



T
670
AIV
C.2.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Aplicación de la Metodología Seis Sigma para Analizar el
Proceso de Fabricación y Ensamble de una Estufa Doméstica a
Gas para una Empresa Manufacturera de Línea Blanca”**

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Patricio José Álvarez Sánchez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2002



D-31251

CIB

AGRADECIMIENTO

- A mis Padres y hermanos por el apoyo incondicional.
- A todos los maestros que enseñan por vocación.
- A mis amigos y compañeros que fueron ejemplo a imitar.
- A la Facultad de Ingeniería Mecánica por su apoyo oportuno.
- Al Ing. Jorge Duque, guía y director de mi tesis de grado.
- A la empresa MABE – ECUADOR, por la oportunidad, los retos, el apoyo y la confianza brindada. En especial a Pablo Araujo y Luis Zurita.
- Al equipo Seis Sigma, Mabe Qro, México, por brindarme su amistad.
- A todos aquellos que de una u otra manera hicieron posible que este trabajo se ejecute y a quienes contribuyeron con la culminación de mi carrera.

GRACIAS.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis Padres: Patricio Amador Alvarez Alvarez y Mariana de Jesús Sánchez Mata y a mis hermanos: Vanessa Scarlett, Mariana Salomé y Daniel Fernando.

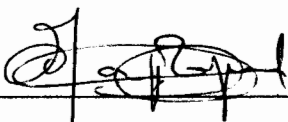
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



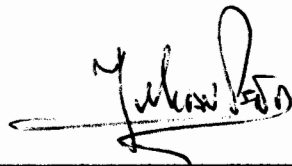
Ing. Mario Patiño A.
DELEGADO DEL DECANO DE LA
FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Jorge Duque R.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Marcos Tapia Q.
VOCAL



Ing. Julián Peña E.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, consisting of several large, overlapping loops and a horizontal line at the bottom, positioned above a solid horizontal line.

Patricio José Álvarez Sánchez

RESUMEN

El escenario donde se desarrolla el presente estudio es el proceso de fabricación de estufas domésticas a gas, razón por la cual, se hace una breve descripción de dicho proceso.

La falta de uniformidad en el ancho de las estufas es un efecto tangible en el proceso de ensamble final, llevando eventualmente a reprocesos de lotes de producción. Se plantea y se justifica el uso de la metodología Seis Sigma como la mejor opción en el entorno de la calidad para eliminar tal efecto.

En el desarrollo del estudio, concretamente en la etapa de definición, se describe cuál es el problema a ser solucionado, las causas que lo generaron y las variables involucradas (C.T.Q.'s), con herramientas usadas en 6 Sigma tales como Q.F.D. y Mapa de Proceso, posteriormente en la etapa de medición, se validan todos los sistemas de medición a través del Gage R&R Método ANOVA para tener mayor confiabilidad de los datos.

Una vez aprobados todos los sistemas de medición se hará un muestreo con la ayuda de un equipo de apoyo técnico a través de un plan de Subgrupos Racionales usando tormenta de ideas y elaborando diagramas de causa y efecto, del cual obtendremos información que nos permita seleccionar variación de causa común y causa asignable, para calcular la capacidad de

proceso de manufactura y ensamble a corto y largo plazo del ancho de la estufa como un indicador de la situación actual.

El objetivo es hacer un análisis de resultados preliminares con la ayuda de estudios estadísticos basados en la distribución normal, para determinar si el problema es por falta de control en el proceso o por tecnología pobre. También se determina si existen problemas de centrado o dispersión de la capacidad real del proceso con respecto a las especificaciones de diseño y comprobar la acción parcial o la interacción de los factores que generan y controlan las desviaciones.

Finalmente, en la etapa de análisis, se plantean pruebas de hipótesis basadas en un riesgo alfa del 5%, (95% de confiabilidad) como unidad de negocio, para comprobar si los resultados obtenidos tienen validez, esto solo con respecto a variables relacionadas entre sí.

En las conclusiones y recomendaciones se plantean las posibles acciones correctivas en los puntos críticos del proceso de manufactura o ensamble previamente identificados.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTUFAS DOMÉSTICAS A GAS Y ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción general del proceso.....	3
1.2. Alcance del proyecto.....	3
1.3. Descripción de las áreas involucradas en el estudio.....	5
1.4. Descripción de los componentes de la estufa involucrados con el Estudio.....	16
1.5. Síntomas y causas para hacer el planteamiento del problema.....	18

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA SEIS SIGMA COMO UNA OPCIÓN PARA ELIMINAR VARIACIONES EN PROCESOS.....	34
2.1. Origen e Historia de Seis Sigma.....	34
2.2. Definición de Seis Sigma desde diferentes puntos de vista.....	37
2.3. Diferencias entre los métodos Seis Sigma.....	47
2.4. Áreas de aplicación.....	50
2.5. Herramientas utilizadas.....	51
2.6. Justificación y Beneficios de utilizar la metodología Seis Sigma.....	52

CAPÍTULO 3

3. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	54
3.1. Definición del proyecto Seis Sigma.....	54
3.2. Herramientas usadas para la definición del problema.....	62
3.3. Definición de las variables a monitorear.....	65
3.4. Obtención de las variables a controlar.....	67

CAPÍTULO 4

4. MEDICIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES...82	
4.1. Medición de las Variables involucradas.....	83

4.2. Validación de los métodos de medición.....	84
4.3. Recolección de datos para elaborar la Línea base.....	105
4.4. Verificación de normalidad.....	114
4.5. Cálculo de las capacidades del estado actual del proceso.....	117
4.6. Determinación del tipo de problema.....	123

CAPÍTULO 5

5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	130
5.1. Análisis de resultados preliminares.....	130
5.2. Obtención de las variables vitales.....	134
5.3. Pruebas de hipótesis para eliminar variables innecesarias....	137
5.4. Cálculo de Riesgo alfa y beta.....	150
5.5. Herramientas para la obtención de las variables vitales.....	153
5.6. Redefinición de metas.....	154

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
--	-----

APÉNDICES.

BIBLIOGRAFÍA.

ABREVIATURAS

mm.	Milímetro
pulg.	Pulgada
cm.	Centímetro
kg.	Kilogramo
G.E.	General Electric
DPMO	Defectos por millón de oportunidades
PPM	Partes por millón
CTQ	Critical to Quality (Crítico para la calidad)
AMEF	Análisis de modo y efecto de falla
DoE	Design of Experiment (Diseño de experimentos)
TQM	Total Quality Management (Administración Total de la Calidad)
QFD	Quality Function Deployment (Despliegue de función de Calidad)
SPC	Statistic Process Control (Control estadístico de proceso)
F.P.	Frente de perillas
CTC	Control total de la Calidad
EST.	Estampado
ST	Short time (corto plazo)
LT	Long time (largo plazo)
Conf Lvl	Nivel de confianza

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1.1	Mapa de proceso general para la elaboración de una estufa..	4
FIGURA 1.2	Corte longitudinal de rollos.....	8
FIGURA 1.3	A) un circuito típico de soldadura de puntos. B) un empalme soldado con puntos.....	11
FIGURA 1.4	Componentes de la estufa involucrados.....	17
FIGURA 1.5	Vista superior de la cubierta.....	18
FIGURA 1.6	Vista de la sección derecha de la estufa.....	19
FIGURA 1.7	Vista de la sección izquierda de la estufa.....	19
FIGURA 1.8	Gap lateral en la cubierta de la estufa.....	20
FIGURA 1.9	Inspección de calidad percibida en ensamble.....	22
FIGURA 1.10	Inspección de calidad percibida en laboratorio.....	23
FIGURA 1.11	Dinamómetro usado para determinar la fuerza.....	25
FIGURA 1.12	Vista frontal de la prueba de fuerzas diagonales.....	26
FIGURA 1.13	Vista posterior y lateral de la prueba de fuerzas diagonales..	27
FIGURA 1.14	Prueba de fuerzas verticales.....	28
FIGURA 1.15	Cubierta incrustada luego de prueba de fuerzas verticales...	29
FIGURA 1.16	Acción correctiva temporal a consecuencia de la prueba de fuerzas verticales.....	30
FIGURA 1.17	Relación entre modo y efecto de falla.....	32
FIGURA 3.1	Ancho de la estufa.....	66
FIGURA 3.2	Ancho interno del frontal.....	66
FIGURA 3.3	Ensamble de cuerpo de horno con laterales.....	69
FIGURA 3.4	Perforaciones de ensamble del lateral con el horno de la estufa.....	70
FIGURA 3.5	Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del marco de horno.....	71
FIGURA 3.6	Ensamble de espaldar de horno con laterales.....	73

