una discriminación apropiada.

Existen varios criterios para identificar causas especiales (Tabla 4). La decisión de que criterios usar depende del proceso a ser estudiado o controlado.

Criterios típicos para causas especiales	
1	Un punto más allá de 3 desviaciones estándar de la línea central.
2	7 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central.
3	6 puntos consecutivos, todos crecientes o todos decrecientes.
4	14 puntos consecutivos, alternando arriba y abajo.
5	2 de 3 puntos > 2 desviaciones estándar de la línea central.
6	4 de 5 puntos > 1 desviación estándar de la línea central.
7	15 puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar de la línea central.
8	8 puntos consecutivos > 1 desviación estándar de la línea central.

Tabla 4. Criterios para definir causas especiales en gráficas de control.

CAPÍTULO V. METODOLOGÍA.

5.1 Definición.

El ciclo Deming o ciclo PDCA es una herramienta o metodología que se encarga de asegurar y mantener la calidad en la empresa, esta metodología consta de cuatro pasos:

- **Plan:** En esta fase es necesario establecer cuáles son los objetivos que se quieren alcanzar y la elección del método para lograrlos. La planificación debe incluir el estudio de causas y efectos para prevenir fallos potenciales.
- **Do:** Consiste en desarrollar o llevar a cabo el trabajo y acciones preventivas planeadas.
- **Check:** En esta fase se verifica y controla los efectos y resultados obtenidos de las mejoras planeadas.
- **Act:** Una vez que se confirma que las acciones dan el resultado deseado, es necesario llevar a cabo una normalización mediante una documentación adecuada.

El ciclo de Deming se usa para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma adecuada la resolución de problemas.

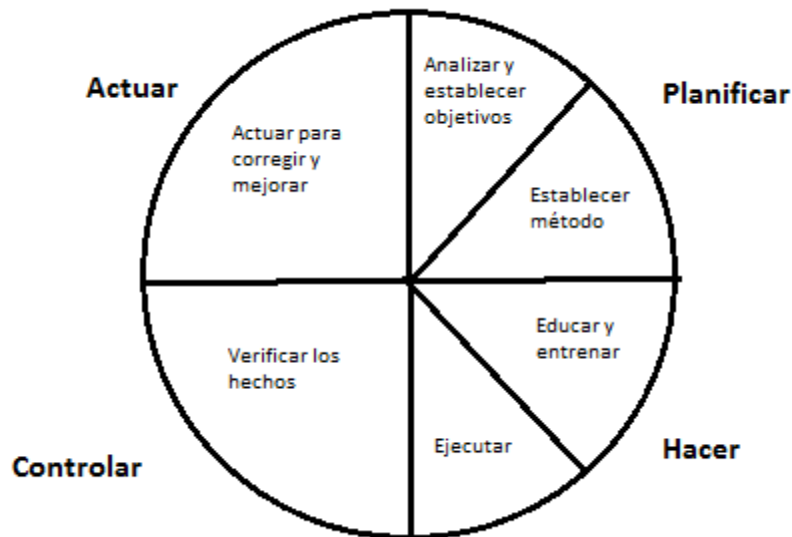


Figura 22. Ciclo PDCA.

La metodología PDCA puede usarse para realizar e implementar diferentes tipos de estandarizaciones y procedimientos, especialmente para mantener o asegurar la calidad de los productos, esto debido a que está basado en una secuencia lógica, la cual nos ayuda a identificar y plantear de mejor manera los pasos para realizar la implementación del control estadístico son los siguientes:

Planear (Plan):

Paso 1. Definir parámetros críticos del proceso.

Para establecer los parámetros es necesario conocer cuáles son los parámetros o especificaciones establecidos por el cliente, así como el conocimiento básico de las mediciones realizadas por los diferentes laboratorios.

Paso 2. Definir el sistema de medición o plan de muestreo.

Realizar un muestreo mediante el cual se vea reflejado la variación existente parte a parte para cada uno de los parámetros críticos del proceso definidos anteriormente.

Actuar (Do):

Paso 3. Recopilar información del registro de parámetros.

Mediante la obtención de los diferentes archivos en los cuales se realizó el registro de los datos del proceso durante el último año de producción.

Paso 4. Realizar la recolección de datos del proceso.

Apegándose a lo establecido en el plan de muestreo realizar las mediciones o lecturas necesarias para contar con la información requerida.

Paso 5. Digitalizar los datos recabados para el análisis de los mismos.

Reportar los datos obtenidos mediante las diferentes mediciones a una hoja de Excel.

Paso 6. Realizar el grafico de control.

Con ayuda del software Minitab, obtener las diferentes graficas de control para comparar los resultados y definir el método de grafica que se tomara en cuenta para realizar el reporte del control estadístico.

Verificar (Check):

Paso 7. Establecimiento de límites de control.

Definir el rango de valores en el que el estadístico de control considerando solamente las causas naturales de variación.

Paso 8. Interpretación de gráfico de control y conclusiones.

Interpretar las gráficas de control obtenidas y concluir el estado del proceso.

Actuar (Act):

Paso 9. Realizar el cálculo de la habilidad del proceso a mediano y largo plazo (Cpk y Ppk).

La habilidad del proceso es determinada mediante la variación que proviene de causas comunes y demuestra que el proceso ha sido operado en un estado de control estadístico independientemente de las especificaciones del producto.

5.2 Factores a controlar.

- **IPPM'S.** Los Problemas Internos Por Millón (IPPM por sus siglas en inglés Internal Problems Per Million) es un indicador el cual se ve afectado por las piezas defectuosas que llegan al final de línea y son puestas en contenedor. La fórmula para calcular este indicador es:

$$IPPM = \frac{\# \text{ de rechazos}}{\# \text{ de partes Estampadas}} \times 1,000,000$$

- **HCPP'S.** Las hojas de control de parámetros del proceso son hojas las cuales son desarrolladas por el departamento de procesos, en estas hojas se puede encontrar la información de todos los parámetros que pueden afectar al proceso y por ende la calidad de los productos producidos.

- **HIT'S.** Las hojas de instrucción de trabajo cumplen con la función de detallar una actividad a realizar por un operador o miembro de equipo, en dicha hoja se muestra paso a paso las actividades necesarias para cumplir con un objetivo o actividad.

5.3 Procedimiento.

Plan

Paso 1. Para definir los parámetros críticos del proceso es necesario conocer cuáles son los requerimientos específicos del cliente, esto se pudo conocer con ayuda del departamento de calidad, que a su vez son los encargados de realizar las diferentes mediciones y pruebas para comprobar la calidad en los productos, los requerimientos del cliente se pueden encontrar en el documento Part Quality Estándar (PQS), que a su vez es mostrado en la figura 23.



Figura 23. Ejemplo de PQS.

Una vez que se obtuvieron los puntos críticos exigidos por el cliente, se pidió apoyo a los departamentos de Prensas y Troqueles para saber que puede afectar directamente a las características críticas establecidas, ellos a su vez comentaron que los parámetros más importantes a verificar son la altura de trabajo del ariete de prensa, presión de nitrógeno de los troqueles y tonelaje de prensas, actualmente se cuenta con la especificación de dichos parámetros, los cuales fueron establecidos durante la última revisión de parámetros realizada en el 2013 como se muestra en la figura 24, dichos parámetros de especificación se encuentran establecidos en la Hoja de Control de Parámetros del Proceso (HCPP) que se muestra en la figura 25.


	General Motors de México S. de R.L. de C.V. Complejo Silao Planta de Estampado HOJA DE CONTROL DE PARAMETROS DEL PROCESO (HCPP)		
	Nombre Parte: SILL CROSS # 1 LH	MODELO: K2XX	Fecha: 01-ene-13
	CSPC: B3411 Codigo: NARANJA / FRANJA BLANCA	LÍNEA: TP RECETA: 1	Tiempo: 6 MESES

Figura 24. Fecha de actualización de parámetros.

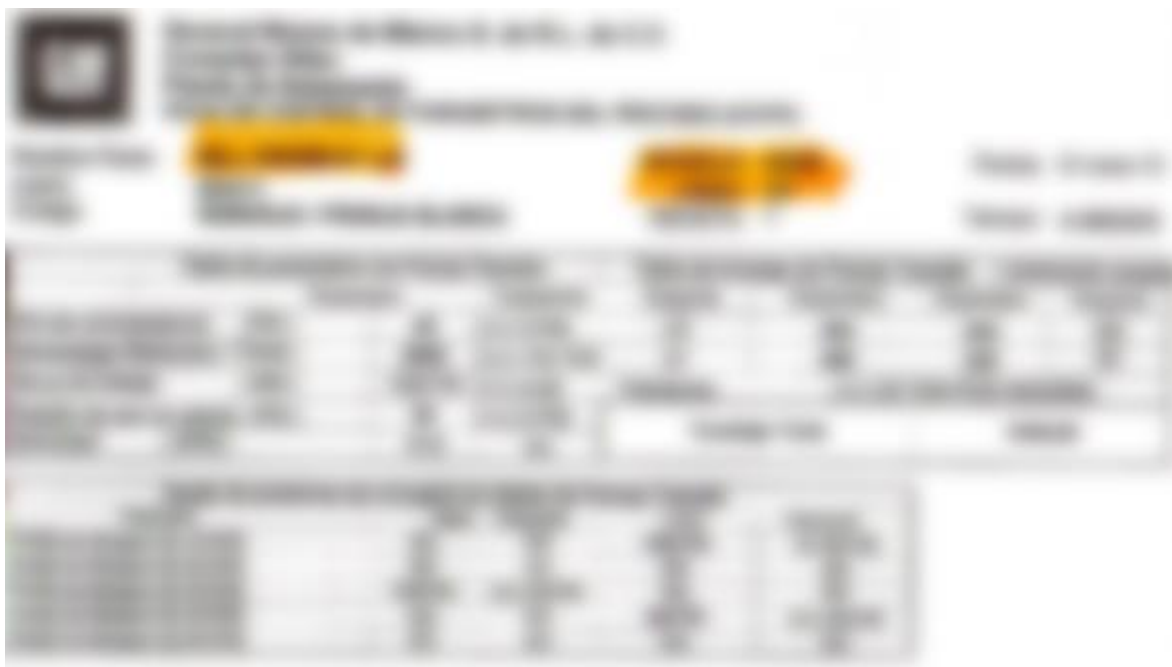


Figura 25. Parámetros de especificación.

Paso 2. El plan de muestreo fue diseñado para que al realizar las mediciones o muestras se consideren todos los factores que pueden afectar al proceso, el factor principal es el material, es por esto que se definieron el número de mediciones según las veces que se cambia de *pallet* con material, debido a que puede presentarse material con diferencias de propiedades, las propiedades de los materiales son revisadas por los monitores del departamento de procesos, los cuales realizan la inspección de calidad analizando el certificado de calidad entregado por el proveedor, el cual es mostrado en la figura 26.

AM/NS Calvert LLC
1 AMNS Way
Calvert, AL 36011 USA

AM/NS CALVERT
CUSTOMER ORIGINAL

Mill Certificate

Order - Item 710000078-10	Certificate Number 4101244502	Delivery No 10039225-10	Date 02/28/2018	Page 1 of 2
Customer No: 12105		Cust PO: 39450308		

Customer Part No: 9280574

Customer Sold to: General Motors de Mexico Ejercito Nacional No. 843 Calle de Impulsion Grande 11020 SAN LUIS POTOSI MEXICO	Customer Ship to: ThyssenKrupp Materials de Mexico C/O LAGERMEX SA DE CV Rial Sur: ZUP 01-72304 36200 SILCA-PARQUE INDUSTRIAL PIPASHI MEXICO	Contact - Stan Rovans AMNS Calvert LLC 1 AMNS Way CALVERT AL 36013 USA Email: Stanley.Rovans@AmnsOfMitsui.com Ph : 1-251-288-3000
--	--	---

Steel Grade / Customer Specification
Galvanneal Coil GMA2 CR1

1,000 mm X 1,705,000 mm GM GMA2 800G05 ACCORDING TO GMA2

Type of Product/Surface
Galvanneal Coil 0.5 gms Uncoated

TEST METHOD
Milled in Brazil
Manufactured in USA

Country of origin: USA

MATERIAL DESCRIPTION	Prod		Cust		Weight	
	No	No	No	No	KG	KG
ORDERED	1	1	1	1	20,000	20,000
WT	3.000					

CHEMICAL COMPOSITION OF THE TABLE *

Prod	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Nb	N
700007	0.0022	0.06	0.12	0.003	0.008	0.000	0.01	0.01	0.00	0.0032
Ni	Mo	Ti	B	V	Ca					
0.006	0.001	0.02	0.0001	0.001	0.001					

COATING *

Top Side	Bottom Side
gms	gms
0.4	0.4

Figura 26. Certificado de calidad de material.

El número de pallets varía de acuerdo a la cantidad de piezas programadas día a día en el plan de producción, el cual se muestra en la figura 27, de acuerdo a esta variación se tomó un número específico de mediciones en las cuales se asegure que el cambio de pallet se ha realizado, para la línea CR se tomaron mediciones al inicio, mitad y final de la corrida debido a que en lo general se realizan 4 cambios de pallets, sin embargo, se pueden programar menor número de piezas, dicho pallet se muestra en la figura 28.

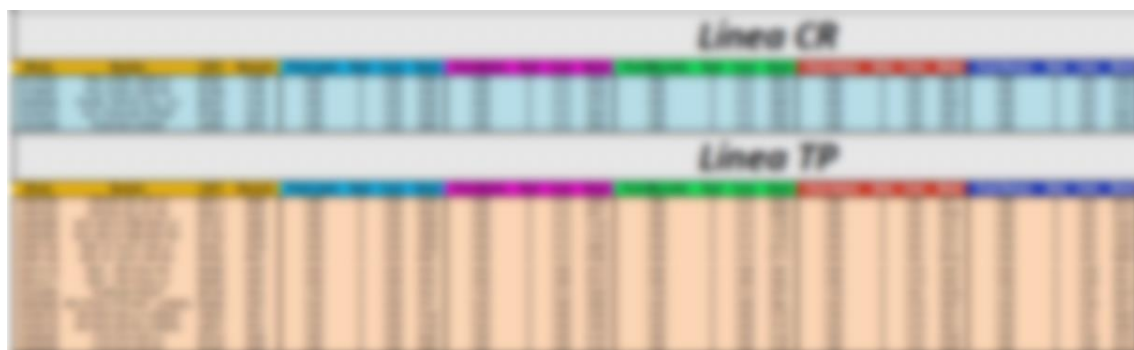


Figura 27. Plan de producción para línea CR y TP.



Figura 28. Pallet de línea CR.

Para la línea TP, el número de mediciones es de 4, debido a que es una línea con mayor velocidad, tiene mayor número de cambios de pallets, sin embargo, también tienen variaciones en las cantidades de piezas programadas para producción. Los pallets usados para esta línea de producción son mostrados en la figura 29. De igual manera se realizaron diferentes tipos de formatos como ayuda en la toma de muestras, los cuales serán descritos y mostrados en pasos siguientes.



Figura 29. Pallet de línea TP.

Do

Paso 3. Para la realización del control estadístico del proceso de años anteriores, fue necesario recopilar la información con la cual se contaba en el departamento. La información de los parámetros y registros de datos de producción es una tarea realizada por los operadores del departamento de producción, esta tarea debe ser realizada según la Hoja de Instrucción de Trabajo (HIT) destinada para conocer cuál es método ideal de recolección de datos; dicha HIT se muestra en la figura 30 y en el Apéndice B Anexos; de igual forma, siguen el proceso establecido en la HIT de registro de parámetros en la base de datos del departamento.



Figura 30. HIT Registro de parámetros del proceso.

Con soporte del personal del departamento se pudo obtener los diferentes archivos en los cuales se realiza el registro de parámetros para poder analizarlos y realizar las pruebas necesarias para conocer el estado del proceso. Algunos de estos archivos son mostrados en la figura 31.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
XLSM 02 Segimiento BODY REAR OUTER.xlsm	27/01/2016 02:48 ...	Archivo XLSM	329 KB
XLSM 03 Segimiento PANEL ROOF OUTER.xl...	05/12/2015 07:45 a...	Archivo XLSM	1,759 KB
XLSM 04 Segimiento BODY REAR OUTER K2...	29/02/2016 06:58 a...	Archivo XLSM	1,942 KB
XLSM 05 Segimiento CROOS SIIL #3.xlsm	05/01/2016 02:36 a...	Archivo XLSM	406 KB
XLSM 06 Segimiento PANEL DASH.xlsm	26/12/2015 07:22 ...	Archivo XLSM	391 KB
XLSM 07 Segimiento PANEL REAR FLOOR.xlsm	11/01/2016 01:55 ...	Archivo XLSM	302 KB

Figura 31. Archivos recuperados.

Como se mencionó anteriormente, el registro de los parámetros en la base de datos del departamento se realizó mediante el uso de macros como las que se muestran en la figura 32.

Monitoreo Body Rear Outer



Figura 32. Macro usada para registro de datos.

Para poder acceder al registro de datos es necesario dar click en el botón amarillo de la macro, “Ver Registro” que se muestra en la figura 33 y posteriormente se despliega toda la información de datos recabados a lo largo del año anterior; dichos datos pueden observarse en la figura 34.

Datos Generales

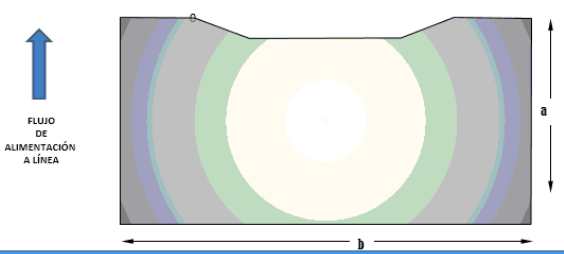
Monitoreo Body Rear Outer

Altura INNER

Nivel de Nitrogeno Numero de rollo Tonelaje

↑

FLUJO DE ALIMENTACIÓN A LÍNEA



Monitor

Dim. A

Dim. B

Guardar

Cancelar

Ver Registro

Figura 33. Campos para registro de parámetros del proceso.

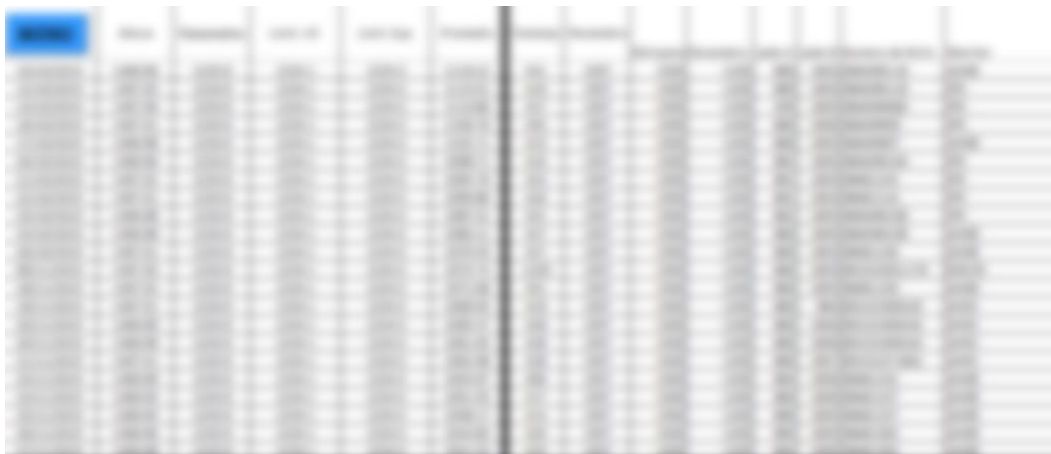


Figura 34. Registro de parámetros.