	Pág.
FIGURA 3.7	Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del espaldar de horno.....74
FIGURA 3.8	Ensamble de soportes en frontal.....77
FIGURA 3.9	Posición de perforación en soporte de frontal.....77
FIGURA 3.10	Ancho de la cubierta.....79
FIGURA 3.11	Vista posterior del ensamble de la cubierta en el frontal.....79
FIGURA 3.12	Vista lateral del ensamble entre la cubierta y el frontal.....80
FIGURA 3.13	Esquema del ensamble entre la cubierta y el frontal.....81
FIGURA 4.1	Tabla de análisis para validar los sistemas de medición.....92
FIGURA 4.2	Calibrador Vernier digital, capacidad 24".....102
FIGURA 4.3	Resolución de 0.01 mm. del Calibrador Vernier digital.....102
FIGURA 4.4	Medidor de altura digital con reloj de carátula.....103
FIGURA 4.5	Resolución de 0.01 mm. del Medidor de altura digital.....103
FIGURA 4.6	Reloj de carátula con palpador.....104
FIGURA 4.7	Mesa de Mármol nivelada.....104
FIGURA 4.8	Representación en el tiempo del ruido blanco y ruido negro107
FIGURA 4.9	Diagrama causa - efecto, ancho de la estufa.....111
FIGURA 4.10	Diagrama causa - efecto, ancho interno del Frontal.....112
FIGURA 4.11	Comprobación de normalidad propuesta por Minitab.....116
FIGURA 4.12	Reporte 1: Resumen ejecutivo 1, presentado por Minitab...120
FIGURA 4.13	Reporte 2: Capacidad de Proceso, presentado por Minitab122
FIGURA 4.14	Control vs. Tecnología.....127
FIGURA 4.15	Centrado vs Variación.....128
FIGURA 5.1	Selección de X's vitales.....135
FIGURA 5.2	Comparación de lo observado con lo esperado.....136
FIGURA 5.3	Prueba de homogeneidad de Varianzas para Y1 y Y2.....138
FIGURA 5.4	Prueba de homogeneidad de Varianzas para X1 y X3.....141
FIGURA 5.5	Prueba de homogeneidad de Varianzas para X2 y X4.....144
FIGURA 5.6	Prueba de homogeneidad de Varianzas para Y3.....147
FIGURA 5.7	Riesgo alfa y riesgo beta.....151

INDICE DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1	3 Sigma vs 6 Sigma referido a los datos.....	41
TABLA 2	3 Sigma vs 6 Sigma referido a la metodología	41
TABLA 3	Factores de reducción de defectos.....	43
TABLA 4	Comparación entre la calidad tradicional y 6σ	53
TABLA 5	Cargos involucrados para el equipo de apoyo técnico.....	57
TABLA 6	Ahorro preliminar del estudio.....	62
TABLA 7	Resultados obtenidos de la validación de los sistemas de medición, Apéndice E.....	101
TABLA 8	Valor p de prueba de hipótesis, para prueba de normalidad, de Apéndice G.....	117
TABLA 9	Capacidades de proceso, de Apéndice H.....	123
TABLA 10	Z.st vs Z.lt respecto al control y la tecnología del proceso.....	126
TABLA 11	Determinación del tipo de problema.....	129
TABLA 12	Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas para Y1 y Y2.....	139
TABLA 13	Resultados de la prueba de hipótesis para u_{y1} y u_{y2}	140
TABLA 14	Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas para X1y X3.....	142
TABLA 15	Resultados de la prueba de hipótesis para u_{x1} y u_{x3}	143
TABLA 16	Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas para X2 y X4.....	145
TABLA 17	Resultados de la prueba de hipótesis para u_{x2} y u_{x4}	146
TABLA 18	Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas para Y3 modelos liso y estampado.....	148
TABLA 19	Resultados de la prueba de hipótesis para U_{y3} liso y U_{y3} est.....	149

INDICE DE PLANOS

PLANO 1	Ensamble de cocina
PLANO 2	Marco de Horno
PLANO 3	Espaldar de horno

INTRODUCCIÓN

En la planta manufacturera donde se desarrolló el estudio, surgió la necesidad de optimizar la calidad percibida de la estufa, ante los requerimientos cada vez mayores del cliente. Ajustes empíricos en los procesos de quienes necesitan producir para vender, dan lugar a fluctuaciones estadísticas pronosticando un proceso fuera de control. Esto determinó la necesidad de establecer la situación actual del proceso a partir de referencias netamente objetivas.

La falta de uniformidad en el ancho de ciertas estufas es la inconformidad por parte del cliente externo que generó la necesidad de optimizar procesos, uno de ellos es el proceso de ensamble final, donde se genera además un requerimiento por parte de un cliente interno, ya que éste efecto ha llevado eventualmente a reprocesos de lotes de producción. Razones suficientes que justifican el desarrollo del estudio, el cual, a mas de mejorar la calidad del producto, genera ahorros en materiales y mejora la productividad.

Se propone y justifica el uso de la metodología Seis Sigma como la mejor opción en el entorno de la calidad para definir la situación actual y la deseada, medir las variables involucradas y analizar los resultados obtenidos, a fin de diagnosticar las causas potenciales que generan la inconformidad del cliente.

CAPÍTULO 1

1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTUFAS DOMÉSTICAS A GAS Y ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

El desarrollo de éste capítulo permitirá tener una mejor idea de las circunstancias que dieron origen y definieron la necesidad de efectuar el proyecto.

El estudio se desarrolla en una empresa manufacturera de línea blanca localizada en Guayaquil – Ecuador.

A continuación se presenta una descripción general del proceso de elaboración de una estufa para identificar explícitamente los procesos involucrados y sus variables en la definición del problema.

1.1. Descripción general del proceso.

El sistema de producción para la obtención de estufas se desarrolla en tres procesos de transformación de componentes y uno de formación de productos los que tienen lugar en cuatro áreas productivas, las cuales se indican a continuación.

Procesos de transformación de componentes.

El proceso de transformación de componentes se divide en tres áreas: Metalistería, Accesorios y Acabados.

Proceso de formación de productos.

El proceso de formación de productos se desarrolla en el área de Ensamble.

En la figura 1.1. se describe un Mapa de Proceso General, donde se describe el proceso de elaboración de una Estufa, indicando las áreas involucradas con el estudio.

1.2. Alcance del proyecto.

Debido a la variabilidad de diseños y procesos existentes entre los diferentes modelos de estufas, el estudio se lo hará tomando como referencia un solo modelo, para tener un campo de acción

específico. Este modelo serán las estufas de 24 pulgadas de ancho.

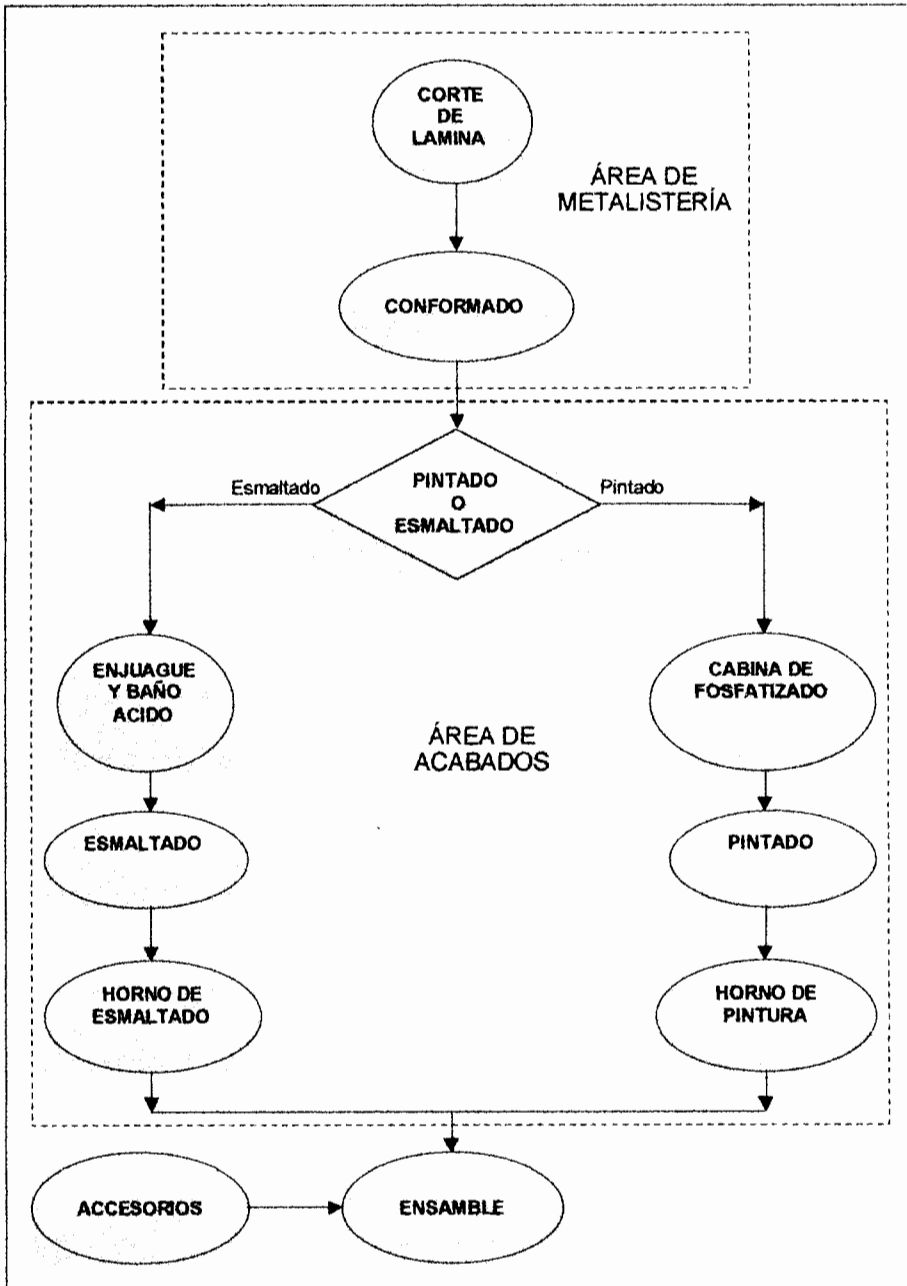


Figura 1.1. Mapa de proceso general para la elaboración de una estufa.

Las áreas involucradas son: Metalistería, Acabados y Ensamble. El área para la elaboración de Accesorios tales como parrillas, quemadores y tubos de combustión no contribuyen con la variabilidad de las medidas estructurales de la estufa, siendo ese el enfoque que se le dará a este estudio.

1.3. Descripción de las áreas involucradas con el estudio.

Una proporción grande de los productos industriales son manufacturados por procesos que cizallan y conforman perfiles estándar, principalmente metal desplegado, para transformarlo en producto terminado. Unos cuantos ejemplos de productos obtenidos por estos procesos son ollas y sartenes, gabinetes metálicos, artículos metálicos para puertas y ventanas y carrocerías de automóviles. Estos procesos son versátiles, rápidos y adaptables naturalmente a la producción en gran escala. Estos procesos trabajan el metal en frío principalmente. Los metales forjados son importantes en ingeniería debido a su resistencia general y tenacidad. Son de uso obligatorio en muchas aplicaciones como, por ejemplo, vigas estructurales, rieles para ferrocarril, canales o ángulos, tubos, forjados y formas extruidas. En todas estas operaciones se forja o aprieta el metal. Aunque una parte apreciable de lo producido por estos

procedimientos ya sale en su forma definitiva, como los rieles, por ejemplo, la mayor parte para alimentar procesos secundarios que hacen los productos terminados mediante el corte o formado como se describirá mas adelante.

Los metales se trabajan a presión en los procesos primarios, por dos razones: 1) para firmar las configuraciones que desean obtenerse y 2) mejorar las propiedades físicas. El resultado depende de la manera como se efectúe el trabajo en frío o en caliente.

Ver mas detalles sobre el trabajo en frío en el Apéndice A.

ÁREA DE METALISTERIA.

En el área de Metalistería se da inicio al proceso de transformación y obtención de componentes a través del cizallado y conformado de metales con el proceso de corte, seguido de los procesos de embutido, troquelado, refileado, soldado y pulido donde se termina de dar forma a los componentes, siendo el principal proceso el de embutido teniendo como principal herramienta de acción a las prensas mecánicas e hidráulicas.

Ver mas detalles sobre las prensas en el Apéndice B.

A continuación se describen los procesos involucrados en el área de Metalistería.

Proceso de Corte longitudinal. El corte longitudinal (slitting) corta longitudinalmente la hoja metálica enrollada, pasando el material a través de rodillos espaciados y entre sí y contiguos como está indicado en la figura 1.2. La lámina de acero se enrolla formando bobinas y se corta de ordinario longitudinalmente para formar cintas o láminas mas angostas de acuerdo al componente, modelo, tamaño y característica de la estufa a elaborar.

Los anchos se mantienen dentro de un margen de tolerancia de 1.588 mm. (1/16 pulg.). Las piezas se hacen en cantidades tomando una cinta y cortando de ella.

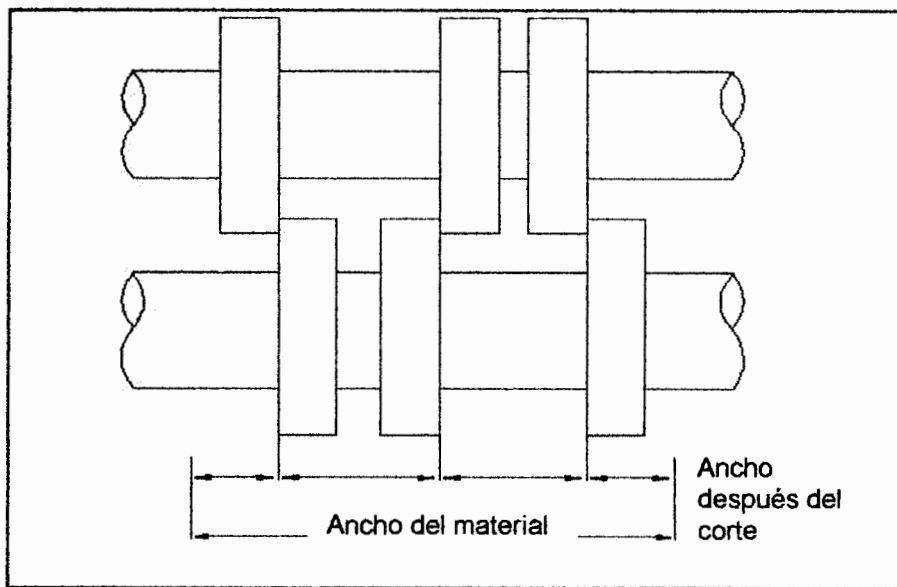


Figura 1.2. Corte longitudinal de rollos.

Proceso de Embutido. Las operaciones englobadas en ésta categoría producen partes huecas de paredes delgadas o en forma de recipientes, utilizando hojas de metal como materia prima. El metal desplegado se estira en una dirección por lo menos, pero frecuentemente también se comprime en otras direcciones durante el transcurso de estas operaciones. El trabajo se efectúa casi siempre en frío. Este proceso también es conocido como proceso de conformado.

Se puede realizar embutidos en dado (matriz) rígido o flexible.

El tipo de embutido que se realiza en el área de metalistería es el de Dado Rígido, uno en la parte superior de la prensa (corona) y otro en la parte inferior (lecho), a lo que en términos empíricos se lo conoce como dado macho y hembra respectivamente. En el embutido de dado rígido, se embute una gran diversidad de formas partiendo del metal en hoja.

La pieza en blanco (metal en hoja) previamente cortado se coloca encima de un bloque de dado. El punzón o dado macho empuja el material hacia el agujero en el bloque o un dado hembra y embute el metal remanente.

Éste trabajo se lo realiza en prensas de tipo hidráulico o mecánico, las cuales dan la forma al metal con un estampado a la profundidad que indican las especificaciones de diseño.

Proceso de troquelado. En la operación de troquelado o blanqueado se corta toda una pieza de metal en hoja. Solamente se deja una cantidad suficiente de excedente alrededor de la abertura para asegurar que el punzón tenga suficiente metal para cortar a lo largo del borde, con la ayuda de un troquel.

Proceso de perforado. Si la finalidad de la operación es la de recortar un agujero y el material que se retira solamente sirve como chatarra, se designa la operación como punzonado, agujerado o perforado. Ésta operación se diferencia de una operación de troquelado por ser la perforación de tamaño muy inferior a la de un troquelado. La operación de perforado se realiza con la ayuda de perforadores, los cuales, se encuentran montados en las matrices (troqueles).