Paso 4. La recolección de datos fue realizada siguiendo lo establecido en el *Paso 2 Plan de muestreo*, las recolecciones fueron realizadas con apoyo de los monitores del departamento de procesos debido a que ellos son los encargados de liberar y realizar el monitoreo a las líneas de producción, para facilitar el registro de parámetros, se desarrollaron diferentes formatos como los que se muestran en las figuras 35 y 36.

Parámetros línea TP

Parte:		Fecha:	
Medición	Altura de trabajo	Presión Nitrogeno	Tonelaje
1°			
2°			
3°			
4°			

Parte:		Fecha:	
Medición	Altura de trabajo	Presión Nitrogeno	Tonelaje
1°			
2°			
3°			
4°			

Parte:		Fecha:	
Medición	Altura de trabajo	Presión Nitrogeno	Tonelaje
1°			
2°			
3°			
4°			

Parte:		Fecha:	
Medición	Altura de trabajo	Presión Nitrogeno	Tonelaje
1°			
2°			
3°			
4°			

Figura 35. Formato para registro de parámetros línea TP.

Parámetros línea CR

Parte: _____ Fecha: _____

MEDICIÓN	ALTURA DE TRABAJO	PRESIÓN DE NITRÓGENO	TONELAJE
1°			
2°			
3°			

Parte: _____ Fecha: _____

MEDICIÓN	ALTURA DE TRABAJO	PRESIÓN DE NITRÓGENO	TONELAJE
1°			
2°			
3°			

Parte: _____ Fecha: _____

MEDICIÓN	ALTURA DE TRABAJO	PRESIÓN DE NITRÓGENO	TONELAJE
1°			
2°			
3°			

Figura 36. Formato para registro de parámetros línea CR.

Los formatos de cada una de las líneas fueron llenados día a día con las mediciones observadas, durante el periodo de tiempo establecido en el plan de muestreo, el llenado del formato por parte de los operadores de procesos muestra en la figura 37.

Figura 37. Ejemplo de formato lleno.

Paso 5. Para realizar la digitalización de los datos obtenidos durante el periodo de muestreo se hizo uso del software Excel, debido a que es el mismo programa que usan los operadores para salvar los datos recabados. De igual manera se realizaron diferentes tipos de formatos para tener control de los datos registrados y poder facilitar la exportación de los mismos al software Minitab; en cada uno de los formatos como el que se muestra en la figura 38 se incluyó en número de mediciones realizadas además de las especificaciones de las piezas obtenidas de las Hojas de Control de Parámetros del Proceso (HCPP), esto con la finalidad de simplificar el análisis de los datos al ser exportados al software antes mencionado.



General Motors de México S. de R.L. de C.V.
Complejo Silao
Planta Estampado

Control de parámetros críticos de proceso, Panel ## Línea #

Fecha	Corrida	Altura de trabajo			Promedio (Altura)	Tonelaje			Presión Nitrógeno		Límites Especificados							
		1°	2°	3°		1°	2°	3°	Inicio	Final	Superior	Set Point	Inferior					

Figura 38. Formato desarrollado para registro electrónico de datos.

Posteriormente, cuando se tienen todos los datos necesarios para realizar el registro de los parámetros del proceso, se realizó el llenado de los formatos como se muestra en la figura 39; una vez que se realizó la actividad se exportaron los datos para realizar el análisis estadístico necesario en el software Minitab, la exportación de los datos puede ser observada en la figura 40.



General Motors de México S. de R.L. de C.V.
Complejo Silao
Planta Estampado

Control de parámetros críticos de proceso, Panel Plenum Lower Línea CR

Fecha	Corrida	Altura de trabajo			Promedio (Altura)	Tonelaje			Presión Nitrógeno		Límites Especificados		
		1°	2°	3°		1°	2°	3°	Inicio	Final	Superior	Set Point	Inferior
29/02/2016	10A	1361.80	1361.80	1361.83	1361.81	253.00	256.00	251.00	1200.00	1200.00			
01/03/2016	10B	1361.80	1361.82	1361.82	1361.81	252.00	254.00	255.00	1200.00	1200.00	1362.00	1361.80	1361.60
02/03/2016	10C	1361.75	1361.75	1361.75	1361.75	273.00	270.00	268.00	1200.00	1200.00			
03/03/2016	10D	1361.75	1361.75	1361.75	1361.75	260.00	261.00	260.00	1200.00	1200.00	1300.00	1200.00	1200.00
04/03/2016	10E	1361.75	1361.75	1361.75	1361.75	271.00	269.00	267.00	1200.00	1200.00			
05/03/2016	10F	1361.75	1361.75	1361.77	1361.76	266.00	264.00	268.00	1200.00	1200.00	133.00	460.00	115.00
07/03/2016	11A	1361.80	1361.82	1361.82	1361.81	256.00	259.00	255.00	1200.00	1200.00			
08/03/2016	11B	1361.75	1361.75	1361.75	1361.75	261.00	259.00	261.00	1200.00	1200.00			
09/03/2016	11C	1361.75	1361.75	1361.75	1361.75	267.00	265.00	272.00	1200.00	1200.00			
10/03/2016	11D	1361.77	1361.77	1361.77	1361.77	274.00	269.00	274.00	1200.00	1200.00			
11/03/2016	11E	1361.77	1361.80	1361.80	1361.79	272.00	265.00	271.00	1200.00	1200.00			
12/03/2016	11F	1361.81	1361.83	1361.85	1361.83	266.00	265.00	263.00	1200.00	1200.00			
14/03/2016	12A	1361.87	1361.87	1361.89	1361.88	255.00	258.00	254.00	1200.00	1200.00			
15/03/2016	12B	1361.77	1361.77	1361.77	1361.77	269.00	265.00	264.00	1200.00	1200.00			
16/03/2016	12C	1361.75	1361.77	1361.77	1361.76	267.00	269.00	264.00	1200.00	1200.00			
17/03/2016	12D	1361.80	1361.90	1361.80	1361.83	259.00	255.00	261.00	1200.00	1200.00			
18/03/2016	12E	1361.80	1361.80	1361.80	1361.80	267.00	263.00	260.00	1250.00	1250.00			
19/03/2016	12F	1361.77	1361.80	1361.80	1361.79	265.00	263.00	266.00	1200.00	1200.00			
21/03/2016	13A	1361.80	1361.80	1361.80	1361.80	259.00	257.00	263.00	1200.00	1200.00			
22/03/2016	13B	1361.82	1361.82	1361.82	1361.82	262.00	262.00	265.00	1200.00	1200.00			
23/03/2016	13C	1361.77	1361.77	1361.80	1361.78	261.00	264.00	260.00	1200.00	1200.00			
28/03/2016	14A	1361.77	1361.77	1361.80	1361.78	248.00	249.00	250.00	1200.00	1200.00			

Figura 39. Registro de datos.

↓	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
1	Dirección de entrada	altura de trabajo	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Presión de nitrógeno	Inicio	Final	Tonelaje	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3
1	10A		1361.80	1361.80	1361.83	1361.81		1200.00	1200.00		253.00	256.00	251.00
2	10B		1361.80	1361.82	1361.82	1361.81		1200.00	1200.00		252.00	254.00	255.00
3	10C		1361.75	1361.75	1361.75	1361.75		1200.00	1200.00		273.00	270.00	268.00
4	10D		1361.75	1361.75	1361.75	1361.75		1200.00	1200.00		260.00	261.00	260.00
5	10E		1361.75	1361.75	1361.75	1361.75		1200.00	1200.00		271.00	269.00	267.00
6	10F		1361.75	1361.75	1361.77	1361.76		1200.00	1200.00		266.00	264.00	268.00
7	11A		1361.80	1361.82	1361.82	1361.81		1200.00	1200.00		256.00	259.00	255.00
8	11B		1361.75	1361.75	1361.75	1361.75		1200.00	1200.00		261.00	259.00	261.00
9	11C		1361.75	1361.75	1361.75	1361.75		1200.00	1200.00		267.00	265.00	272.00
10	11D		1361.77	1361.77	1361.77	1361.77		1200.00	1200.00		274.00	269.00	274.00
11	11E		1361.77	1361.80	1361.80	1361.79		1200.00	1200.00		272.00	265.00	271.00
12	11F		1361.81	1361.83	1361.85	1361.83		1200.00	1200.00		266.00	265.00	263.00
13	12A		1361.87	1361.87	1361.89	1361.88		1200.00	1200.00		255.00	258.00	254.00
14	12B		1361.77	1361.77	1361.77	1361.77		1200.00	1200.00		269.00	265.00	264.00
15	12C		1361.75	1361.77	1361.77	1361.76		1200.00	1200.00		267.00	269.00	264.00
16	12D		1361.80	1361.90	1361.80	1361.83		1200.00	1200.00		259.00	255.00	261.00
17	12E		1361.80	1361.80	1361.80	1361.80		1250.00	1250.00		267.00	263.00	260.00
18	12F		1361.77	1361.80	1361.80	1361.79		1200.00	1200.00		265.00	263.00	266.00

Figura 40. Exportación de datos a Minitab.

Paso 6. Para poder realizar el análisis de los datos, es necesario realizar las gráficas de control, dichas graficas fueron desarrolladas en el software Minitab, para cada una de las partes seleccionadas fue realizado los diferentes tipos de grafica de control, en este caso se pondrá como ejemplo la parte *Plenum Lower* debido a que todos los resultados obtenidos durante el análisis de las gráficas serán mostrados en el siguiente capítulo.

La interface del software se puede observar en la figura 41. Para comenzar el análisis se realizó la gráfica Xbarra-R para la altura de trabajo, la cual se muestra en la figura 42, con el análisis de dicha grafica se pudo observar que, al no existir variación dentro de los subgrupos establecidos, los límites de control se ven afectados de manera directa, debido que el promedio de rangos(diferencia entre el máximo y el mínimo de un subgrupo) afecta al cálculo de los límites de control como se muestra en la fórmula 4.5 mostrada en el Capítulo IV (Marco teórico).

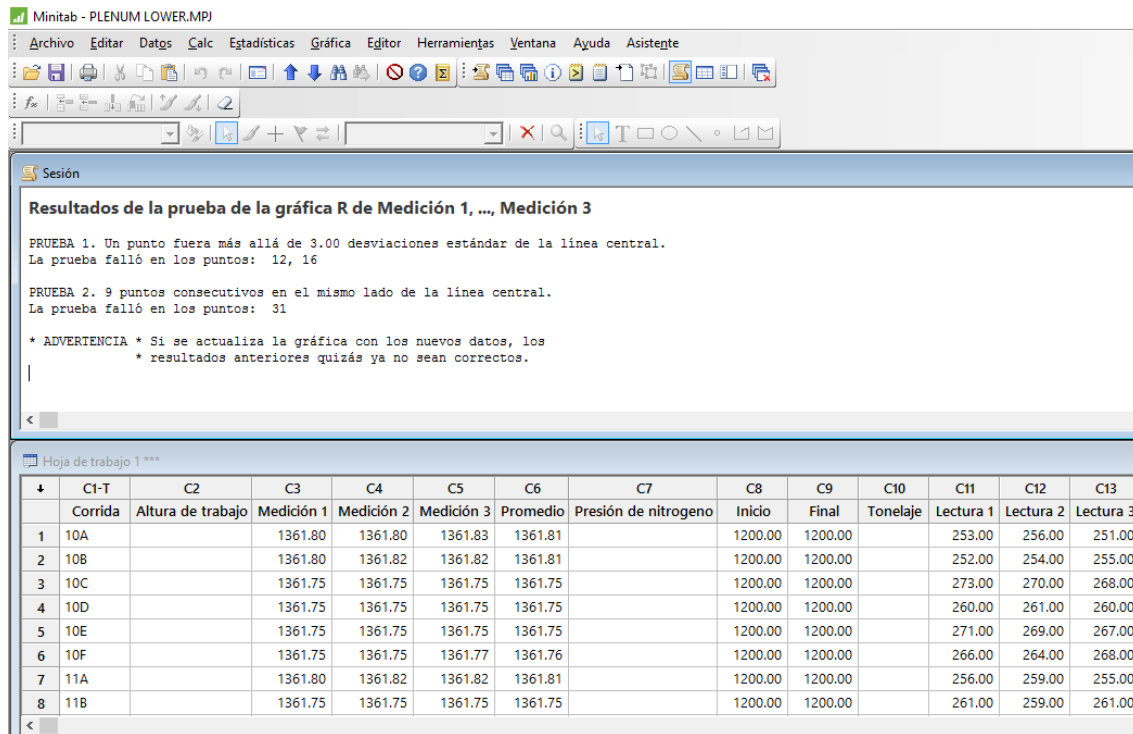


Figura 41. Interface de Minitab.

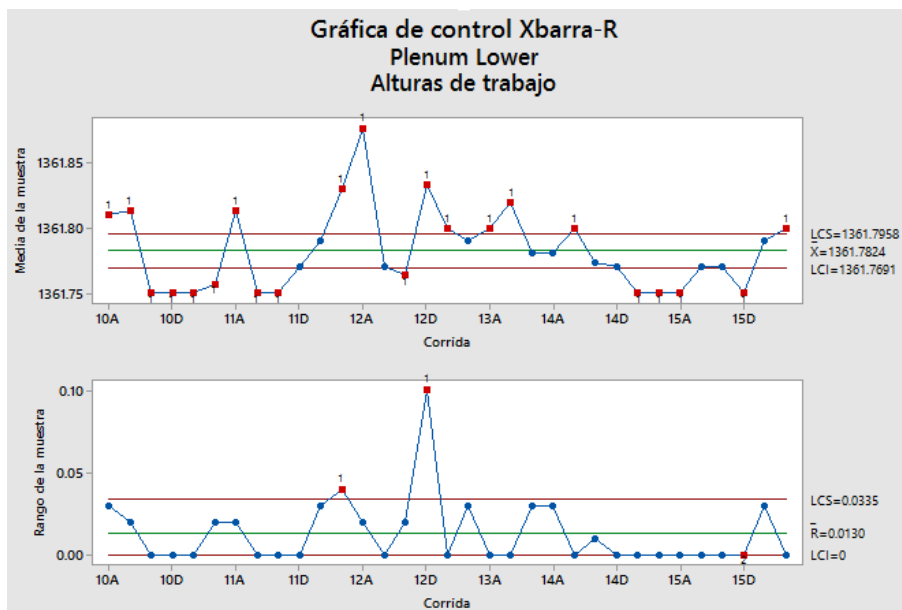


Figura 42. Gráfica de control Xbarra-R.

Debido al análisis anterior, se registró el promedio de las mediciones tomadas y se realizó el análisis de la gráfica de control mediante el método de Mediciones Individuales y

Rangos Móviles (MI-RM), siguiendo el método de graficado estructurado establecido en el Apéndice A del manual SPC [8] y que se muestra en la figura 43.

Graficado Estructurado:

Si la fuente (causas especiales) de la autocorrelación es predecible, es posible controlar el proceso segregando la variación dentro de los subgrupos de la variación entre subgrupos en gráficas por separado. La gráfica Entre/Dentro utiliza el enfoque de una gráfica *I* y *MR* así como la gráfica típica de *Rangos*:

- La gráfica de lecturas individuales grafica los promedios de cada subgrupo tratados como individuales contra los límites de control en base a los Rangos Móviles.
- La gráfica *MR* grafica las variaciones entre subgrupos usando los rangos móviles en base a los promedios de los subgrupos.
- La gráfica de *Rangos* (ó *Desviación Estándar*) grafica las variaciones dentro de los subgrupos.

Estos debieran ser analizados usando métodos estándar de gráficas de control para asegurar que tanto la variación por causas comunes (dentro de subgrupos) y las causas de las autocorrelaciones (entre subgrupos) se mantengan consistentes (ver Wheeler (1995)).

Figura 43. Características del graficado estructurado.

La grafica realizada mediante este método se muestra en la figura 44, en la cual se observa una gran diferencia a comparación de la gráfica obtenida anteriormente.

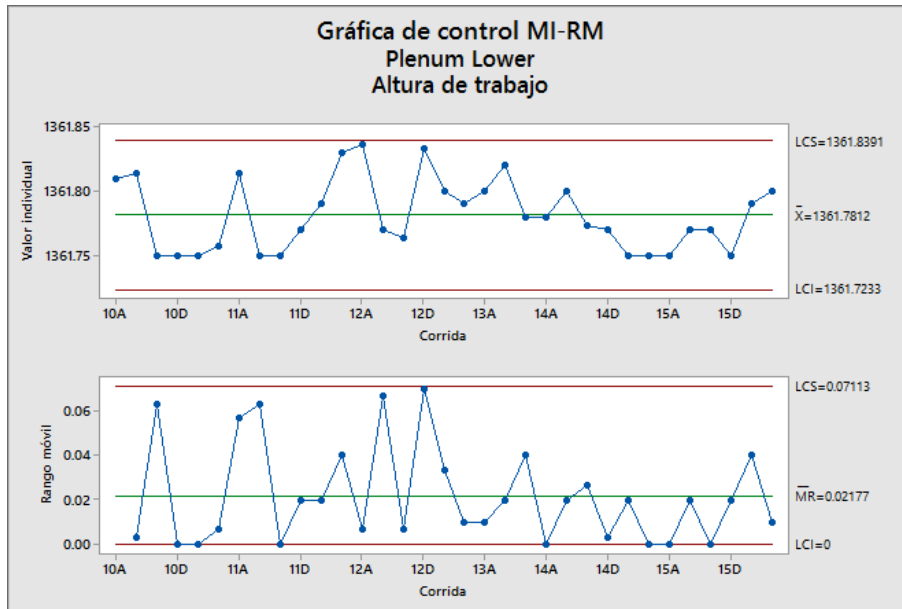


Figura 44. Gráfica de control MI-RM.

Debido a que la presión del nitrógeno no llega a tener ningún tipo de variación no se puede realizar ningún tipo de grafica de control, por esto se observarían datos erróneos como los que se muestran en la figura 45.