Proceso de soldadura de punto. La soldadura de puntos es la forma de soldadura de resistencia más común y también la más sencilla. Sus aspectos esenciales se muestran en la figura 1.3. Electrodo con extremos reducidos se oprimen contra en trabajo, la corriente se prende y apaga, y se mantiene o aumenta la presión para forjar la soldadura mientras se solidifica esta. Ésta operación se repite comúnmente en una serie de puntos a lo largo de un empalme.

Se la utiliza esta operación para el sub - ensamble del horno de la estufa, utilizando dispositivos de ensamble para garantizar la correcta disposición de los componentes a ser soldados.

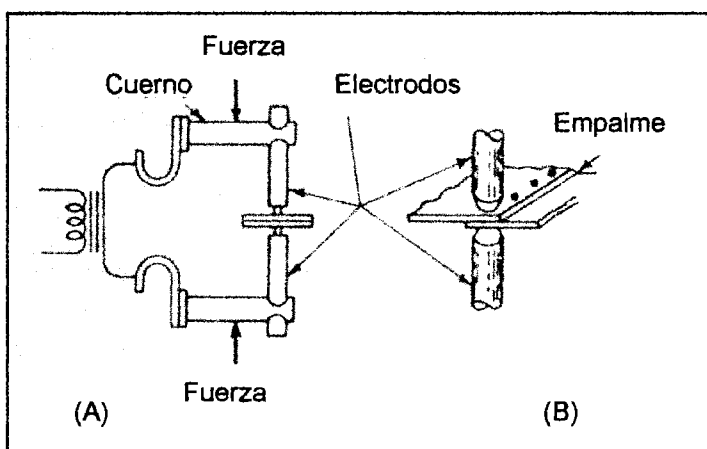


Figura 1.3. A) un circuito típico de soldadura de puntos. B) un empalme soldado con puntos.

Proceso de refilado. Esta operación se realiza con la intervención de una matriz, la cual hace un corte perimetral del componente, eliminando así la rebaba de acero producida en el proceso de embutido.

Proceso de pulido. El pulido se ejecuta para dejar un acabado terso sobre las superficies y en ésta operación puede intervenir frecuentemente la eliminación de cantidades apreciables de metal para sacar raspones, huellas dejadas por herramientas y otros defectos presentes en superficies burdas. La precisión del tamaño y la forma no son importantes ordinariamente, pero a veces se mantienen tolerancias de 0.001 pulg. (0.00254 cm.).

Cada pieza es pulida a mano por los pulidores. El objetivo de esta operación, es corregir alguna imperfección y eliminar los filos cortantes que quedan en los componentes, luego de las operaciones del área de metalistería. Ésta operación no afecta a la estructura y ensamble de la estufa.

ÁREA DE ACABADOS.

En ésta área el objetivo consiste en proporcionarle un recubrimiento adecuado a los componentes de los productos de acero negro, hierro y alambón a través de procesos de Porcelanizado (esmaltado) o Pintado (polvo y líquido) y finalmente la aplicación del decorado; con el fin de evitar la oxidación de los mismos y prolongar su utilidad.

Proceso de Porcelanizado o Esmaltado.

El proceso de Porcelanizado de componentes se lo realiza a través de la aplicación de fritas (esmaltes), previo un proceso químico de decapado.

Proceso de Decapado. Este proceso consiste en un tratamiento químico a los componentes. Su función es la de limpiar al material de óxidos, grasas e impurezas; por medio de baños de

desengrasantes y enjuagues (utilizando tinas); además de un baño ácido para producir un “Picleo” (porosidad en su superficie para la buena adherencia, anclaje) del esmalte, pasando al secado del componente, el que dejará su superficie libre de humedad, quedando listo para la aplicación del esmalte base.

Proceso de aplicación del esmalte base. La aplicación del esmalte base se la realiza por procesos de aspersion o inmersión de acuerdo a los componentes, los que pasaran por un secador cuya función es secar el esmalte base (húmedo) para luego pasar al proceso de quemado de donde se cristalizará; unos componentes obtendrán así su acabado final y otros pasaran al proceso de aplicación del color.

Proceso de aplicación de esmalte color. La aplicación del color (acabado) se la realiza por proceso de aspersion a los componentes quemados en base, una vez aplicado este, pasara por un secador el que secará el esmalte de color para luego ingresar al horno de quemado en el que se cristalizará. Unos componentes obtendrán así su acabado final y otros pasaran al proceso de decorado.

Proceso de Pintado.

El proceso de pintado de componentes se lo realiza por medio de los procesos electrostáticos de pintura en polvo y líquido, previo un proceso de fosfatizado.

Proceso de Fosfatizado. Fosfatizado es un proceso químico que se aplica únicamente a los componentes que van a ser pintados, cuya función es la de limpiar de grasas e impurezas a través de baños de desengrasantes y enjuagues (utilizando duchas) que dejará la superficie químicamente limpia para poder aplicar el revestimiento de fosfato de zinc que sirve como capa protectora contra la oxidación de los componentes, los que pasarán por un secador cuyo objetivo es el de eliminar residuos húmedos de su superficie, quedando listo para la aplicación de la pintura líquida o polvo.

Proceso de aplicación de pintura líquida. Este proceso se inicia con la aplicación por aspersion del fondo (anticorrosivo) seguido de la aplicación del acabado (color) también por aspersion, en forma suave, para luego pasar a la cabina del disco electrostático, el que termina de dar la aplicación total de pintura, la que pasará al horneado donde se cocinará la misma

llegando algunos a su acabado final y otros pasaran al proceso de decorado.

Proceso de aplicación de pintura en polvo. El proceso de aplicación de pintura en polvo se lo realiza por aspersion, esta pintura no necesita de la aplicación de un medio anticorrosivo ya que este viene incluido en ella; aplicada la pintura, pasa al horneado de la misma en el que obtendrá el acabado final.

Aplicación del decorado. Este proceso consiste en el grabado de las características del diseño de la marca de la estufa (estampado) en el frente de perillas, luego se procede al quemado del mismo, obteniendo así su acabado final.

ÁREA DE ENSAMBLE.

El proceso en el área de ensamble es la de unir todos los componentes que formarán parte del producto, por medio de operaciones de remachado y entornillado, además de realizar pruebas de fuga de gas y paso de corriente que garantizan la aptitud para el uso culminando con el embalaje del producto.

1.4. Descripción de los componentes de la estufa, involucrados con el estudio.

A continuación, se da la justificación de los componentes de la estufa que se considera están involucrados con el estudio. Ver la figura 1.4.

Frente de perillas. El ensamble del frente de perillas limita la posición de la cubierta de la estufa en el plano horizontal.

Lateral estándar. Las perforaciones de ensamble del lateral estándar es una de las variables que determinan el ancho de la estufa.

Cubierta. El ancho de la cubierta servirá como sistema de referencia para determinar el paralelismo de las paredes laterales de la estufa.

Horno. El horno constituye la estructura de la estufa. Por tanto, si está deformado, afectará al ensamble total de la misma.