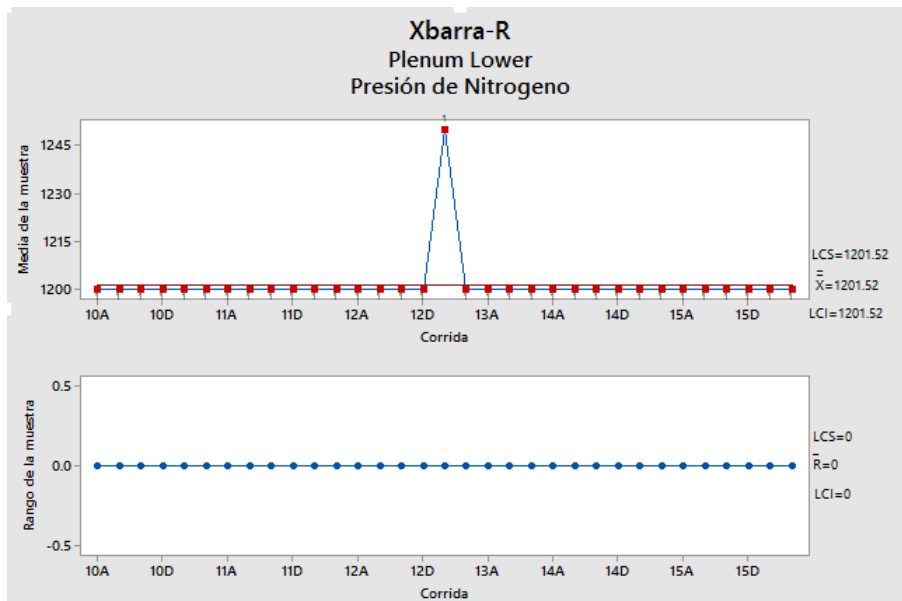


Figura 45. Gráfica de control presión de nitrógeno.

En el registro de toneladas se puede observar que existe una variación dentro de los subgrupos, por lo cual es recomendable realizar el análisis de los datos mediante la gráfica de control Xbarra-R, la cual se muestra en la figura 46.

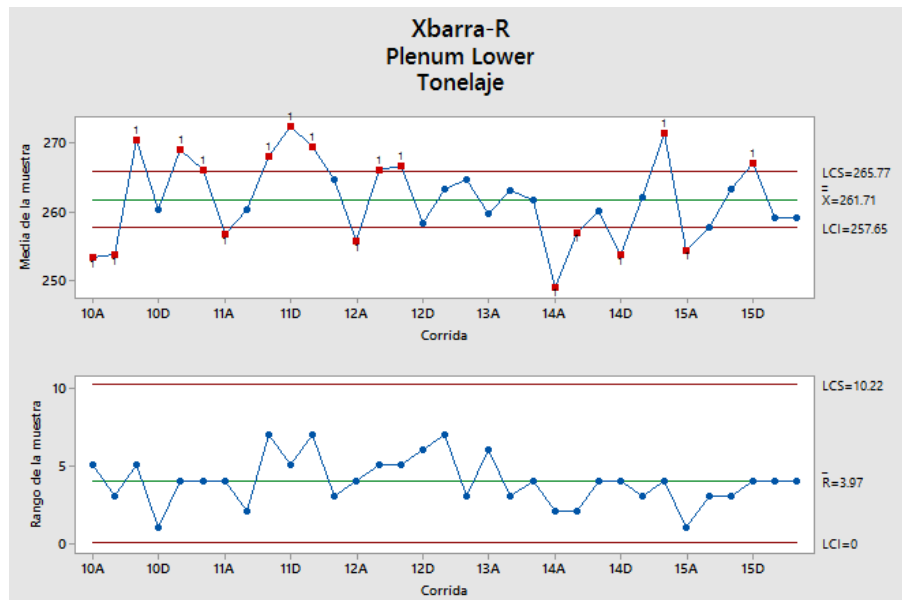


Figura 46. Gráfica de control Xbarra-R Tonelajes

Paso 7. En base a lo observado durante la realización de las gráficas de control, se establecen los límites de control, los cuales serán usados para continuar con un monitoreo, cada uno de los límites de control será considerado como factor determinante para tomar acciones correctivas o estar a la perspectiva de posibles fallas del proceso cuando el limite sea superado por alguna medición del proceso. Los límites de control pueden ser observados en las gráficas de control como se muestra en la figura 47.

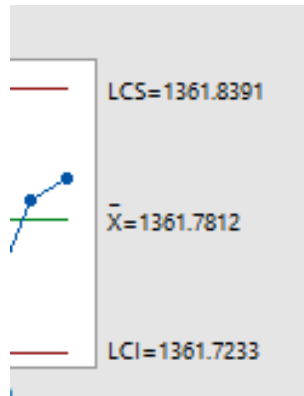


Figura 47. Límites de control de alturas de trabajo.

Paso 8. Existen diferentes pruebas que pueden ser aplicadas al gráfico de control, mediante los cuales se puede concluir el estado del proceso, se dice que está bajo control estadístico cuando no se infringe ninguna de las reglas establecidas en las pruebas, dichas reglas se muestran en la figura 48.

Realizar todas las pruebas para causas especiales	K
1 punto > K desviaciones estándar desde la línea central	3.0
K puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central	9
K puntos consecutivos, todos ascendentes o todos descendentes	6
K puntos consecutivos, alternando hacia arriba y hacia abajo	14
K de K+1 puntos > 2 desviaciones estándar desde la línea central (mismo lado)	2
K de K+1 puntos > 1 desviación estándar desde la línea central (mismo lado)	4
K puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar de la línea central (cualquier lado)	15
K puntos consecutivos > 1 desviación estándar desde la línea central (cualquier lado)	8

Figura 48. Pruebas realizadas a los gráficos de control.

Como ejemplo de interpretación de las gráficas de control se puede interpretar la gráfica que se muestra en la figura 46 *Gráfica de control Xbarra-R Tonelajes* en la cual se muestra un estado fuera de control, analizando los datos se pudo encontrar que los datos tienen variaciones pequeñas entre los subgrupos, pero día a día se tiene una mayor variación, es por eso que se realizó la gráfica de control MI-RM mostrada en la figura 49, se muestran

cada uno de los puntos que representan los diferentes subgrupos del estudio realizado; la interpretación que se le da a la gráfica es que el proceso se mantuvo trabando bajo control estadístico durante el periodo de mediciones realizado.

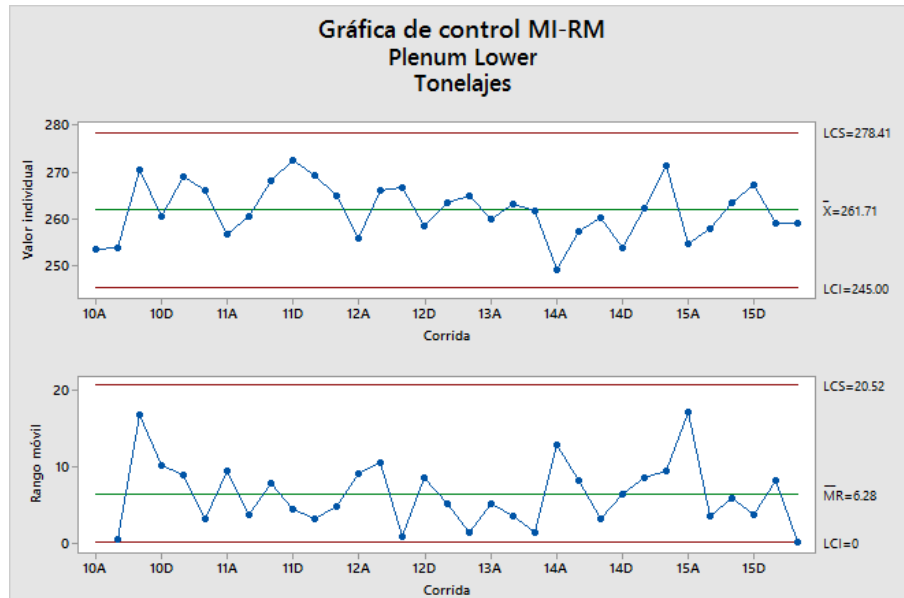


Figura 49. Gráfica de control MI-RM Tonelajes.

Paso 9. La habilidad o capacidad del proceso representa la variación existente en el proceso y su relación con las especificaciones establecidas, para realizar el cálculo de la capacidad del proceso a corto y largo plazo (Cpk y Ppk respectivamente) se hizo uso del software Minitab, para cada una de las partes analizadas, así como para cada una de los parámetros críticos del proceso de producción.

El software cuenta con herramientas de calidad, dentro de las cuales se encuentra el estudio de capacidad, mostrado en la figura 50, el cual nos entrega como resultado las capacidades de acuerdo a las especificaciones del producto mostradas en la HCPP para cada una de las partes.

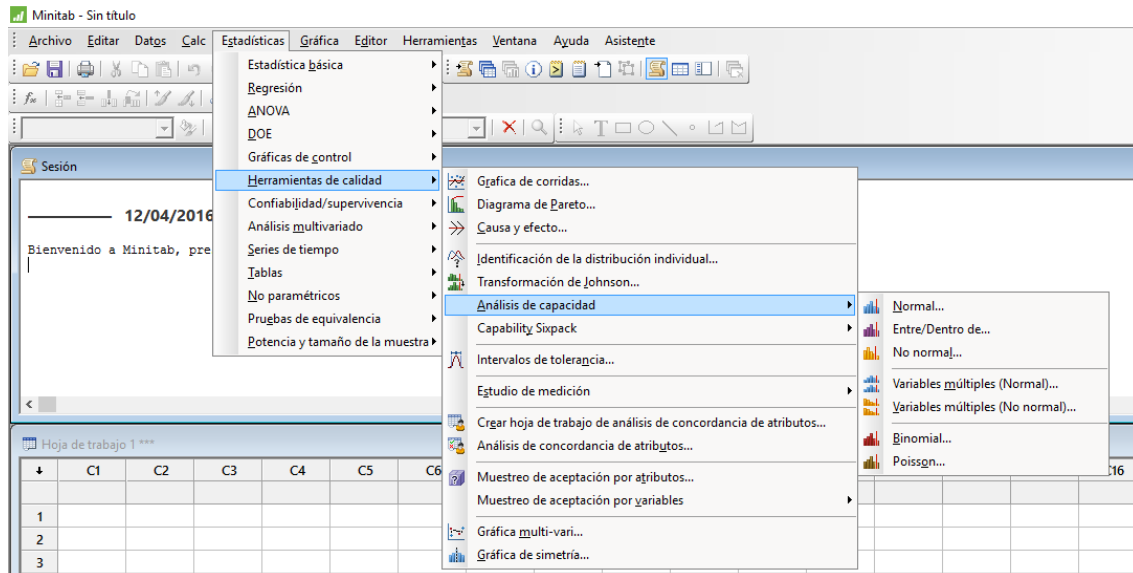


Figura 50. Herramientas de calidad en Minitab.

El análisis de capacidad muestra los diferentes aspectos importantes para el análisis del comportamiento del proceso, el análisis completo se muestra en la figura 51.

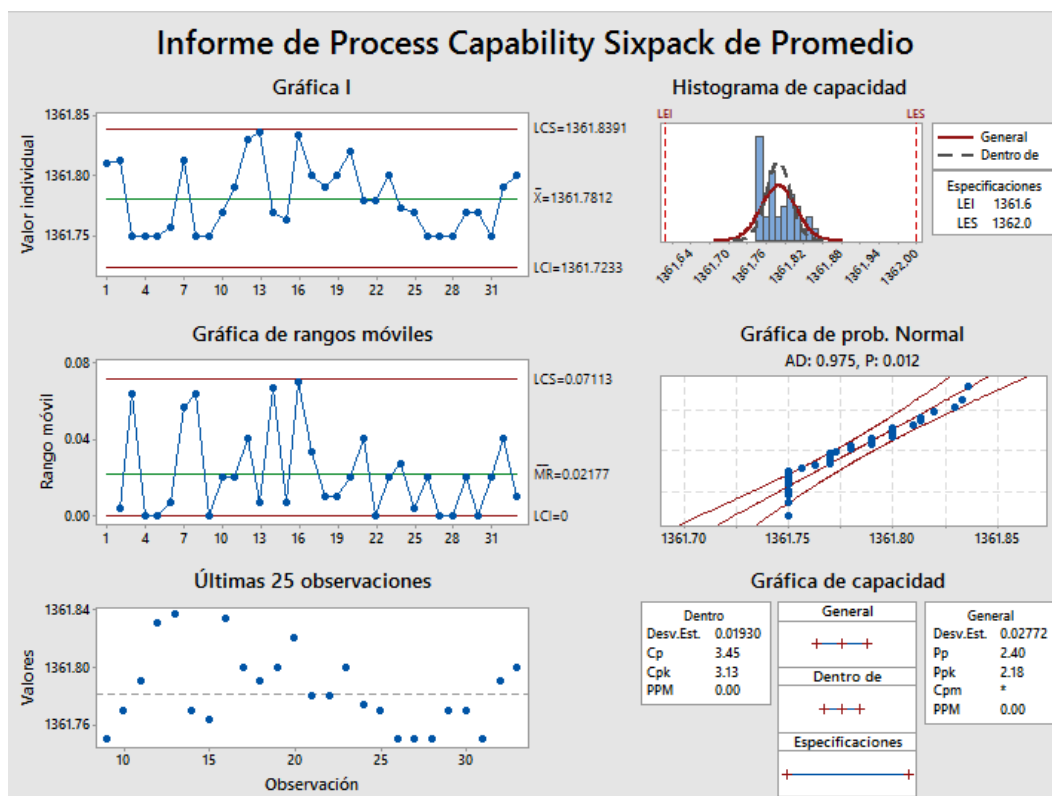


Figura 51. Análisis de capacidad.

Como conclusión se puede decir que el proceso se encuentra en un estado de control estadístico ya que se mantiene dentro de los límites de control, y de igual manera la capacidad del proceso también es superior a la recomendada para decir que un proceso es capaz de producir un producto con calidad.

CAPÍTULO VI. RESULTADOS

6.1 Indicadores

Existen diferentes indicadores usados en la planta de estampado de GMM, sin embargo, los que influyen directamente en el proyecto implementado son los siguientes:

- **IPPM's.** En este indicador se ve reflejado la cantidad de producto no conforme que sale de las líneas de producción y es almacenado con los productos conformes, esto implica gastos de traslados innecesarios, almacén, personal y retrabajo.
- **HCPP.** En este documento se plasma toda la información necesaria para poder tener un control sobre el proceso, dicha información se obtiene a prueba y error, ya que la característica ideal de los paneles de estampado es el dimensionamiento, es por eso que se ajustan los parámetros realizando las pruebas de formabilidad de las piezas.
- **HIT.** Se encarga de detallar los pasos para llevar a cabo una actividad, se realiza en base a las características críticas de calidad, seguridad o ergonomía. Dichas Hojas de Instrucción de Trabajo deben de ser almacenadas y seguidas al pie de la letra, ya que dichas hojas son auditables en las auditorias de GMS.

6.1.1 IPPM'S

El departamento de calidad estampado es el encargado de llevar a cabo el cálculo de los IPPM'S, en dicho indicador se ve reflejado la cantidad de partes defectuosas producidas en las diferentes líneas de producción, dicho indicador solo se obtiene para el total de la planta como se muestra en la figura 52, sin embargo, cada una de las partes cuenta con un control el cual es llevado por los operadores del departamento de calidad estampado, dicho formato puede ser visto en la figura 53.

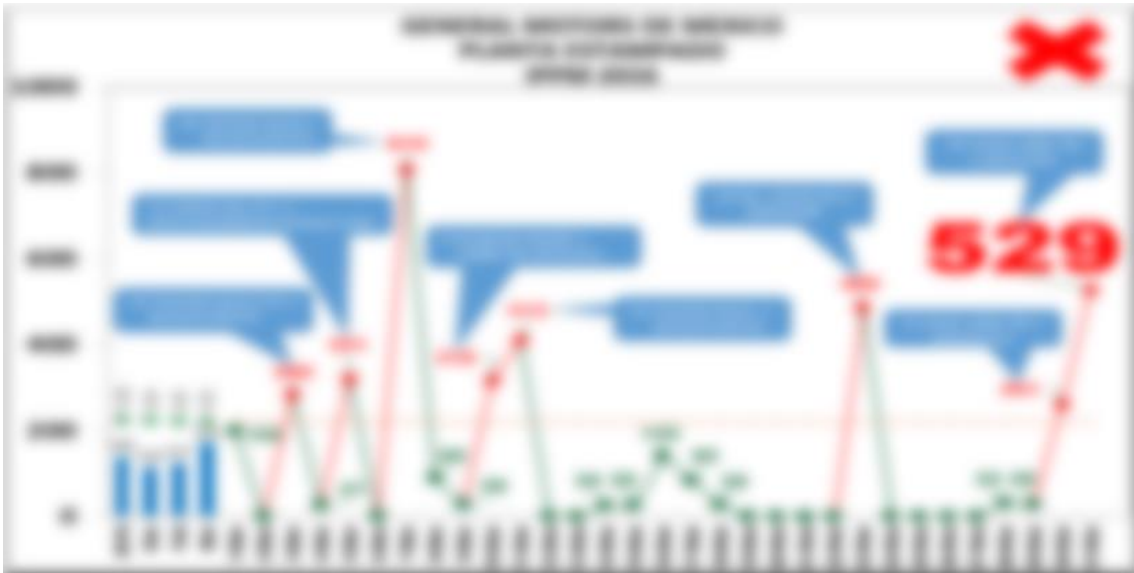


Figura 52. Reporte de IPPM'S de planta estampado.

The figure shows a screenshot of a software interface displaying a detailed report table. The title of the report is "Reporte de IPPM de planta (2023)". The table has a grid structure with many columns and rows. The columns are labeled with various identifiers, and the rows contain numerical data. At the bottom of the table, there is a summary row with several cells containing numerical values, including "529".

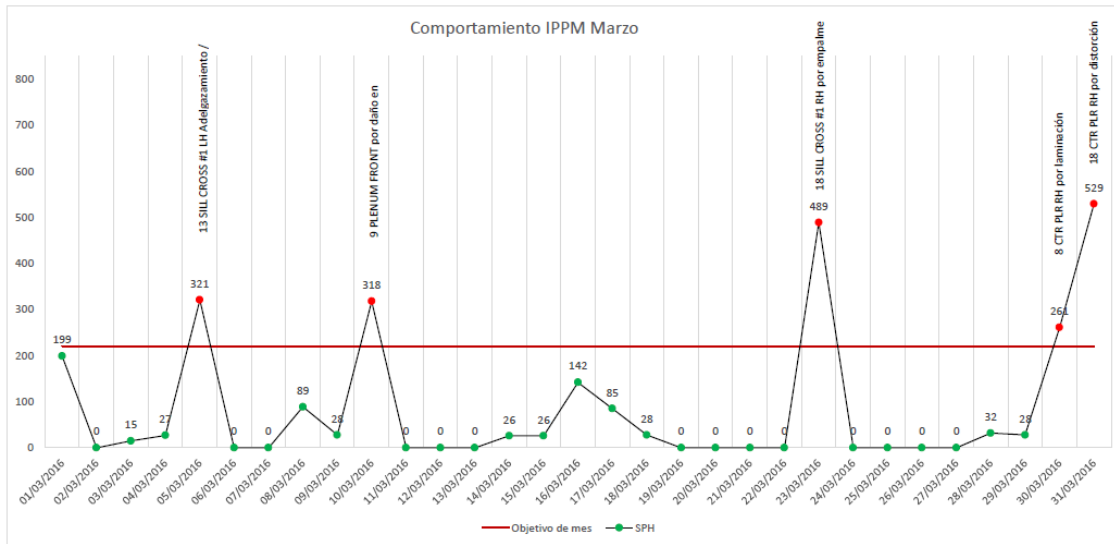
Figura 53. Formato de reporte de IPPM de planta.

Además de los reportes antes mencionados, cada día que el indicador sobrepasa el objetivo, se realiza un reporte de paneles discrepantes que causaron el alza en el indicador, además de que se señalan todas las características observadas y por las cuales son rechazados o retrabajados, dicho reporte se muestra en la figura 54.



Figura 54. Reporte de partes discrepantes.

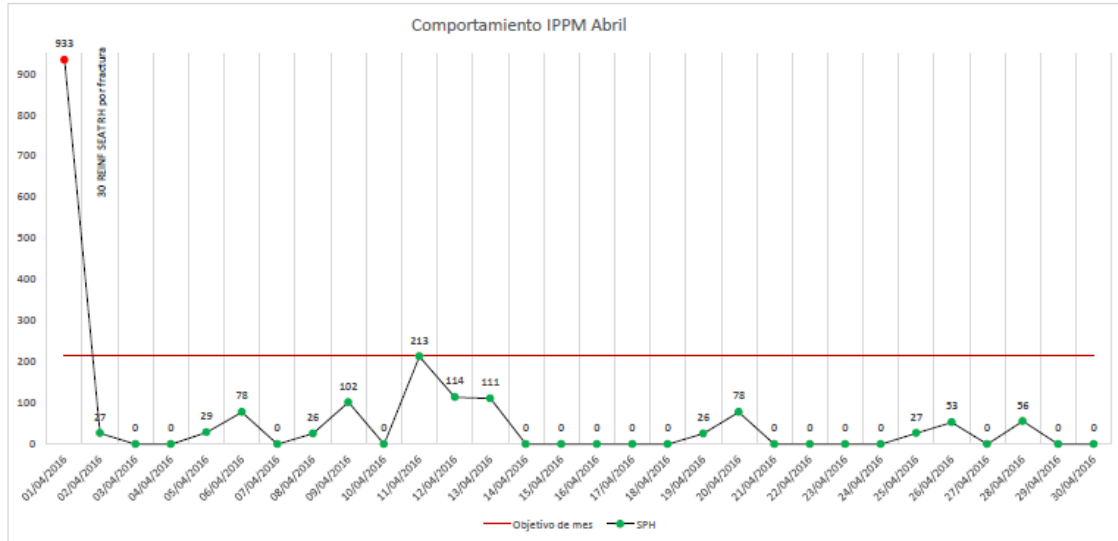
En la figura 55 se observa el comportamiento del indicador hasta antes del seguimiento al proceso, para la realización de las gráficas se consideró solamente las partes seleccionadas para el control estadístico del proceso.



	IPPM Promedio	Días sobre objetivo	Días bajo objetivo	IPPM Máximo	IPPM Mínimo
✓	85	5	26	529	0

Figura 55. Gráfica de comportamiento de IPPM marzo.

La fecha de implementación del seguimiento al proceso fue el lunes 4 de abril de 2016, fecha a partir de la cual se realizó el seguimiento al comportamiento del indicador teniendo como resultado la gráfica que se muestra en la figura 56. Se puede observar una disminución considerable en la producción de partes defectuosas, se incluyó el comportamiento del indicador hasta la fecha de registro de las presentes gráficas (4 de mayo de 2016).



IPPM Promedio	Días sobre objetivo	Días bajo objetivo	IPPM Máximo	IPPM Mínimo
✓ 62	1	29	933	0

Figura 56. Gráfica de comportamiento de IPPM posterior a implementación.

6.1.2 HCPP'S

Las Hojas de Control de Parámetros del Proceso, se obtuvieron con apoyo del departamento de procesos, los parámetros de tonelaje deben ser modificados en dichas hojas, en base a los datos recolectados durante el registro de los mismos, fue necesario realizar una recolección extra de datos ya que los datos con los que se contaba para realizar el control estadístico se consideró solo el tonelaje total de la prensa, marginando los tonelajes de cada una de las esquinas como se muestra en la figura 57, un ejemplo de los nuevos registros de tonelajes se muestra en la figura 58, con estos datos se podrá realizar un análisis más amplio de la variación existente en el proceso, en base a estos datos se pueden establecer los parámetros de tonelaje de cada uno de las esquinas.

Evelyn
23/04/2016

Parámetros línea ~~CR~~

Parte: Cowll side Fecha: 23/04/2016

Medición	Altura de trabajo	Presión Nitrogeno	Tonelaje
1°	1359.59	1400	371
2°	1359.59	—	370
3°	1359.59	—	380
4°	1359.59	1400	370

Parte: Plenum lower Fecha: 23/04/2016

Medición	Altura de trabajo	Presión Nitrogeno	Tonelaje
1°	1361.80	1200	256
2°	1361.80	—	255
3°	1361.80	—	256
4°	1361.80	1200	255

Figura 57. Muestra de medición de tonelaje total.

Evelyn
23/04/2016

Dash Panel			Respaldo Respaldo		
71		93	141		157
	513			797	
186		163	269		230
74		91	143		156
	513			786	
187		161	257		230
73		91	145		156
	515			800	
188		163	267		232
76		90	143		156
	509			792	
186		160	263		230
70		91	144		154
	512			794	
189		162	268		228

Figura 58. Formato desarrollado para tomar total de tonelajes.

La modificación de los parámetros de tonelaje no se ha realizado debido a que no se permite la modificación de los mismos sin previa autorización del coordinador de procesos, misma que no se ha conseguido debido a que no se pretenden ajustar los parámetros de tonelaje hasta asegurar el correcto funcionamiento del SMT. Para esto es necesario realizar

un análisis de causa raíz para encontrar el motivo o razón por la cual los monitores de tonelaje fallan de manera constante; actualmente se encuentran monitores con funcionamiento incorrecto como el que se muestra en la figura 59.



Figura 59. Monitor de tonelaje en mal estado.

La figura 60 muestra una diferencia muy grande entre los valores establecidos en la hoja de control de parámetros del proceso y los valores entregados por los monitores de tonelaje.



Figura 60. Comparación de parámetros de tonelaje contra medición actual.

6.1.3 HIT'S

Como se mencionó anteriormente, las Hojas de Instrucción de Trabajo indican paso a paso la secuencia a seguir para realizar una actividad determinada, debido a que el seguimiento del control estadístico del proceso requiere la participación activa de los operadores de los departamentos de procesos y producción, fue necesario realizar la modificación de algunas

HIT'S, los documentos sin modificación se muestran en las figuras 61 y 62; las Hojas de Instrucción de Trabajo completas pueden ser vistas en el **Apéndice C Anexos**.



Figura 61. HIT para registro de mediciones.



Figura 62. HIT de captura de parámetros.

Para realizar la modificación de las Hojas de Instrucción de Trabajo fue necesario realizar solicitudes de cambio de proceso como la que se muestra en la figura 63. Dicha solicitud requiere la autorización de los líderes de grupo pertenecientes a los departamentos de prensas, dados, industrial, calidad, producción y procesos.

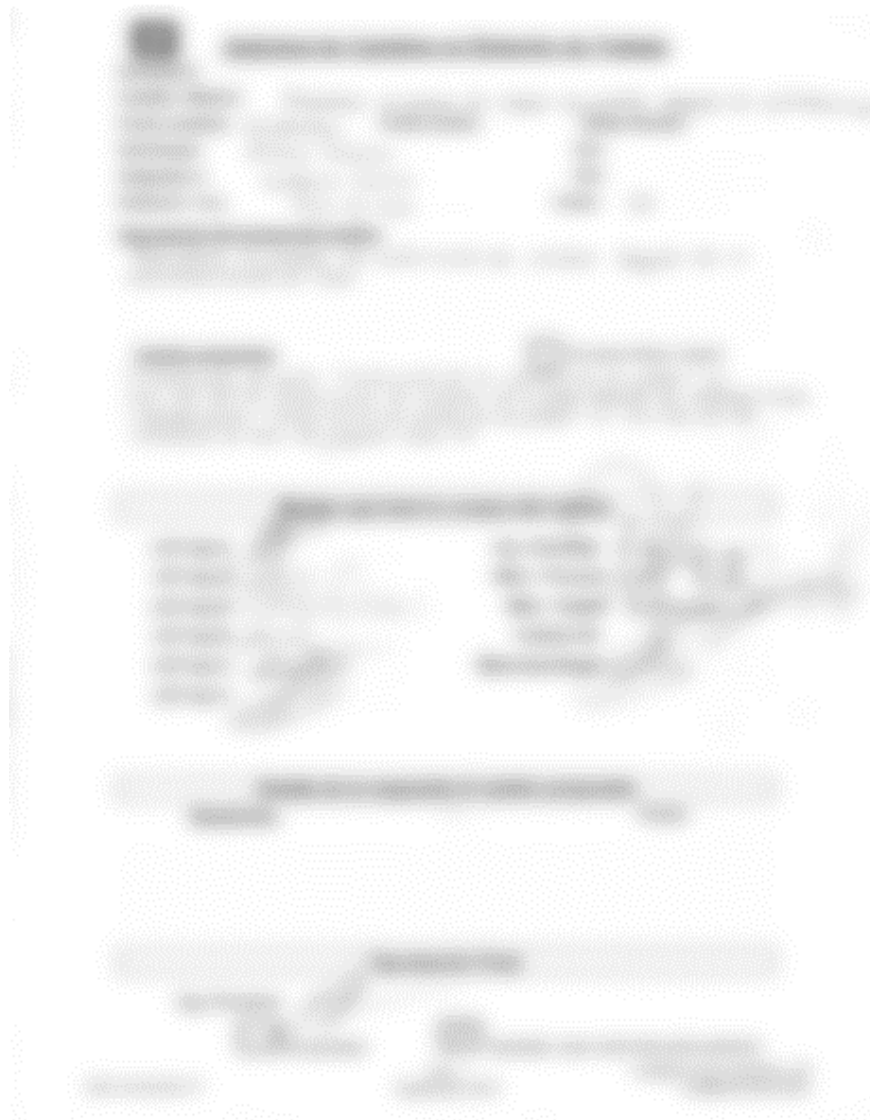


Figura 63. Formato de solicitud de cambio en el proceso.

Las modificaciones realizadas pueden ser observadas en la figura 64, de igual manera, las HIT'S completas se encuentran en el **Apéndice C Anexos**, las modificaciones fueron pensadas para que los operadores cumplan con las actividades de la mejor manera posible y de esta manera cumplir con el seguimiento necesario al control estadístico del proceso.



Figura 64. Modificación de HIT Registro de parámetros.

6.1.4 Análisis de capacidad del proceso.

El análisis de capacidad del proceso indica la habilidad del proceso para producir las piezas bajo las especificaciones establecidas por el cliente o por el mismo proceso; en este caso, al tratarse de parámetros del proceso, las especificaciones son establecidas por el proceso mismo. Dicha habilidad del proceso se concluye mediante el análisis del Cpk y Ppk (Habilidad del proceso a corto y largo plazo respectivamente). En la figura 65 se muestra un ejemplo del estudio de habilidad realizado a las diferentes partes seleccionadas.

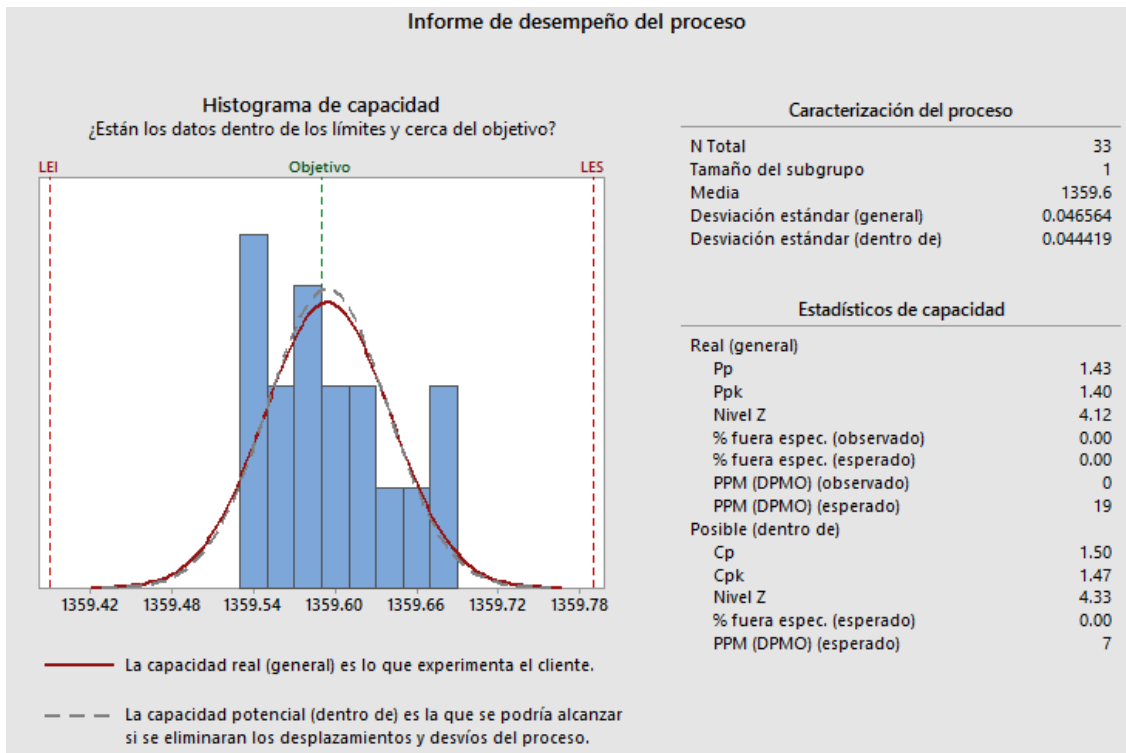


Figura 65. Análisis de capacidad de parte Cowl Side Inner.

Como conclusión de este ejemplo de análisis de habilidad o capacidad del proceso podemos decir que el proceso es capaz de producir las partes dentro de los parámetros que han sido establecidos; se llega a esta conclusión debido a que ambos indicadores (Cpk y Ppk) superan el valor 1.33, lo cual, de acuerdo al manual SPC indica que el proceso está capacitado para producir las piezas de acuerdo al requerimiento [8].

Para obtener el índice de habilidad del proceso para la característica crítica de tonelaje se presentó un problema, debido a que los parámetros de tonelaje que se encuentran actualmente en las HCPP son muy diferentes debido a la calibración que se realizó en los monitores de tonelaje, es por eso que nuestros índices de habilidad obtenidos mediante el estudio de capacidad del proceso son erróneos.

6.2 Evaluación y resultados

Los resultados que fueron obtenidos con el análisis de los datos recabados a lo largo de la realización del proyecto pueden ser vistos mediante la interpretación de las diferentes gráficas de control realizadas para los diez números de parte que fueron seleccionados para la implementación del control estadístico del proceso, en las figuras 66 y 67 se muestran algunos ejemplos de las gráficas de control con su respectiva interpretación. Las gráficas de control correspondientes a todas las partes analizadas se muestran en el **Anexo B**.

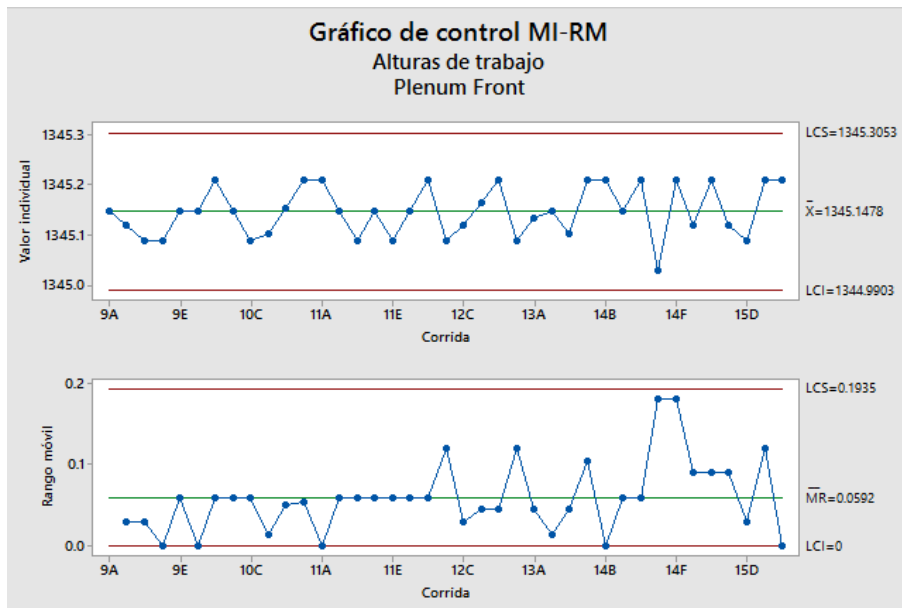


Figura 66. Gráfico de control Altura de trabajo Plenum Front.

La gráficas mostrada en la figura 66 muestra el estado del proceso para la característica crítica altura de trabajo, en dicha figura se puede observar que el proceso se encuentra bajo control estadístico, lo cual quiere decir que no se encontraron fuentes de variación externa que afecte al proceso y su comportamiento.

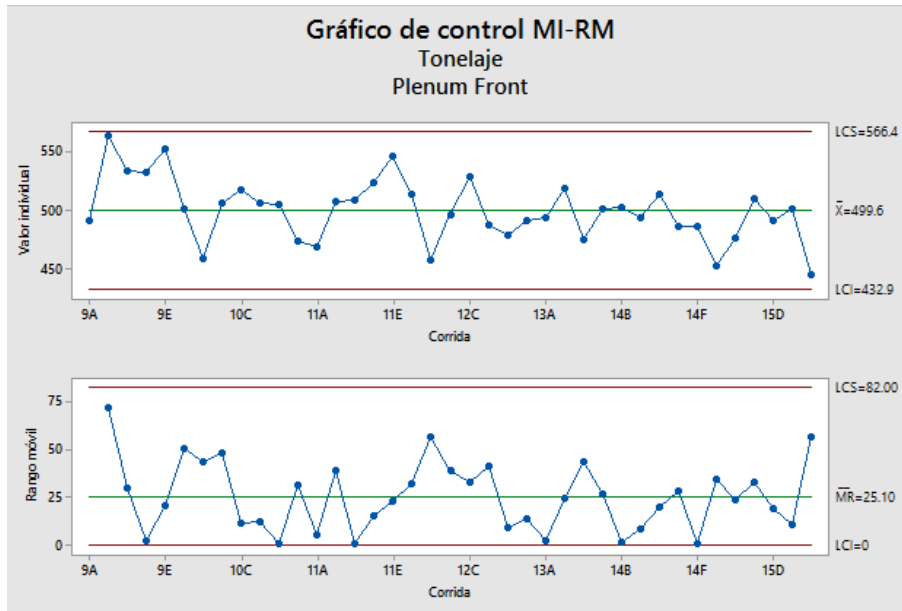


Figura 67. Gráfico de control toneladas Plenum Front.