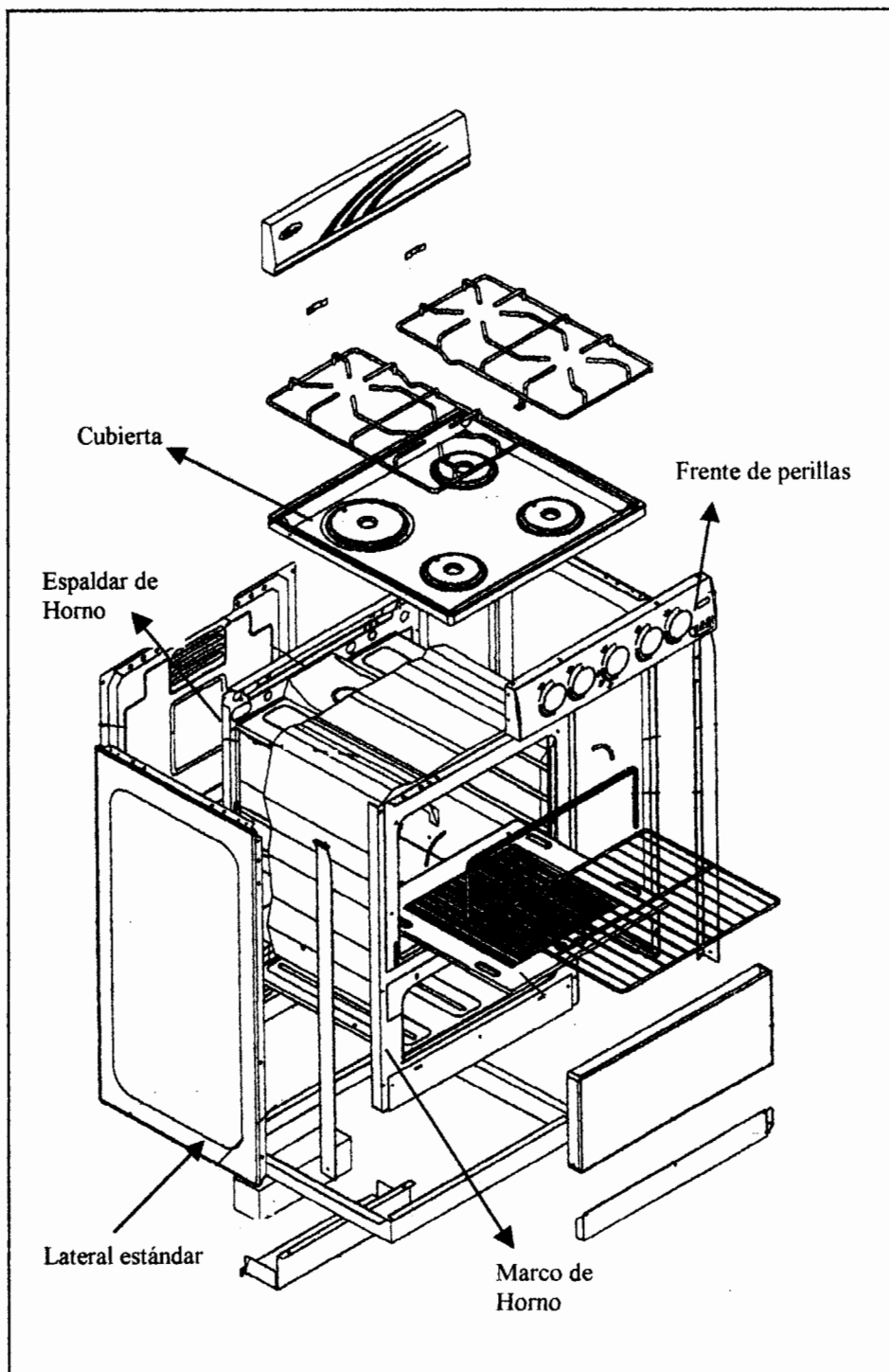


Figura 1.4. Componentes de la estufa involucrados.

1.5. Síntomas y causas para hacer el planteamiento del problema.

Una pobre e inestable capacidad de proceso de ensamble del ancho de la estufa ha sido el justificativo de haber realizado estudios anteriormente para tratar de solucionar dicho problema, los cuales no han sido exitosos, ya que éste aún se presenta frecuentemente, el mismo que se repitió con mayor gravedad en el lanzamiento de un nuevo modelo de estufa. Razón por la cuál, se desarrollará el estudio basado en la metodología Seis Sigma.

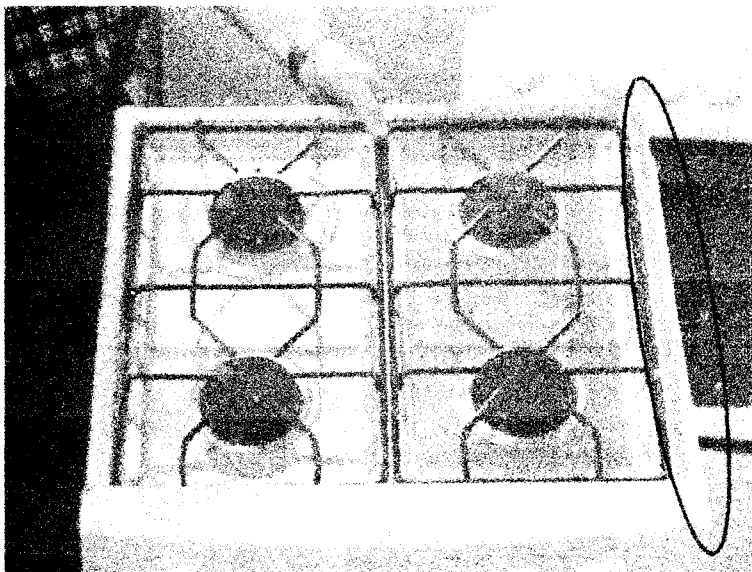


Figura 1.5. Vista superior de la cubierta.

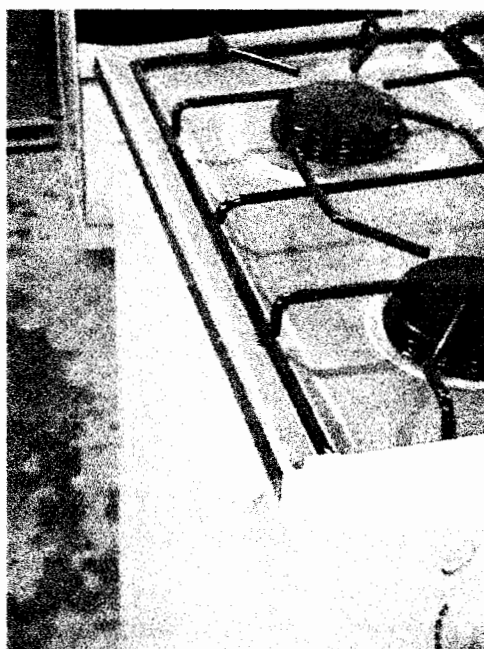


Figura 1.6. Vista de la sección derecha de la estufa.

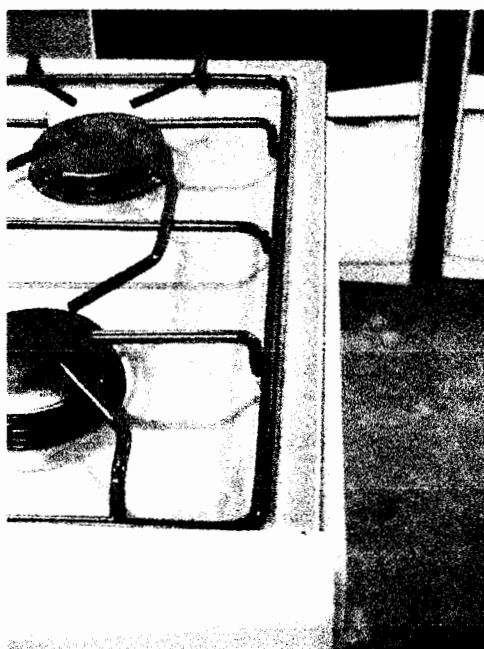


Figura 1.7. Vista de la sección izquierda de la estufa.

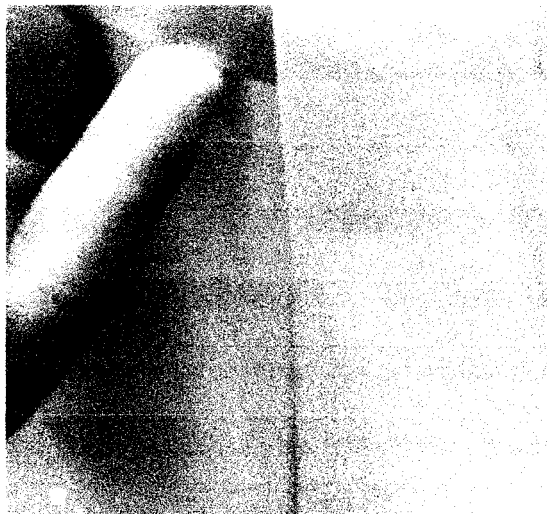


Figura 1.8. Gap lateral en la cubierta de la estufa.

En la figura 1.5. se aprecia la parte lateral izquierda de la estufa (sección señalada) mas pronunciada que la derecha. En las figuras 1.6. y 1.7. se tiene una mejor vista de ambas secciones.

Como se puede apreciar en la figura 1.5. y 1.7., la cubierta, luego del ensamble queda pronunciada hacia la izquierda, provocando en casos extremos un gap que permite introducir un papel o un dedo (ver figuras 1.6. y 1.8.)

A diferencia de la sección derecha de la estufa, en la sección izquierda se aprecia un excedente entre el lateral de la estufa y la

cubierta, lo que indica claramente la falta de simetría entre la cubierta y el ensamble de la estructura de la estufa.

Luego del proceso de ensamble del artefacto y previo a su almacenamiento y distribución, los lotes de producción son aprobados luego de dos tipos de pruebas, primero, la inspección de calidad percibida, que se realiza en la línea de ensamble, y posterior a ésta, se realizan las pruebas de funcionalidad y de estructura, las que se desarrollan en los laboratorios de la fábrica, adecuados apropiadamente para ello.

Inspección de Calidad percibida.

Un efecto tangible al realizarse las inspecciones de calidad percibida, es la falta de uniformidad en el ancho de las estufas denominado también como “descuadre de la cubierta”, así lo identifican tanto los inspectores como los Ingenieros de calidad.

El efecto del “descuadre de la cubierta” afecta las zonas laterales de la cubierta de la estufa específicamente, según los criterios utilizados para las inspecciones de calidad percibida en la planta, los que se detallan en el Apéndice K. Ésta zona es la segunda en importancia para la percepción del cliente tanto interno como

externo hacia las cualidades producto ya que no es un efecto que se percibe directamente, sino haciendo una inspección minuciosa, por ésa razón es que eventualmente se hacen los reprocesos de lotes de producción dependiendo de la percepción del inspector y de que tan crítica sea ésta falla.

Prueba de Funcionalidad y Estructura.

Ahora, se investigará como afecta ésta falla de ensamblaje a la estructura de la estufa. Las inspecciones de funcionalidad de las estufas se realizan basadas en la norma del país de destino.



Figura 1.9. Inspección de calidad percibida en ensamble.

Existen al alcance normas Venezolanas, Ecuatorianas, Mexicanas y Americanas, que hacen referencia sobre éste tipo de pruebas. Cabe mencionar que todas éstas sirven como referencia para el laboratorio de pruebas de la fábrica.

Todas las normas exigen que las estufas sean sometidas a ensayos con el fin de garantizar la seguridad del usuario.



Figura 1.10. Inspección de calidad percibida en laboratorio.

Las pruebas consideradas en todas las normas que involucran el ensamble de la cubierta en la estufa son dos:

- Prueba de Fuerzas Diagonales o de Fuerzas Horizontales.
- Prueba de Fuerzas Verticales.

Se toma como referencia la norma ANSI Z 21.1 "HOUSEHOLD COOKING GAS APPLIANCE", Edic. 25, 1.993, USA. Esta norma pertenece al ANSI [AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE]. No se consideran las anteriores ya que ésta es mucho más estricta para estas dos pruebas.

Ésta norma hace referencia a las pruebas de estructura del artefacto en el numeral 1.3., en el cual se incluyen las dos pruebas.

En las pruebas de fuerzas diagonales (ver numeral 1.3.1. de la norma) la estufa debe soportar la aplicación de una fuerza diagonal de 160 Kg. sobre el elemento mas alto del frente del aparato.

La aplicación de ésta fuerza, se medirá con un dinamómetro debidamente calibrado. (Ver figura 1.11.)

Las lecturas de deflexión serán tomadas con instrumentos apropiados graduados a 0.25 mm. según lo especifica la norma.

La deformación mínima no debe exceder los 2.5 mm.

Después de 5 minutos de aplicada la tensión, la duración de la tensión es tomado de la norma Mexicana, ya que la norma ANSI no considera el tiempo de aplicación de la tensión.

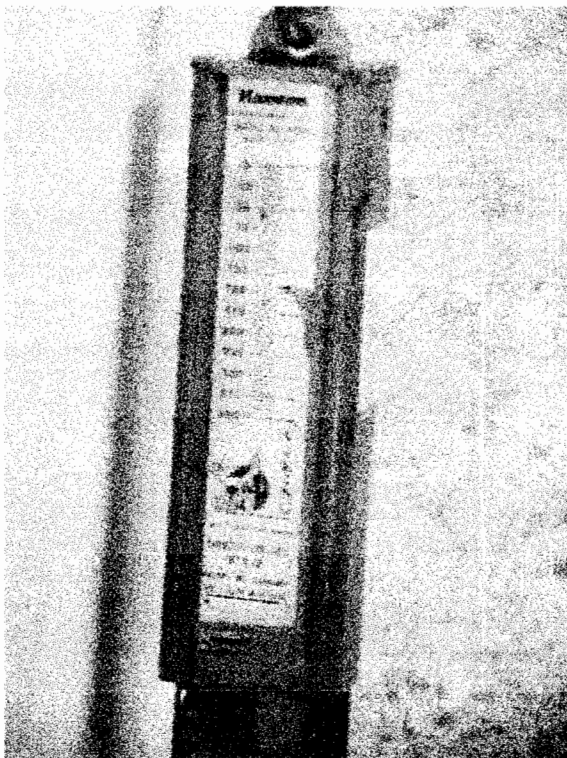


Figura 1.11. Dinamómetro usado para determinar la fuerza.

A continuación se adjuntan figuras que indican como fueron realizadas las pruebas.

Luego de la prueba de fuerzas diagonales, la estufa no sufrió ninguna alteración en su estructura.

Posterior a esta prueba, la estufa se sometió a la prueba de fuerzas verticales.

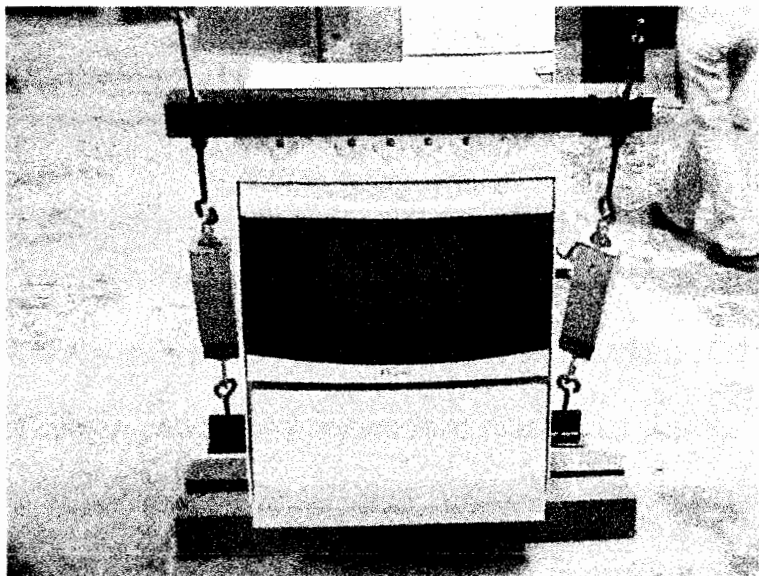


Figura 1.12. Vista frontal de la prueba de fuerzas diagonales.

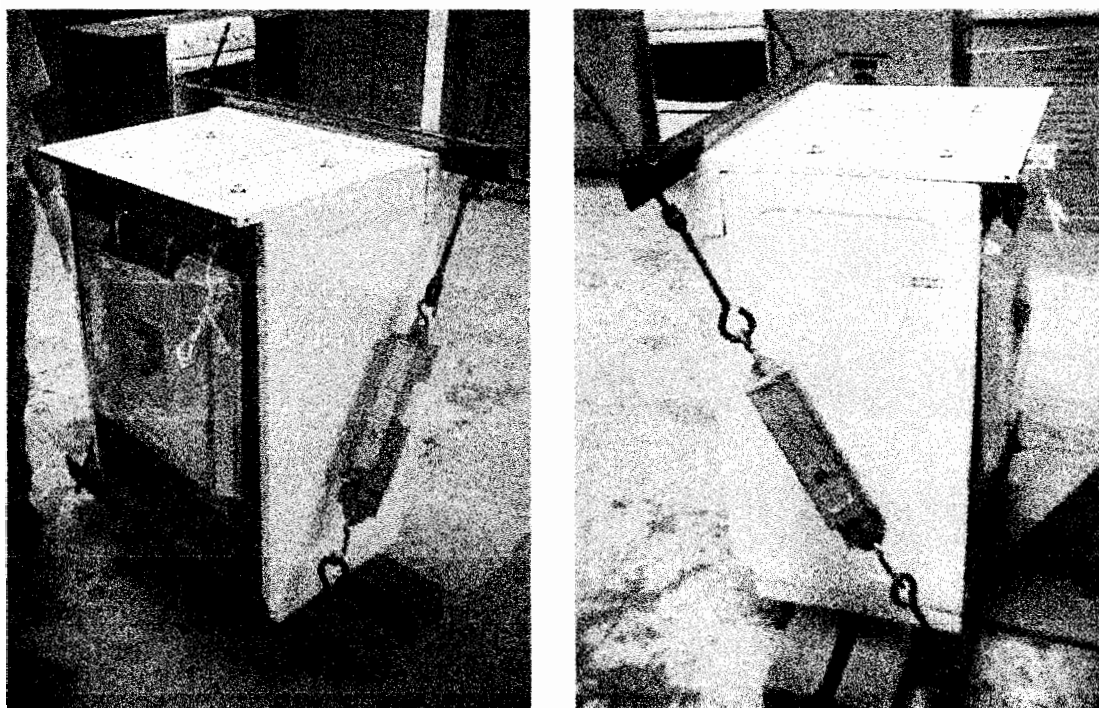


Figura 1.13. Vista posterior y lateral de la prueba de fuerzas diagonales.