De igual manera, la gráfica que se muestra en la figura 67; demuestra que el comportamiento o variación del tonelaje está bajo control estadístico, esto se concluye de acuerdo a las pruebas realizadas a la gráfica de control, las cuales se muestran en la figura 48.

La gráfica de control para la presión de nitrógeno no se incluirá debido al análisis realizado en el Capítulo V, en el cual se indica que no existe ninguna variación en los datos registrados, y por ende no es posible realizar ningún tipo de prueba estadística.

Para realizar una implementación al 100% del control estadístico del proceso es necesario realizar macros mediante las cuales los operadores realicen el registro de parámetros necesarios y las gráficas de control se realicen de manera automática, lo mencionado es el nivel deseado de control estadístico, mediante el monitoreo e interpretación de graficas de control se pueden detectar causas de variación especial, las cuales a su vez provocarían que

se produzcan piezas que no cumplan con las características de calidad especificadas por el cliente.

Sin embargo, actualmente se estará monitoreando el proceso de forma manual, debido a que, para el desarrollo de una macro es necesario realizar programación en *Visual Basic*, para la cual es necesario contar con el conocimiento básico de programación, esto se espera realizar con apoyo de un practicante adicional, el cual tendría como proyecto asignado el desarrollo de las macros mencionadas.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusión

Después de analizar la capacidad del proceso para las partes seleccionadas, antes de realizar la implementación del control estadístico del proceso y con ayuda de los índices de capacidad del proceso (Cpk y Ppk), se pudo observar que los procesos analizados están capacitados para cumplir con los requerimientos del cliente, es decir de producir los productos de acuerdo a las características de calidad requeridas.

La implementación del control estadístico ayuda a reducir que la variación existente en el proceso afecte el mismo generando la producción de productos no conformes. Hasta el momento se tienen registros de una reducción del 27% de producción de partes no conformes, lo cual impacta directamente en un ahorro por retrabajos, personal y almacén.

Los resultados del proyecto son muy favorables, ya que aunque podría decirse que se sigue en un estado de implementación del proceso, se puede observar una mejora notoria en los indicadores de calidad para las líneas de producción que fueron seleccionadas para la implementación del control estadístico, sin embargo, a lo largo del desarrollo del proyecto se encontraron ciertas limitantes, como las fallas constantes de los monitores de tonelaje, lo cual impedía llevar a cabo las tomas de muestras de acuerdo a la planeación establecida al inicio del proceso, otra limitante fueron las fallas constantes de una línea de producción, lo cual ocasionó que el personal de mantenimiento se enfocara en realizar las reparaciones necesarias para el restablecimiento de la línea de producción, dejando de lado las reparaciones que eran necesarias en los monitores de tonelaje.

Para poder tener una implementación completa del control estadístico es necesario que se realice la reparación de los monitores de tonelaje con sus respectivas calibraciones, dichas

calibraciones son de suma importancia ya que marcan un antes y un después en los valores obtenidos mediante los monitores de tonelaje. Posterior a la calibración de los monitores de tonelaje es recomendable realizar una recolección de datos para de esta manera conocer el comportamiento de los datos, y compararlos a su vez con los parámetros establecidos en la HCPP, este análisis debe de ser realizado para todas las partes que se producen en la planta de estampado, ya que todas las partes analizadas hasta el momento muestran una variación muy grande conforme lo establecido en la hoja de control de parámetros.

Es necesario asegurar que los datos entregados por los monitores de tonelaje son confiables, esto solo se puede realizar definiendo un procedimiento de calibración de monitores en el cual se especifique el tiempo ideal que debe transcurrir entre cada una de las calibraciones realizadas en base a las condiciones en las que se encuentren las prensas de cada una de las líneas de producción.

Una vez que se cuente con datos confiables de tonelajes se pueden plantear modificaciones a las HCPP, esto será una recomendación a la empresa, ya que con la situación actual no es posible realizar un cálculo de habilidad del proceso, debido a que esto es una comparación de la variación del proceso contra la variación permitida por el cliente, en este caso por medio de las especificaciones establecidas.

Es necesario tener todos los monitores de parámetros en óptimas condiciones, ya que, de lo contrario, se podrían llegar a tomar decisiones erróneas debido a fallas del monitor, llevando con esto a costos más elevados por los mantenimientos aplicados sin ser necesarios.

Como ya se mencionó en líneas anteriores, existe una diferencia entre los datos reales de tonelajes y los parámetros establecidos, esto llevo a los siguientes supuestos:

- La formabilidad de las partes no es correcta, no se cumple con las dimensiones de las partes debido a falta de embutido por tonelaje.
- Los monitores de tonelaje no funcionan.
- Los parámetros de tonelaje establecidos son incorrectos.

El primer punto se puede descartar con base en que cada uno de los troqueles usados en el proceso de producción cuentan con punzones denominados *Bottom mark* los cuales generan una marca en las partes la cual sirve como referencia visual para verificar que se llega al embutido deseado y con esto asegurar que la parte dimensional de las partes cumple con las especificaciones.

Con las restauraciones realizadas el mes de diciembre del año anterior se puede descartar que los monitores de tonelaje se encuentren descompuestos, sin embargo, si se presentan muchas fallas en los mismos, lo cual puede ser un supuesto aceptable.

Por último, se puede tomar como conclusión que los parámetros establecidos no son los apropiados, además de que no se encontró información confiable que respalde o justifique los parámetros establecidos actualmente.

7.2 Recomendaciones

7.2.1 Análisis de causa raíz de fallas en monitores de tonelaje.

Existen diferentes métodos para realizar un análisis de causas raíz de un problema, sin embargo, la organización GM cuenta con métodos propios para el análisis de los problemas, uno de estos métodos de análisis puede y se recomienda ser usado para encontrar la causa raíz de las fallas que se presentan de manera constante en los monitores de tonelaje.

Dicho método es llamado “Método de los siete diamantes”; dicho método es muy parecido a la herramienta conocida como 8 D’s, sin embargo, GM le da un enfoque más objetivo a los pasos de la metodología.

En la figura 68 se puede observar los pasos o diamantes, además de los responsables de realizar la verificación de cada uno de los diamantes, si se llega a un nivel de diamantes superior a 5 se dice que es un problema es difícil de atacar, es por eso que a partir de ese nivel se aplican metodologías de solución de problemas más avanzadas como Red X, 6 sigma, etc.

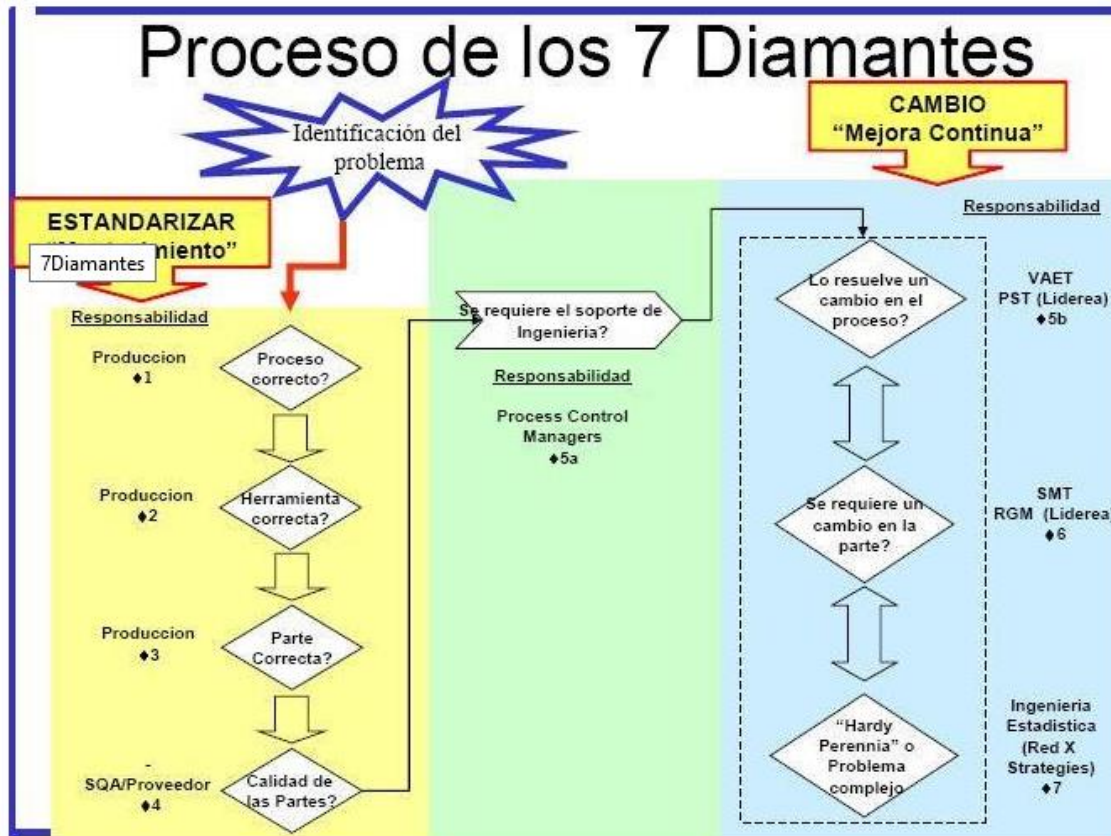


Figura 68. Proceso de 7 diamantes.

Existen preguntas clave para identificar la posible causa en cada uno de los diamantes, dichas preguntas aplicadas en el problema de monitores de tonelaje son:

- Diamante 1. *¿El proceso de calibración de monitores es correcto?*
- Diamante 2. *¿Se está usando la herramienta correcta para realizar la calibración?*
- Diamante 3. *¿Las refacciones usadas son las correctas?*
- Diamante 4. *¿La calidad de las refacciones es la correcta?*
- Diamante 5a. *¿Se requiere soporte de ingeniería para resolver el problema?*
- Diamante 5b. *¿Lo resuelve un cambio en el proceso de calibración?*
- Diamante 6. *¿Lo resuelve un cambio de parte?*
- Diamante 7. *Se requiere aplicar ingeniería estadística para resolverlo.*

Una vez que se obtenga la causa raíz de las causas de fallas de monitores de tonelajes, se debe de dar solución y programar los mantenimientos necesarios para asegurar que los datos recabados a lo largo del tiempo tengan una consistencia y se pueda llevar un control estadístico con datos fidedignos.

7.2.2 Implementación de tableros de control estadístico.

Actualmente se encuentran implementados diferentes tipos de tableros de control en las líneas de producción, para la implementación del control estadístico se podría comenzar a realizar el seguimiento al proceso con ayuda de los tableros actuales, como los que se muestran en las figuras 69 y 70.



Figura 69. Tablero de seguimiento de parámetros en línea de producción.

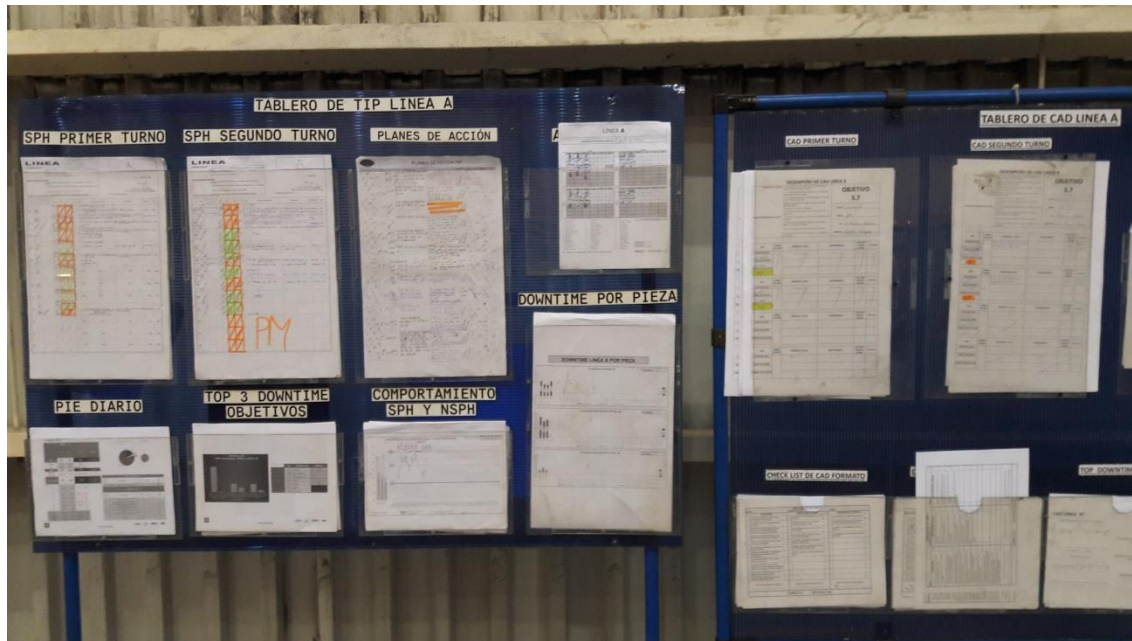


Figura 70. Tablero de indicadores de línea de producción.

La propuesta consiste en realizar gráficas mediante las cuales se pueda dar el seguimiento necesario para conocer el estado del proceso; dichas graficas serian desarrolladas a mano por el operador de producción encargado de realizar los monitoreos al proceso, de igual manera el mismo operador se encargaría de realizar el análisis del estado del proceso, esto se lograría con una capacitación breve en la cual se le indique las características a verificar dentro de las gráficas de control.

Cabe mencionar que dichos tableros serían usados únicamente en el lapso de tiempo que tarde en desarrollarse las herramientas electrónicas (macros) que se planean implementar, ya que una vez que se realice la implementación de dichas herramientas, los tableros del control estadístico del proceso serian retirados de la línea de producción.

7.2.3 Actualización de parámetros de tonelaje en HCPP.

Los parámetros del proceso son una parte vital para poder conocer cuál es el estado actual del proceso, ya que se puede tomar como nuestro punto de comparación para verificar el cumplimiento de los requerimientos especificados por el cliente.

Si no se tiene la certeza de que los datos establecidos en las HCPP sean confiables, se recomienda realizar una actualización de los parámetros establecidos, en este caso, los datos de los cuales no se cuenta con una certeza de que sean confiables son los parámetros de tonelaje. Como se mencionó en capítulos anteriores, se encontró una gran diferencia entre los datos que han sido observados durante la recolección de datos y los parámetros establecidos en las HCPP.

Para realizar la modificación de los parámetros es necesario contar con una gran cantidad de datos, dichos datos se están recolectando actualmente para los monitores en los cuales no se tienen problemas de funcionamiento, para que una vez terminada la recolección de los datos, se realice un análisis del comportamiento del tonelaje de las prensas, sin embargo, para que se puedan realizar las actividades mencionadas, es necesario plantear como objetivo principal la identificación de la causa raíz del problema con los desperfectos de los monitores de tonelaje.

Una vez que se cuente con la seguridad de que los monitores de tonelaje se encuentran funcionando de manera óptima, y que los datos son confiables, sería momento de realizar el plan de recolección de datos para a su vez realizar el análisis de los datos recabados y poder establecer parámetros que concuerden con las mediciones arrojadas por los monitores de tonelaje.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “*Creation: 1897-1909*”,
[<http://www.gm.com/company/historyAndHeritage/creation.html>], 09 de febrero de 2016.
- [2] “*Acceleration: 1910-1929*”,
[<http://www.gm.com/company/historyAndHeritage/acceleration.html>], 09 de febrero de 2016.
- [3] “*Conoce nuestra historia*”, [http://www.gm.com.mx/corporativo/gm_mexico/historia/], 09 de febrero de 2016.
- [4] “*Our Company*”, [http://www.gm.com/company/aboutGM/our_company.html], 09 de febrero de 2016.
- [5] “*Presencia de GM en México*”,
[http://www.gm.com.mx/corporativo/gm_mexico/presencia_gm_mexico/], 09 de febrero de 2016.
- [6] “*Complejo Silao (1995)*”,
[http://www.gm.com.mx/corporativo/gm_mexico/presencia_gm_mexico/complejos_manufactura/], 09 de febrero de 2016.
- [7] AIDT. (2006). STATISTICAL PROCESS CONTROL. Estados Unidos: AIDT<
- [8] Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation. (2005). Control Estadístico de los Procesos (SPC). Estados Unidos: AIAG.
- [9] Luz Elena Vinasco Isaza. (2012). Control Estadístico de Procesos - (Statistical Process Control). 22/Feb/2016, de Centro de Ingeniería de la Calidad Sitio web:
http://www.cicalidad.com/articulos/Control_Estadistico_de_Procesos%20-%20SPC.pdf

APÉNDICE A

Glosario de términos.

<i>Blank</i>	Materia prima en forma de lámina.
<i>Crew Cab</i>	Doble cabina.
<i>HCPP</i>	Hoja de Control de Parámetros del proceso.
<i>Pick up</i>	Tipo de camioneta caracterizada por tener una zona de carga en la parte trasera.
<i>Scrap</i>	Material de desecho debido a defectos de producción.
<i>SPC</i>	Statistical Process Control (Control Estadístico del Proceso)
<i>BPD</i>	Business Plan Deployment.
<i>Macro</i>	Conjunto de instrucciones programadas en la hoja de Excel.
<i>GMC</i>	General Motors Company.
<i>HIT</i>	Hoja de Instrucción de Trabajo.
<i>AIAG</i>	Automotive Industry Action Group.
<i>Core Tool</i>	Herramientas usadas en la industria automotriz.
<i>Ítem</i>	Parte individual que forma un conjunto.
<i>GMM</i>	General Motors de México.
<i>GMS</i>	Global Manufacturing System.
<i>SMT</i>	Sistema de Monitoreo de Tonelaje.

Visual Basic

Software usado para la programación de macros.

Bottom mark

Punzón dentro de un troquel que deja una marca en el blank para comprobar el embutido del estampado.

APÉNDICE B

Gráficas de control

Plenum Lower

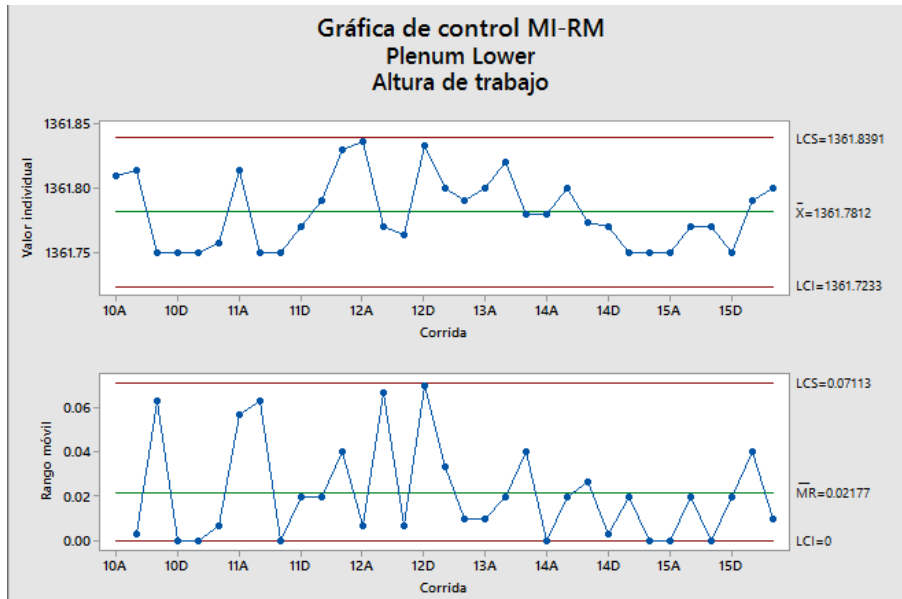


Figura 71. Gráfica de control Altura de trabajo Plenum Lower.

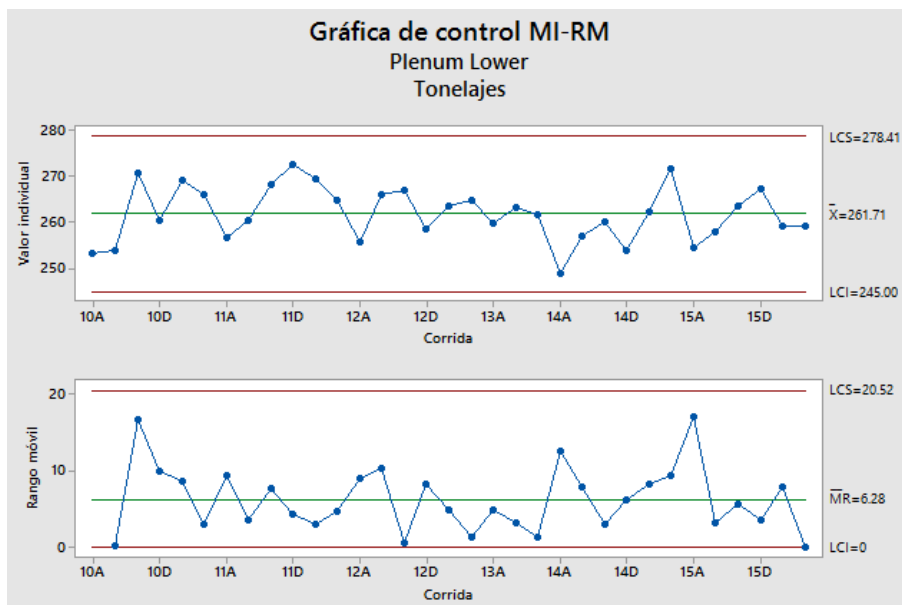


Figura 72. Gráfica de control Tonelajes Plenum Lower.

Plenum Upper

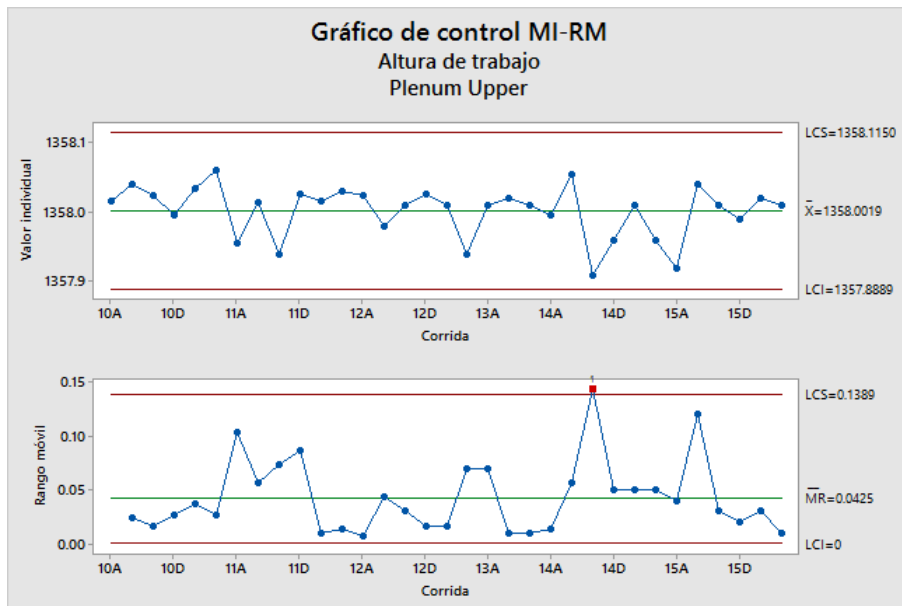


Figura 73. Gráfica de control Altura de trabajo Plenum Upper.

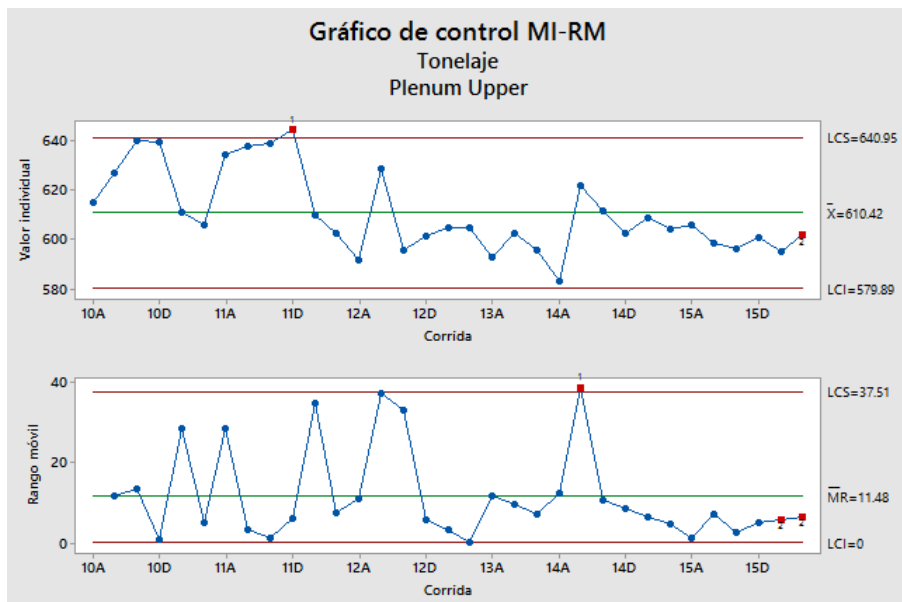


Figura 74. Gráfica de control Tonelajes Plenum Upper.

PNL RKR INR RH/LH

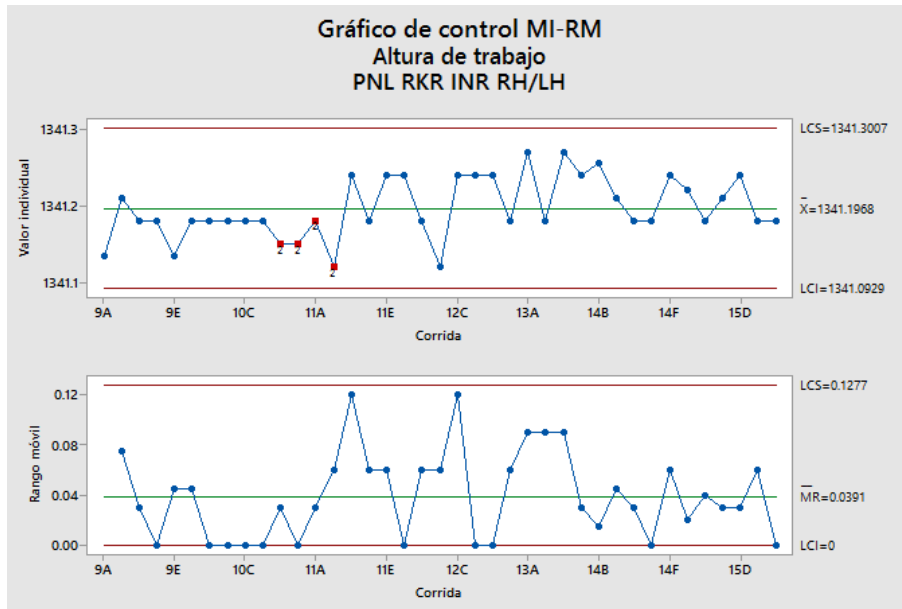


Figura 75. Gráfica de control Altura de trabajo PNL RKR RH/LH.

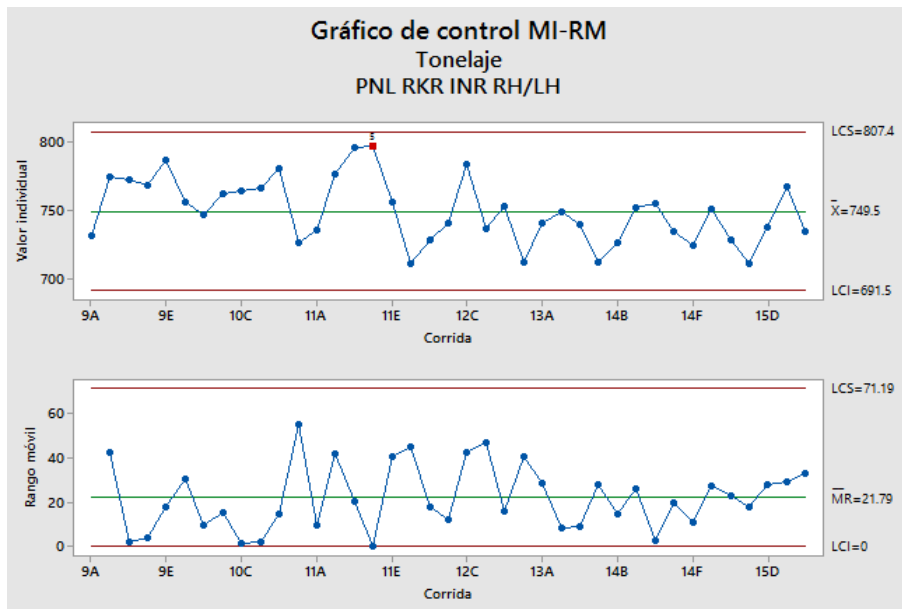


Figura 76. Gráfica de control Tonelajes PNL RKR RH/LH.

REINF R/FLR RH/LH

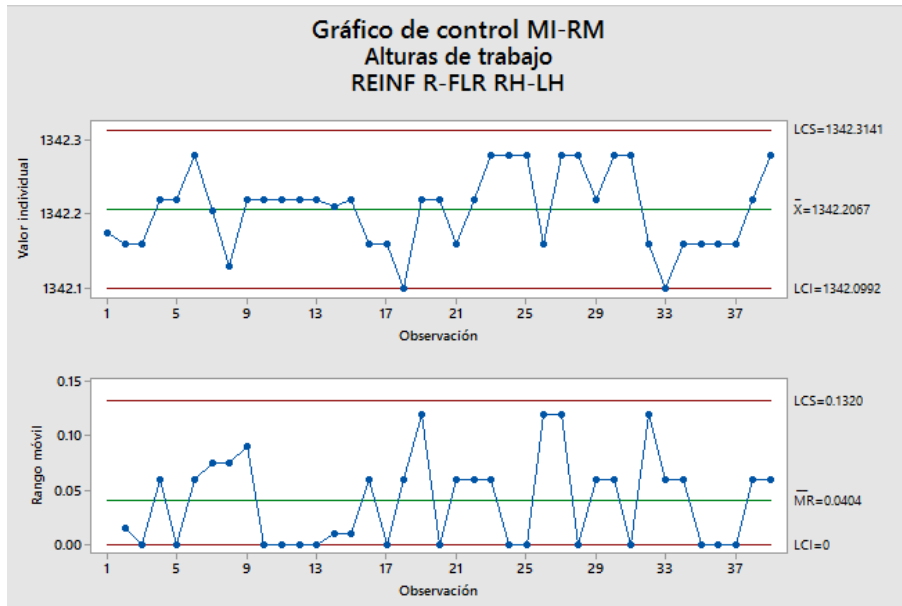


Figura 77. Gráfica de control Altura de trabajo REINF R/FLR RH/LH.

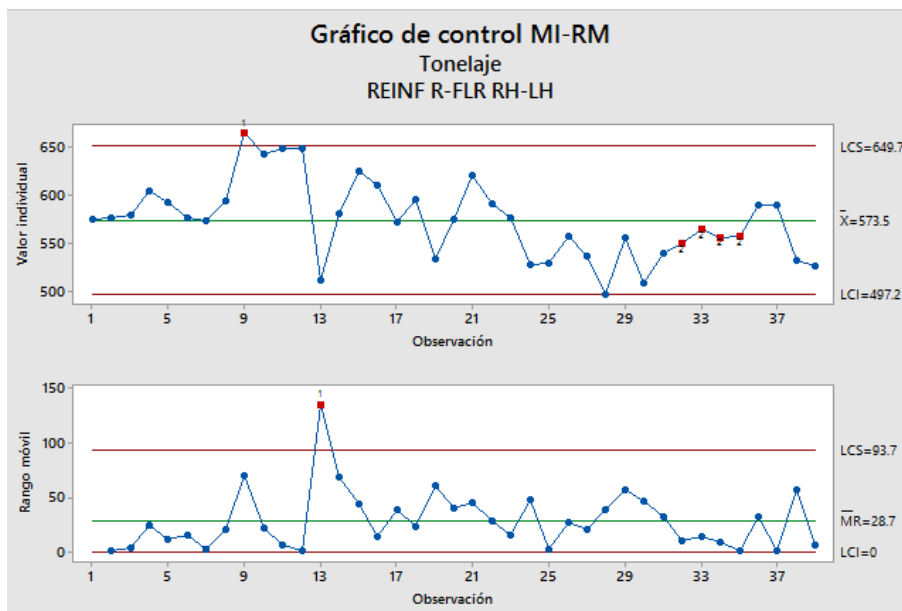


Figura 78. Gráfica de control Tonelajes REINF R/FLR RH/LH.

REINF SEAT SUPT LH

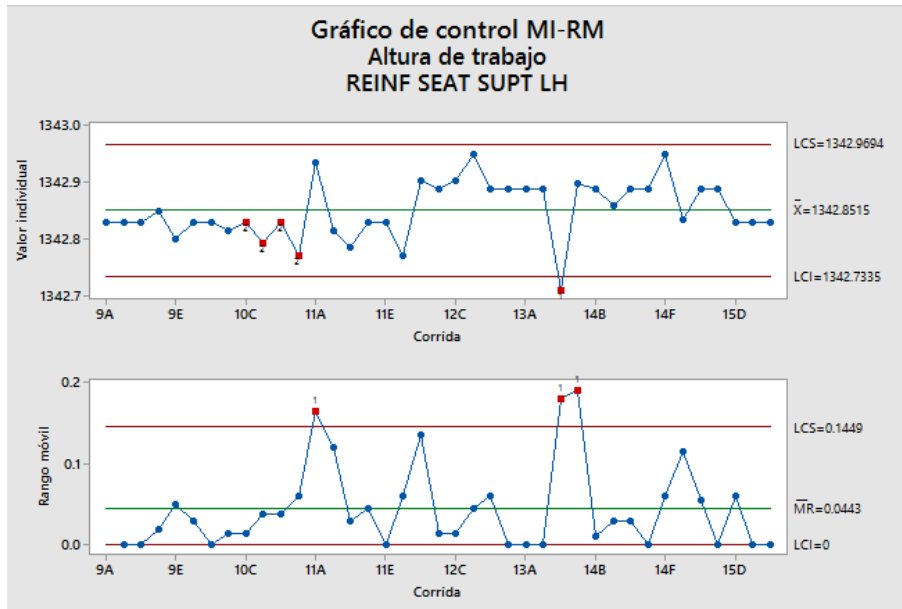


Figura 79. Gráfica de control Altura de trabajo REINF SEAT SUPT LH.

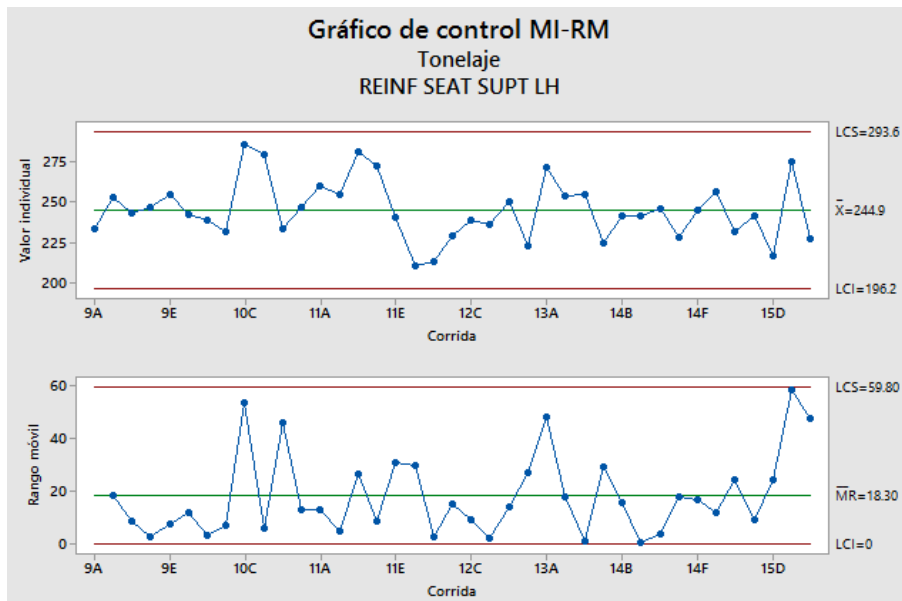


Figura 80. Gráfica de control Tonelajes REINF SEAT SUPT LH.

SILL CROSS #1 LH

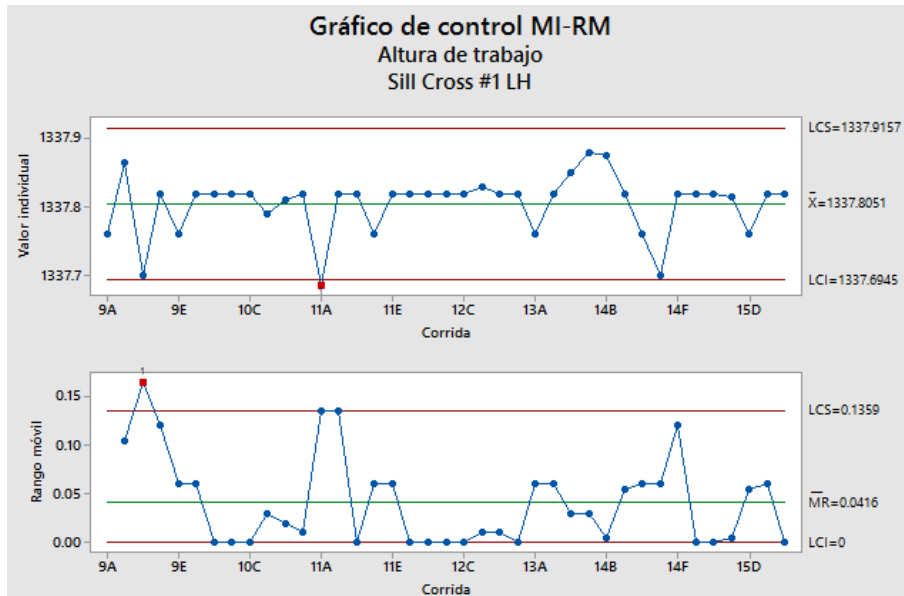


Figura 81. Gráfico de control Altura de trabajo Sill Cross #1 LH.