La prueba de fuerzas verticales consiste en aplicar una carga de 136 Kg. sobre una pieza rígida con una profundidad igual a la de la cubierta superior y colocada lo mas cerca posible del centro de la superficie. Previamente, deben removerse las parrillas y quemadores. La carga se aplicará durante 5 minutos. Ésta especificación sólo se aplica a estufas de piso. (ver figura 1.14.)

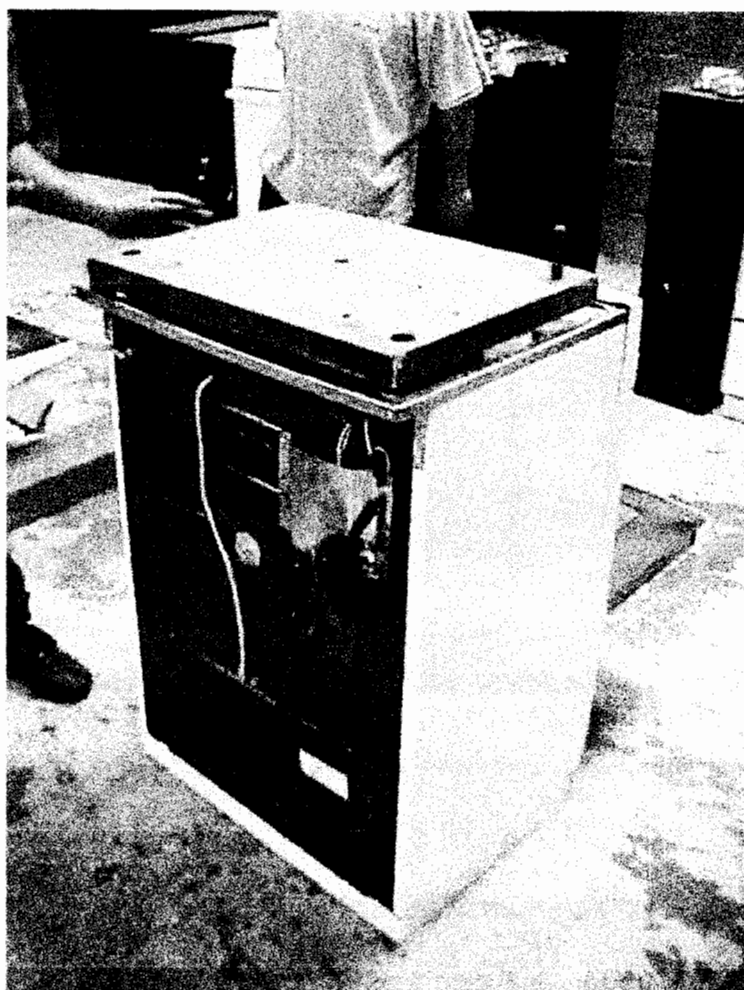


Figura 1.14. Prueba de fuerzas verticales.

Se aplicó una plancha de acero con un peso aproximado a los 136 Kg. Los resultados luego de la prueba de fuerzas verticales se pueden apreciar en la siguiente figura. (ver figura 1.15.)

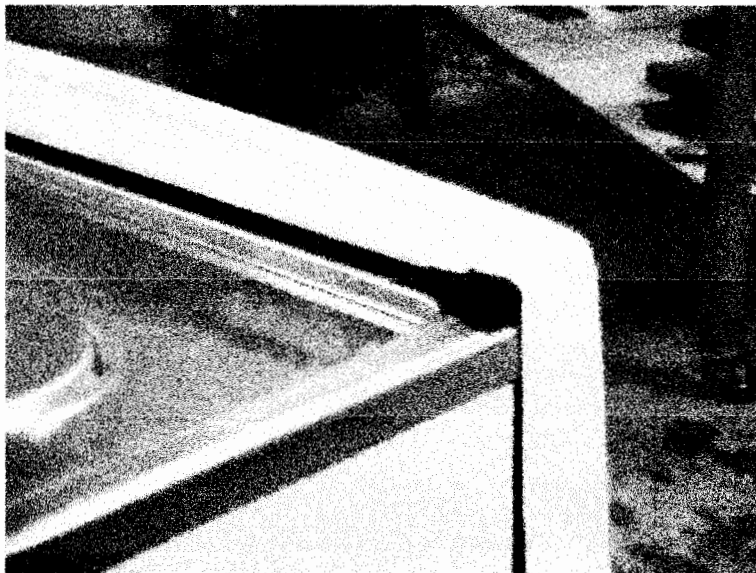


Figura 1.15. Cubierta incrustada luego de prueba de fuerzas verticales.

Como se puede apreciar en la figura 1.15., luego de la aplicación de carga, la cubierta se incrustó en una de las esquinas frontales de la estufa, afectando directamente a la estructura de la misma.

Temporalmente, se tomó una medida correctiva, la cual consiste en colocar soportes en la parte superior de ambos laterales (derecho e izquierdo) para no permitir el desplazamiento en el plano horizontal de la cubierta. (ver figura 1.16.)

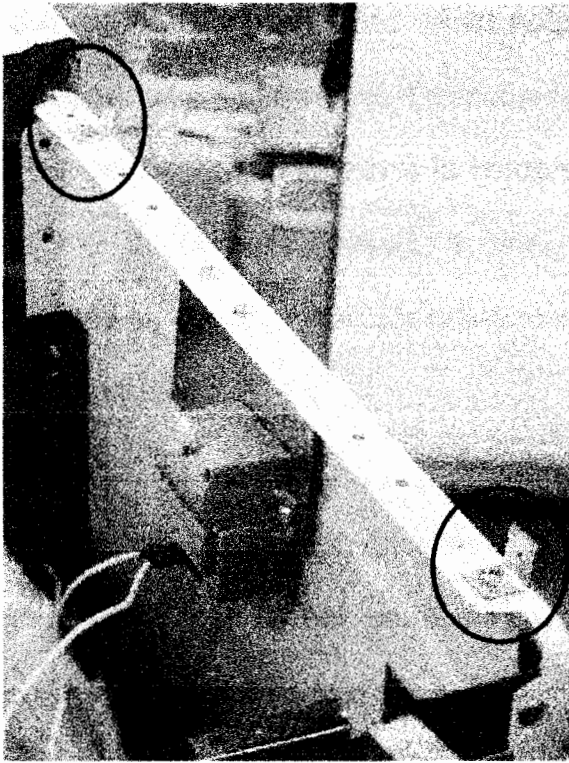


Figura 1.16. Acción correctiva temporal a consecuencia de la prueba de fuerzas verticales.

Percepción general del personal involucrado con el problema.

En la planta manufacturera donde se realiza el estudio, as áreas proveedoras de la línea de ensamble y los mismos inspectores e ingenieros de calidad afirman que la causa del problema es la deformación del horno, pero no se ha hecho estudio alguno para determinar la veracidad de tal información.

Según dice un proverbio en latín: "Post hoc, ergo propter hoc", que traducido al español significa: "Después de aquello, entonces a causa de esto". Todos tenemos la tendencia de afirmar una acción como la causante previa a una consecuencia, sin considerar que tal acción puede ser la manera como se expresa el verdadero problema.

Así, el problema de la deformación del horno se lo está atribuyendo como causal del problema, sin prever, que éste puede ser el modo como se expresa la falla.

Usando éste análisis, tenemos que todo problema tiene una causa, el modo como se expresa la falla y el efecto.

Definición de Modo de Falla.

Es la forma en que falla una entrada de proceso específico, si no fue detectada ni corregida, ocasionará que ocurra el Efecto.

Definición de Efecto.