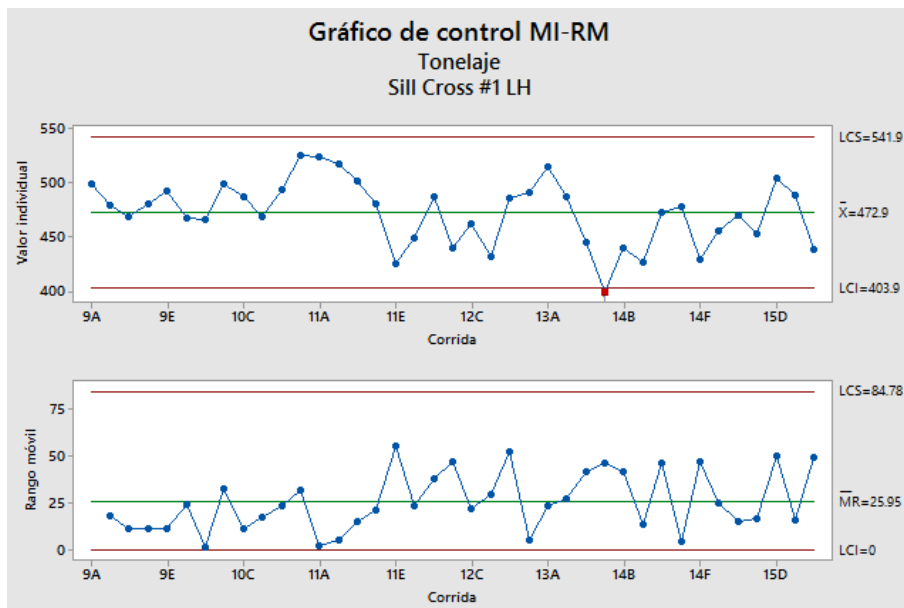


Figura 82. Gráfico de control Tonelajes Sill Cross #1 LH.

SILL CROSS #1 RH

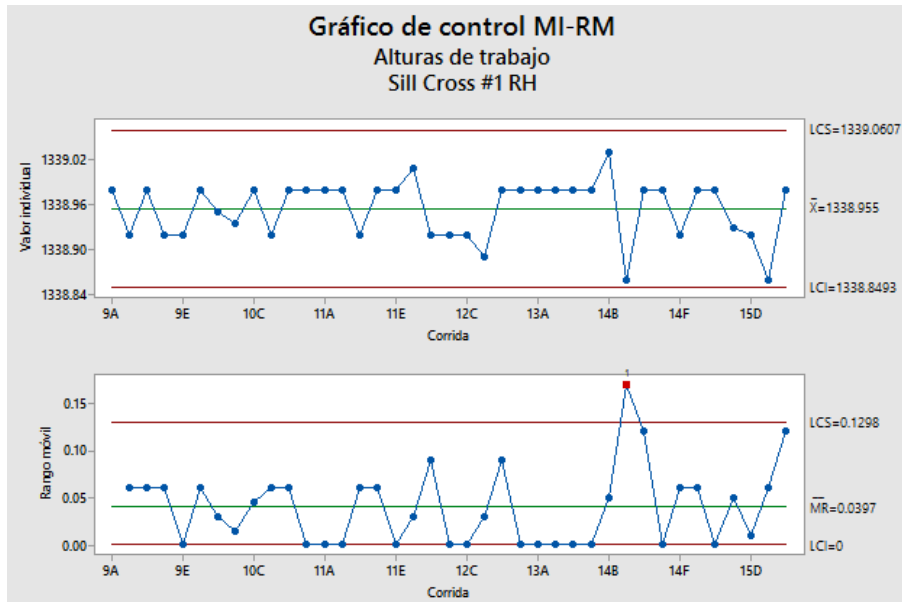


Figura 83. Gráfica de control Altura de trabajo Sill Cross #1 RH.

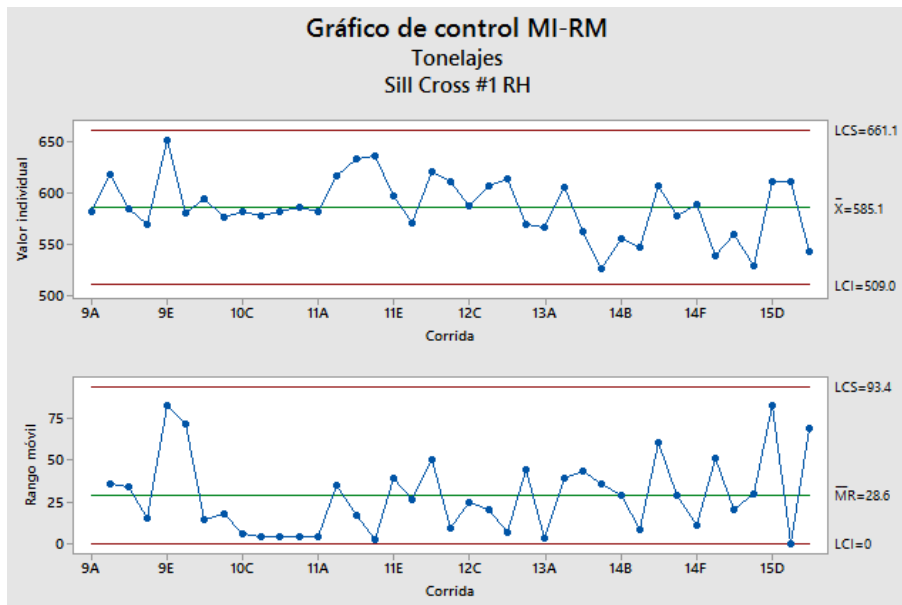


Figura 84. Gráfica de control Tonelajes Sill Cross #1 RH.

SILL CROSS #2

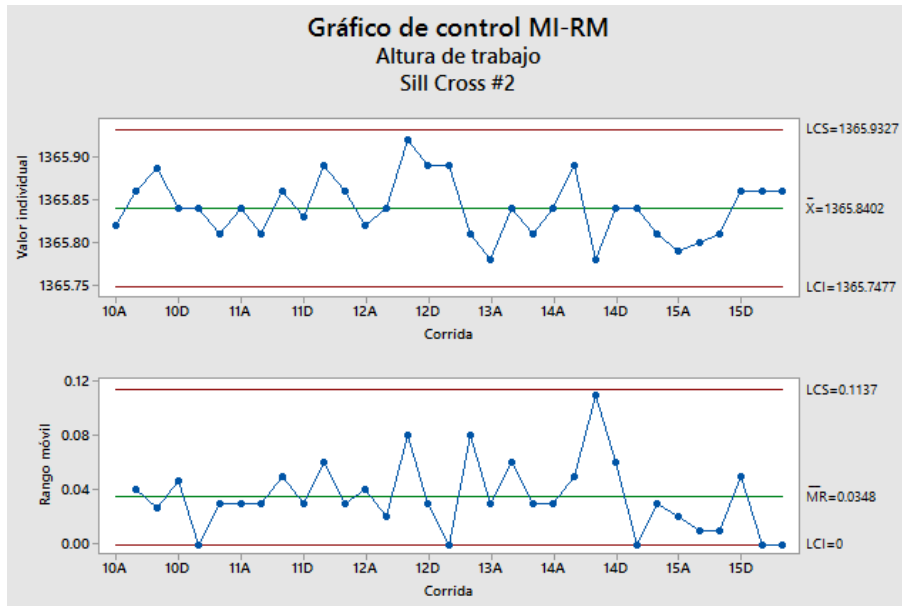


Figura 85. Gráfica de control Altura de trabajo Sill Cross #2.

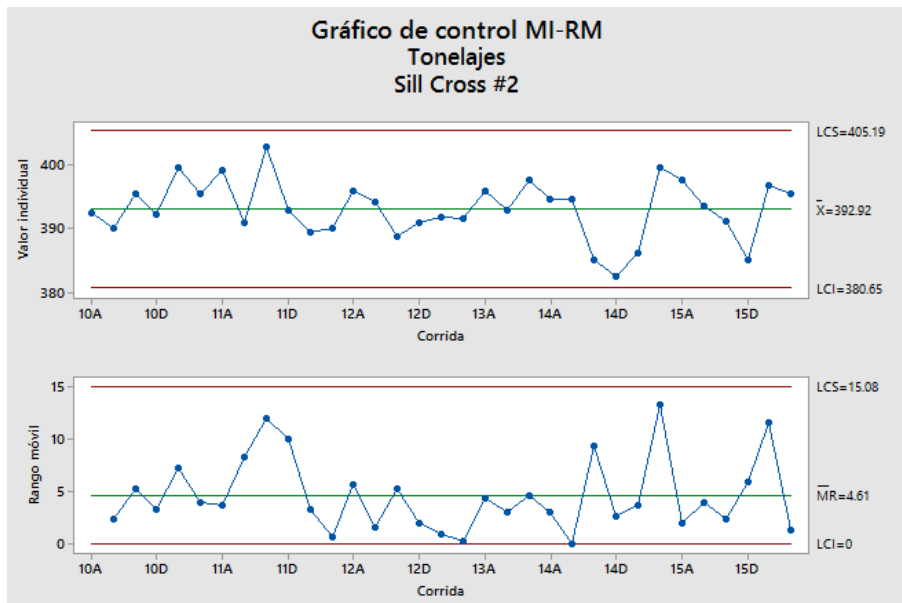


Figura 86. Gráfica de control Tonelaje Sill Cross #2.

COWL SIDE INR RH/LH

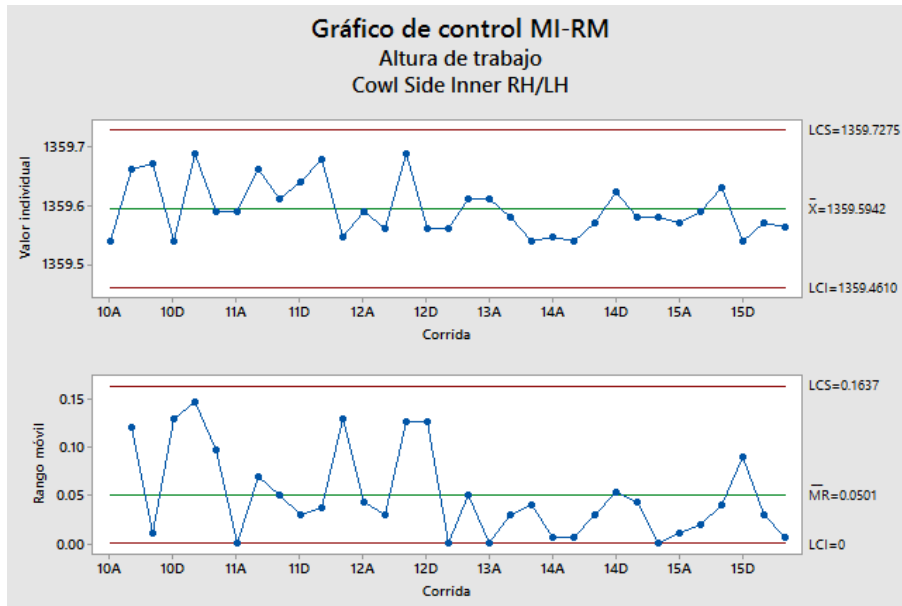


Figura 87. Gráfica de control Altura de trabajo Cowl Side RH/LH.

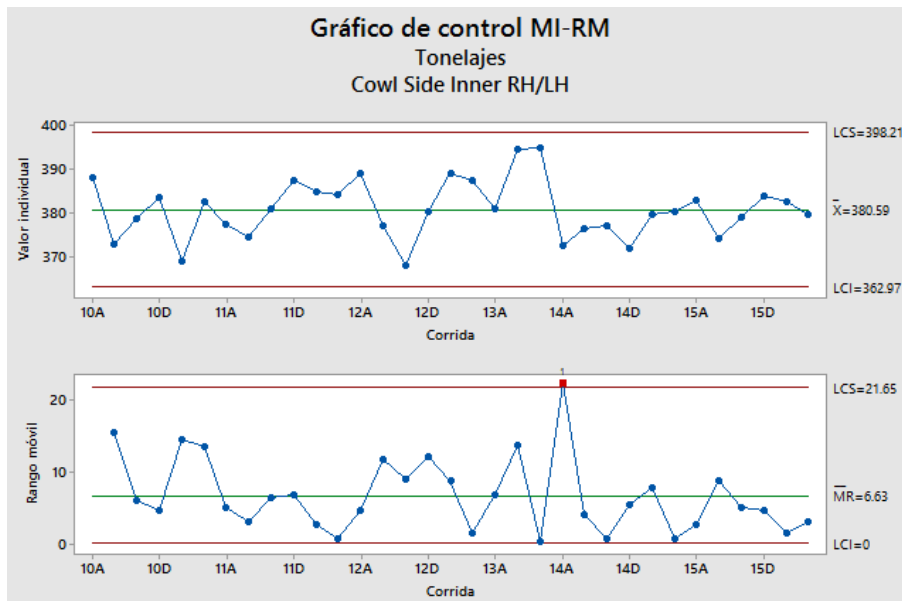


Figura 88. Gráfica de control Tonelajes Cowl Side RH/LH.

APÉNDICE C

Anexos



Figura 89. Ejemplo de HCRP.

Id	Nombre	Valor	Unidad	Estado
1	Temperatura	25	°C	Activo
2	Humedad	60	%	Activo
3	Presión	1013	hPa	Activo
4	Velocidad del viento	10	m/s	Activo
5	Altimetría	1000	m	Activo
6	Calentamiento	10	°C	Activo
7	Calentamiento	10	°C	Activo
8	Calentamiento	10	°C	Activo
9	Calentamiento	10	°C	Activo
10	Calentamiento	10	°C	Activo
11	Calentamiento	10	°C	Activo
12	Calentamiento	10	°C	Activo
13	Calentamiento	10	°C	Activo
14	Calentamiento	10	°C	Activo
15	Calentamiento	10	°C	Activo
16	Calentamiento	10	°C	Activo
17	Calentamiento	10	°C	Activo
18	Calentamiento	10	°C	Activo
19	Calentamiento	10	°C	Activo
20	Calentamiento	10	°C	Activo
21	Calentamiento	10	°C	Activo
22	Calentamiento	10	°C	Activo
23	Calentamiento	10	°C	Activo
24	Calentamiento	10	°C	Activo
25	Calentamiento	10	°C	Activo
26	Calentamiento	10	°C	Activo
27	Calentamiento	10	°C	Activo
28	Calentamiento	10	°C	Activo
29	Calentamiento	10	°C	Activo
30	Calentamiento	10	°C	Activo
31	Calentamiento	10	°C	Activo
32	Calentamiento	10	°C	Activo
33	Calentamiento	10	°C	Activo
34	Calentamiento	10	°C	Activo
35	Calentamiento	10	°C	Activo
36	Calentamiento	10	°C	Activo
37	Calentamiento	10	°C	Activo
38	Calentamiento	10	°C	Activo
39	Calentamiento	10	°C	Activo
40	Calentamiento	10	°C	Activo
41	Calentamiento	10	°C	Activo
42	Calentamiento	10	°C	Activo
43	Calentamiento	10	°C	Activo
44	Calentamiento	10	°C	Activo
45	Calentamiento	10	°C	Activo
46	Calentamiento	10	°C	Activo
47	Calentamiento	10	°C	Activo
48	Calentamiento	10	°C	Activo
49	Calentamiento	10	°C	Activo
50	Calentamiento	10	°C	Activo

Figura 90. HIT Registro de parámetros de proceso.

HIT Captura y registro de parámetros		
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16
17	17	17
18	18	18
19	19	19
20	20	20
21	21	21
22	22	22
23	23	23
24	24	24
25	25	25
26	26	26
27	27	27
28	28	28
29	29	29
30	30	30
31	31	31
32	32	32
33	33	33
34	34	34
35	35	35
36	36	36
37	37	37
38	38	38
39	39	39
40	40	40
41	41	41
42	42	42
43	43	43
44	44	44
45	45	45
46	46	46
47	47	47
48	48	48
49	49	49
50	50	50
51	51	51
52	52	52
53	53	53
54	54	54
55	55	55
56	56	56
57	57	57
58	58	58
59	59	59
60	60	60
61	61	61
62	62	62
63	63	63
64	64	64
65	65	65
66	66	66
67	67	67
68	68	68
69	69	69
70	70	70
71	71	71
72	72	72
73	73	73
74	74	74
75	75	75
76	76	76
77	77	77
78	78	78
79	79	79
80	80	80
81	81	81
82	82	82
83	83	83
84	84	84
85	85	85
86	86	86
87	87	87
88	88	88
89	89	89
90	90	90
91	91	91
92	92	92
93	93	93
94	94	94
95	95	95
96	96	96
97	97	97
98	98	98
99	99	99
100	100	100

Figura 91. HIT Captura y registro de parámetros.

PARAMETROS DE CAPTURA		
1	PARAMETRO	VALOR
2	PARAMETRO	VALOR
3	PARAMETRO	VALOR
4	PARAMETRO	VALOR
5	PARAMETRO	VALOR
6	PARAMETRO	VALOR
7	PARAMETRO	VALOR
8	PARAMETRO	VALOR
9	PARAMETRO	VALOR
10	PARAMETRO	VALOR
11	PARAMETRO	VALOR
12	PARAMETRO	VALOR
13	PARAMETRO	VALOR
14	PARAMETRO	VALOR
15	PARAMETRO	VALOR
16	PARAMETRO	VALOR
17	PARAMETRO	VALOR
18	PARAMETRO	VALOR
19	PARAMETRO	VALOR
20	PARAMETRO	VALOR
21	PARAMETRO	VALOR
22	PARAMETRO	VALOR
23	PARAMETRO	VALOR
24	PARAMETRO	VALOR
25	PARAMETRO	VALOR
26	PARAMETRO	VALOR
27	PARAMETRO	VALOR
28	PARAMETRO	VALOR
29	PARAMETRO	VALOR
30	PARAMETRO	VALOR
31	PARAMETRO	VALOR
32	PARAMETRO	VALOR
33	PARAMETRO	VALOR
34	PARAMETRO	VALOR
35	PARAMETRO	VALOR
36	PARAMETRO	VALOR
37	PARAMETRO	VALOR
38	PARAMETRO	VALOR
39	PARAMETRO	VALOR
40	PARAMETRO	VALOR
41	PARAMETRO	VALOR
42	PARAMETRO	VALOR
43	PARAMETRO	VALOR
44	PARAMETRO	VALOR
45	PARAMETRO	VALOR
46	PARAMETRO	VALOR
47	PARAMETRO	VALOR
48	PARAMETRO	VALOR
49	PARAMETRO	VALOR
50	PARAMETRO	VALOR
51	PARAMETRO	VALOR
52	PARAMETRO	VALOR
53	PARAMETRO	VALOR
54	PARAMETRO	VALOR
55	PARAMETRO	VALOR
56	PARAMETRO	VALOR
57	PARAMETRO	VALOR
58	PARAMETRO	VALOR
59	PARAMETRO	VALOR
60	PARAMETRO	VALOR
61	PARAMETRO	VALOR
62	PARAMETRO	VALOR
63	PARAMETRO	VALOR
64	PARAMETRO	VALOR
65	PARAMETRO	VALOR
66	PARAMETRO	VALOR
67	PARAMETRO	VALOR
68	PARAMETRO	VALOR
69	PARAMETRO	VALOR
70	PARAMETRO	VALOR
71	PARAMETRO	VALOR
72	PARAMETRO	VALOR
73	PARAMETRO	VALOR
74	PARAMETRO	VALOR
75	PARAMETRO	VALOR
76	PARAMETRO	VALOR
77	PARAMETRO	VALOR
78	PARAMETRO	VALOR
79	PARAMETRO	VALOR
80	PARAMETRO	VALOR
81	PARAMETRO	VALOR
82	PARAMETRO	VALOR
83	PARAMETRO	VALOR
84	PARAMETRO	VALOR
85	PARAMETRO	VALOR
86	PARAMETRO	VALOR
87	PARAMETRO	VALOR
88	PARAMETRO	VALOR
89	PARAMETRO	VALOR
90	PARAMETRO	VALOR
91	PARAMETRO	VALOR
92	PARAMETRO	VALOR
93	PARAMETRO	VALOR
94	PARAMETRO	VALOR
95	PARAMETRO	VALOR
96	PARAMETRO	VALOR
97	PARAMETRO	VALOR
98	PARAMETRO	VALOR
99	PARAMETRO	VALOR
100	PARAMETRO	VALOR

Figura 92. Modificación HIT Captura de parámetros.

APÉNDICE D

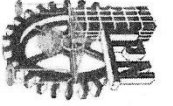
Formatos de entregables Proyecto Integrador



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES

FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	11-02-16	NOMBRE PROFESOR:	Picardo Carrillo Medrano
GRUPO:	qsm1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medina Nuvera
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	Implementación de Control Estadístico en GM.
TIPO AVANCE	1º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Karina Sánchez Sosa
	Revisión de protocolo	COMENTARIOS / OBSERVACIONES	
	Cronograma		
	Introducción		
	Análisis del problema		
	Descripción del proceso		
	Diseño (Dibujo, plano, etc.)		
	Cotización		
	Bibliografía		
	Formato		
	Avances del prototipo		
	Formatos	<p>Monitoreo del cumplimiento (medidas) de los puntos. Realizar correcciones necesarias en documento final.</p>	
	Evidencias		
	Diagramas		
	Marco Teórico		
	Presentación		
	Escrito		
	Estudio de Mercado		

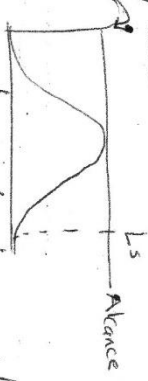



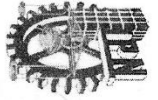
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	11/02/16	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Guilló Méndez
GRUPO:	9SM1	NOMBRE ALUMNO:	Lois Alfonsa Medina Navarro
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	Implementación de SPC en una
TIPO AVANCE	1º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Caro Sánchez Sosa.
	Revisión de protocolo	COMENTARIOS / OBSERVACIONES	
	Cronograma		
	Introducción		
	Análisis del problema		
	Descripción del proceso		
	Diseño (Dibujo, plano, etc.)		
	Cotización		
	Bibliografía		
	Formato		
	Avances del prototipo		
	Formatos		
	Evidencias		
	Diagramas		
	Marco Teórico		
	Presentación		
	Escrito		
	Estudio de Mercado		



Ayudar observaciones del análisis de revisión del CAP I y II
 Límite y alcance

 No se presenta protocolo congado.
 Se sugiere utilizar el proceso de texto LIX.


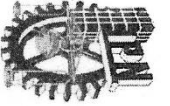


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES

FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR




FECHA:	18-02-16	NOMBRE PROFESOR:	Picardo Carrillo Nuñez
GRUPO:	9SM1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medina Navarro.
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	Implementación de Control Estadístico en G
TIPO AVANCE	1º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASesor:	Marina Sanchez Sosa
	Revisión de protocolo	COMENTARIOS / OBSERVACIONES No son expresiones subjetivas.  Situación Actual: % de datos perdidos: % de datos desechos: Cambiar tiempos a presente SR Nueva técnica → Software - MATLAB. Presentación 15 min → 15 diag. Escrito 30 diag. 	
	Cronograma		
	Introducción		
	Análisis del problema		
	Descripción del proceso		
	Diseño (Dibujo, plano, etc.)		
	Cotización		
	Bibliografía		
	Formato		
	Avances del prototipo		
	Formatos		
	Evidencias		
	Diagramas		
	Marco Teórico		
	Presentación		
	Escrito		
	Estudio de Mercado		

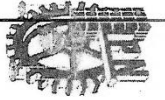


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	18/02/16	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Gallo Mendez
GRUPO:	9SM1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medrano Navarro
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	Implementación de SPC en Gm
TIPO AVANCE	1º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Karna Sánchez Sosa
	Revisión de protocolo	COMENTARIOS / OBSERVACIONES - Hacer caso a las recomendaciones de redacción que se incluyen en el archivo CAP III. - Preparar exposición para la próxima revisión - Cambiar el formato 	
	Cronograma		
	Introducción		
	Análisis del problema		
	Descripción del proceso		
	Diseño (Dibujo, plano, etc.)		
	Cotización		
	Bibliografía		
	Formato		
	Avances del prototipo		
	Formatos		
	Evidencias		
	Diagramas		
	Marco Teórico		
	Presentación		
	Escrito		
	Estudio de Mercado		

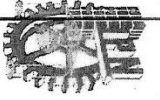


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR


FECHA:	25-02-16	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Carrillo Mendoza.
GRUPO:	QSM1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medrano Navarro
FOILIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE	1º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Maria Suarez Sara Steinfeld
	Revisión de protocolo	COMENTARIOS / OBSERVACIONES Preguntar: ¿Que tamaño es el que se pide? Poner acerto a Capítulo Numeración de depositos. Pre de Factos. Lista de resúmenes consultados. Citarlos. ¿Que es info de literatura? Cargar cap. III Revisión en viernes	
	Cronograma		
	Introducción		
	Análisis del problema		
	Descripción del proceso		
	Diseño (Dibujo, plano, etc.)		
	Cotización		
	Bibliografía		
	Formato		
	Avances del prototipo		
	Formatos		
	Evidencias		
	Diagramas		
	Marco Teórico		
	Presentación		
	Escrito		
	Estudio de Mercado		

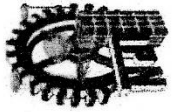


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	25/02/2016	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Lucillo Herrera
GRUPO:	9SM1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medrano Navarro.
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE	1º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Yovina Sánchez Sosa.
	Revisión de protocolo	COMENTARIOS / OBSERVACIONES Eliminar límites del marco teórico, utilizarlo el próximo dep. Hacer correcciones de redacción del archivo Se enviará un archivo en word del formato para seguirlo 	
	Cronograma		
	Introducción		
	Análisis del problema		
	Descripción del proceso		
	Diseño (Dibujo, plano, etc.)		
	Cotización		
	Bibliografía		
	Formato		
	Avances del prototipo		
	Formatos		
	Evidencias		
	Diagramas		
	Marco Teórico		
	Presentación		
	Escrito		
	Estudio de Mercado		



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADÉMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	17-03-16	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Carrillo Mendoza
GRUPO:	95N1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medrano Navarro
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE:	2º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASesor:	Karina Sotelo Sosa, Sandra
		COMENTARIOS / OBSERVACIONES	
			<p>Metodología: <i>Brainy</i>, <i>POCA</i>, <i>Definición</i> PRODA Maestría, Análisis de P. → Utilización del S.M. Análisis y Modelado. } Explicar que y cómo se harán los objetivos específicos</p> <p>Tareas. → Actualización de Base de Datos, Hojas de Cálculo y Planes → Toma de mediciones. <i>90% ok.</i> <i>Anterior → 50%</i> <i>10%</i> <i>50%</i></p> <p>Supervisión de operaciones → <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i> <i>100%</i></p> <p><u>Procedimiento</u> Evidencia de la aplicación ▽ Revisar si se está pegando el Plan de Costos / y la Documentación Pertinente.</p>
		Cronograma	
		Evidencias	
		Formatos	
		Videos	
		Diagramas	
		Indicadores	
		Fabricación del prototipo	
		Pruebas	
		Procedimiento	
		Avances del prototipo	
		Plan de negocio	
		Diseño y desarrollo del producto	
		Resumen ejecutivo	
		Plan de mercado	
		Plan de operaciones	
		Plan de recursos humanos	
		Plan financiero	
		otro: <i>Anexo de Costos</i>	

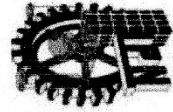


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	17/03/16	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Calle Mendez
GRUPO:	QSM1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medrano Navarro.
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE:	2º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Karina Sanchez Sosa.
	Cronograma	COMENTARIOS / OBSERVACIONES Definición Paso 8: Realizar mediciones y ajustes... El Procedimiento que se plantea utilizar para lograr el paso 8. Procedimiento Paso 8: Reducir como se llevó a cabo en paso este paso y ordenar y concluir. Elaborar lista de actividades para lograr SRC (Actividad y calificación) $SRC + OBS\ ESP + PDA = Met$ Factores: SR (Algo de parámetros), PDU's	
	Evidencias		
	Formatos		
	Videos		
	Diagramas		
	Indicadores		
	Fabricación del prototipo		
	Pruebas		
	Procedimiento		
	Avances del prototipo		
	Plan de negocio		
	Diseño y desarrollo del producto		
	Resumen ejecutivo		
	Plan de mercado		
	Plan de operaciones		
	Plan de recursos humanos		
	Plan financiero		
	otro:		



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	31-03-16	NOMBRE PROFESOR:	<i>Ricardo Carillo Medina</i>
GRUPO:	9SM1	NOMBRE ALUMNO:	<i>Los Alpaço Mediano Navarro</i>
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE	2º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	<i>Karina Sánchez Sosa</i>
		COMENTARIOS / OBSERVACIONES	
	Cronograma	<p>1- Revisar las correcciones del archivo.</p> <p>2- Explicar la relación entre PDCA y SPC</p> <p>3- Adelantar el Procedimiento completo para la próxima semana.</p> <p align="right"><i>[Signature]</i></p>	
	Evidencias		
	Formatos		
	Videos		
	Diagramas		
	Indicadores		
	Fabricación del prototipo		
	Pruebas		
	Procedimiento		
	Avances del prototipo		
	Plan de negocio		
	Diseño y desarrollo del producto		
	Resumen ejecutivo		
	Plan de mercado		
	Plan de operaciones		
	Plan de recursos humanos		
	Plan financiero		
	otro:		



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES

FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR




FECHA:	31-03-16	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Cavillo Mendoza
GRUPO:	9SM1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medrano Navarro
POSD:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE	2º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Karina Sanchez Sosa
COMENTARIOS / OBSERVACIONES			
Cronograma		<p>3) Planes</p> <p>- Detallar proceso línea de análisis</p> <p>- Revisar el APC en el Depto de Calidad y especificar los parámetros a monitorizar</p> <p>- Elaborar un plan de muestreo, de acuerdo al plan de control</p> <p>- Quiénes participan formularlo</p> <p>2) Do Verificación del sistema de medición</p> <p>- Muestreo y captura de datos</p> <p>Preparar: como validan las lecturas de las prensas → reusa prueba</p> <p>- Grapas de control</p> <p>→ límites de control → a meter</p> <p>→ límites de especificación → Doc. KIC</p> <p>Especificar</p>	
Evidencias			
Formatos			
Videos			
Diagramas			
Indicadores			
Fabricación del prototipo			
Pruebas			
Procedimiento			
Avances del prototipo			
Plan de negocio			
Diseño y desarrollo del producto			
Resumen ejecutivo			
Plan de mercado			
Plan de operaciones			
Plan de recursos humanos			
Plan financiero			
otro:			



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADÉMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES

FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR



FECHA:	07/04/2016	NOMBRE PROFESOR:	Francisco Emilio Mendez
GRUPO:	9BMT	NOMBRE ALUMNO:	Los Angeles Mezciano Navarro
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE	2º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Karina Sánchez Sosa
	Cronograma	COMENTARIOS / OBSERVACIONES <p>Raso 1: Detallar ¿Cómo? ¿Qué? ¿Por qué? del procedimiento que se utilizó para elaborar el HCP.</p> <p>Realizar claramente el trabajo Realizado en Planta y hay muchas actividades que no están evidenciadas en el escrito.</p> 	
	Evidencias		
	Formatos		
	Videos		
	Diagramas		
	Indicadores		
	Fabricación del prototipo		
	Pruebas		
	Procedimiento		
	Avances del prototipo		
	Plan de negocio		
	Diseño y desarrollo del producto		
	Resumen ejecutivo		
	Plan de mercado		
	Plan de operaciones		
	Plan de recursos humanos		
	Plan financiero		
	otro:		



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	7.04-16	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Carrillo Mendoza
GRUPO:	QSM1	NOMBRE ALUMNO:	Luis Alfonso Medrano Navarro
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE:	2º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Karine Sanchez Sore
COMENTARIOS/OBSERVACIONES			
Cronograma		Empresa: Nombre, Dirección, Producto. { 2 av	
Evidencias		Problema: Definición de la problemática. { 2 av	
Formatos		Objetivos (Modificar → Accesor) { 2 av	
Videos		Hipótesis (Cambiar) { 2 av	
Diagramas		Metodología	
Indicadores		Definición → General en que consiste. { 3 av	
Fabricación del prototipo		Factores → Relacionada con los A.T. { 3 av	
Pruebas		Procedimiento → Evidencia. { 3 av	
Procedimiento		Conclusiones	
Avances del prototipo		1) No usar solo figuras (fotos)	
Plan de negocio		2) No usar solo fotos (Objetos 4-papers)	
Diseño y desarrollo del producto		3) Título Cap. Subtítulo y numeración	
Resumen ejecutivo		4) No usar colores pastelosos ni imágenes bonitas	
Plan de mercado			
Plan de operaciones			
Plan de recursos humanos			
Plan financiero			
otro:			



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	GRUPO:	NOMBRE PROFESOR:	NOMBRE ALUMNO:
28/04/2016	95m1		Luis Alfonso Medrano Navarro
3º DEPARTAMENTAL		NOMBRE PROYECTO:	Implementación de SPC
		NOMBRE ASESOR:	Karina Sanchez Sosa
COMENTARIOS / OBSERVACIONES			
FORMATOS			
INDICADORES			
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO			
VIDEOS			
AVANCE DEL PROTOTIPO			
EVIDENCIA FOTOGRAFICA			
REVISIÓN DEL DOCUMENTO			
REVISIÓN DE LA PRESENTACIÓN			
TRAMITES LEGALES			
OTROS			

- IPPM'S / HOPP'S
 Inf control / HIT

Cambiar la capacidad del proceso
 Causa deficiencias

6.1 Indicadores
 Parrafo de Introducción

6.1.1 IPPM'S
 ¿Como lo obtuve? Indicador C_{pk}
 Antes Después

6.1.2 HICP'S
 ¿Como lo obtuve? X
 Recomendación Autorización
 ¿Porque se cambia?

6.1.3 HIT
 ¿Como lo obtuve?
 ¿Parámetros de cambio?

6.2
 Sale
 ¿Porque se usa?
 ¿Como se usa?
 ¿Como se usa?

Dudas anexo X.
 Bono por presentación de privacidad.

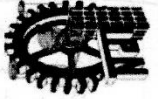


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
 DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
 ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE ENTREGABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA	NOMBRE PROFESOR
28-04-16	Ricardo Canillo Mendez
GRUPO	NOMBRE ALUMNO
95m1	Luis Alfonso Medrano Navarro
FOHIO	NOMBRE PROYECTO
	Implementación de SPC.
TIPO AVANCE	NOMBRE ASESOR
3º DEPARTAMENTAL	Karina Sanchez Sosa
	COMENTARIOS / OBSERVACIONES
FORMATOS	
INDICADORES	
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
VIDEOS	
AVANCE DEL PROTOTIPO	1 PPM'S. 7 Indicadores. SP4 (por duplicado) → controlado y de que Orendo avanza HCPP → Controlado → ya av. 6% Colocar fund de la de la placa HIT → ya por modificar
EVIDENCIA FOTOGRAFICA	HIT → Satisfacción de cambio de Proceso. de datos obtener el porcentaje de avance.
REVISIÓN DEL DOCUMENTO	HCPP → Listado de Datos a modificar - Principales Cambios
REVISIÓN DE LA PRESENTACIÓN	Elaborar Reporte - y Pasar a Superior inmediato
TRAMITES LEGALES	Querer.
OTROS	Indicadores. Cada ser y su descripción y con respecto a la empresa. Resultados Requerir por objetivos Elaborar tabla de avances
	Investigar Casos por de parámetros fuera de control



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES

FORMATO DE ENTEGRABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR



FECHA:	12-05-16	NOMBRE PROFESOR:	
GRUPO:		NOMBRE ALUMNO:	
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE	3º DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASESOR:	Karina Sanchez Soberano
	FORMATOS	COMENTARIOS / OBSERVACIONES	
	INDICADORES		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	VIDEOS		
	AVANCE DEL PROTOTIPO		
	EVIDENCIA FOTOGRAFICA		
	REVISIÓN DEL DOCUMENTO		
	REVISIÓN DE LA PRESENTACIÓN		
	TRAMITES LEGALES		
	OTROS		

Presentación

Empresa

Problema

Marco teórico → Solo definiciones

Metodología

Definición → Pasos y por que

Factores → Mencionarlos por nombres

Procedimiento → Completo

10 min

Resultados

Indicadores

Resultados

Conclusiones →

Complimiento
Objetivos
Hipotesis

20 min

Conclusiones

Recomendaciones → hallazgos

Trabajo futuro

↳ Proyectos Nuevos


↳ Aplicaciones futuras



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS GUANAJUATO
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA
ACADEMIA SISTEMAS AUTOMOTRICES



FORMATO DE INTEGRABLES PARA PROYECTO INTEGRADOR

FECHA:	12/05/2016	NOMBRE PROFESOR:	Ricardo Canillo Hernandez
GRUPO:		NOMBRE ALUMNO:	Las Alpanse
FOLIO:		NOMBRE PROYECTO:	
TIPO AVANCE:	3° DEPARTAMENTAL	NOMBRE ASesor:	
	FORMATOS		COMENTARIOS / OBSERVACIONES Realizar las correcciones del escrito del 3er Dep. Entregar Artículo y presentación en moodle un día antes del examen. 
	INDICADORES		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	VIDEOS		
	AVANCE DEL PROTOTIPO		
	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA		
	REVISIÓN DEL DOCUMENTO		
	REVISIÓN DE LA PRESENTACIÓN		
	TRAMITES LEGALES		
	OTROS		