Es el impacto sobre los requerimientos del cliente. Generalmente se enfoca al cliente externo, pero puede incluir también el efecto local o los procesos con la corriente.

Definición de Causa.

Son las fuentes de variación que ocasionan que ocurra el Modo de la Falla.

Se debe tener presente que la relación entre el Modo de Falla y el Efecto no siempre es 1 a 1.

Así tenemos los siguientes casos, que se pueden apreciar en la figura 1.17.

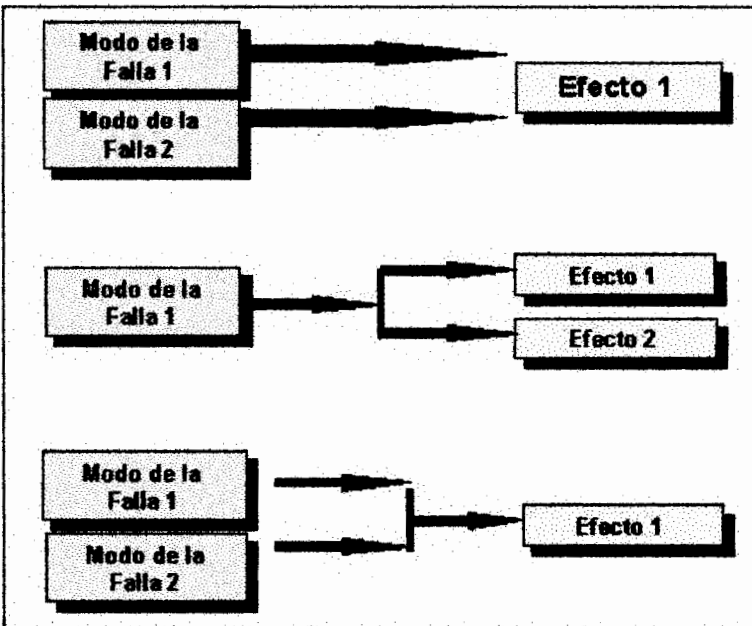


Figura 1.17. Relación entre modo y efecto de falla.

Dos o más Modos de falla pueden generar independientemente un mismo efecto.

Un solo Modo de Falla, puede generar dos efectos independientes, al mismo tiempo.

La interacción de dos o más Modos de Falla pueden generar un solo efecto.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA SEIS SIGMA COMO UNA OPCIÓN PARA ELIMINAR VARIACIONES EN LOS PROCESOS.

2.1. Origen e Historia de Seis Sigma.

Esta filosofía se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, la cual ha sido ampliamente difundida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: G.E., Allied Signal, Sony, Polaroid, Dow Chemical, FedEx, Dupont, NASA, Lockheed, Bombardier, Toshiba, J&J, Ford, ABB, Black & Decker, etc.

Su aplicación requiere del uso intensivo de herramientas y metodologías estadísticas (en su mayoría) para eliminar la

variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con el mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto contrasta con la forma tradicional de asegurar la calidad, al inspeccionar post-mortem y tratar de corregir los defectos, una vez producidos.

Quizá la contribución más importante para el auge y desarrollo actual de Seis Sigma, haya sido el interés y esfuerzo dedicado para su implantación en toda G.E., desde sus divisiones financieras, hasta sus divisiones de equipos médicos y de manufactura. La fuerza impulsora que apuntaló y apoyó esta iniciativa: Jack Welch, de G.E. *"Miren, Solamente tengo tres cosas que hacer: tengo que seleccionar a las personas correctas, asignar la cantidad adecuada de dólares y transmitir ideas de una división a otra a la velocidad de la luz. Así que realmente estoy en el negocio de promover y transmitir ideas"*.

La historia de Seis Sigma se inicia en Motorola cuando un ingeniero (Mikel Harry) comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos (enfocado en los conceptos de Deming), como una manera de mejorar los

mismos. Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar (alrededor de la media), la cual se representa por la letra griega sigma (σ). Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención de Bob Galvin, Motorola. Con el apoyo de Galvin, se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3,4 DPMO en los procesos; algo casi cercano a la perfección.

Esta iniciativa llegó a oídos de Lawrence Bossidy, quién en 1991 y luego de una exitosa carrera en General Electric, toma las riendas de Allied Signal para transformarla de una empresa con problemas en una máquina exitosa. Durante la implantación de Seis Sigma en los años 90 (con el empuje de Bossidy), Allied Signal multiplicó sus ventas y sus ganancias de manera dramática. Este ejemplo fue seguido por Texas Instruments, logrando el mismo éxito. Durante el verano de 1995 en G.E., Jack Welch, se entera del éxito de esta nueva estrategia de boca del mismo Lawrence Bossidy, dando lugar a la mayor transformación iniciada en esta enorme organización.

El empuje y respaldo de Jack Welch transformaron a G.E. en una "Organización Seis Sigma", con resultados impactantes en todas sus divisiones. Por ejemplo: G.E. Medical Systems recientemente introdujo al mercado un nuevo scanner para diagnóstico (con un valor de 1,25 millones de dólares) desarrollado enteramente bajo los principios de Seis Sigma y con un tiempo de scan de sólo 17 segundos (lo normal eran 180 segundos). En otra de las divisiones: G.E. Plastics, se mejoró dramáticamente uno de los procesos para incrementar la producción en casi 500 mil toneladas, logrando no sólo un beneficio mayor, sino obteniendo también el contrato para la fabricación de las cubiertas de la nueva computadora iMac de Apple.

2.2. Definición de Seis Sigma desde diferentes puntos de vista.

σ es una letra del alfabeto griego denominada "sigma".

El término "Sigma", en las ciencias estadísticas, se usa para cuantificar la dispersión respecto a la media (promedio) de cualquier proceso o procedimiento.

Para una empresa o proceso de manufactura, el valor de sigma es una medida que indica qué tan bien se comporta un proceso.

Sigma mide la capacidad de proceso para realizar un trabajo "libre de defectos". Un defecto es cualquier cosa que resulte en la insatisfacción del cliente.

El valor de sigma indica qué tan seguido pueden aparecer los defectos. Mientras más grande sea el número de sigmas de un proceso, serán menos los defectos que se produzcan. Según se incrementa el número de sigma, los costos se reducen, al reducir los reprocesos y retrabajos el tiempo de ciclo de producción se acorta, y aumenta la satisfacción del cliente.

- Seis Sigma es una VISIÓN y una FILOSOFÍA de compromiso con los clientes para ofrecer productos con la más alta calidad y al menor costo.
- Es una MEDIDA que demuestra niveles de calidad de ejecución al 99.9997% para productos y procesos.
- Es un BENCHMARK de la capacidad de nuestro producto y proceso para compararlos como los 'mejores de su clase'.

- **Es una aplicación práctica de HERRAMIENTAS y MÉTODOS estadísticos que nos ayuden a medir, analizar, mejorar y controlar nuestros procesos**

Seis Sigma es una visión que reta nuestra manera de pensar con relación a la calidad.

Definición de Seis Sigma como una Filosofía.

Seis Sigma se puede definir como soportada por tres grandes columnas:

1. Enfoque en el Cliente: para asegurar que todas las salidas (del proceso) satisfagan los requerimientos y expectativas del cliente.

Seis Sigma inicia y finaliza con el Cliente y el Consumidor.

El Cliente es(son) la(s) persona(s) que está(n) enseguida a un proceso. Puede ser interno o externo a la empresa.

El Consumidor es el usuario final del producto. Generalmente se le considera como externo; es decir, el propietario o comprador doméstico.

Un "Requerimiento" es un área, sensación o función que será un factor para tomarse en cuenta al decidir una compra o al volver a comprar. Algunos de estos ejemplos son:

- La estufa debe de calentar a la temperatura seleccionada.
- Toda queja debe ser solucionada con prontitud.
- La mercancía debe ser entregada en las bodegas a tiempo.

Seis Sigma inicia con el Requerimiento del Consumidor. Antes de que se pueda iniciar un proyecto 6 Sigma la "Voz del Consumidor" (Requerimiento del Cliente) debe ser traducida a la "Voz del ingeniero" (Requerimientos Técnicos).

El QFD (Despliegue de la Función de Calidad), es el Método de traducción, de los Requerimientos del Cliente, a los Requerimientos Técnicos.

2. **Basada en Datos:** para poder identificar las entradas (al proceso), los procesos y áreas de mejora.

TABLA 1

3 SIGMA vs 6 SIGMA REFERIDO A LOS DATOS

<i>La Empresa 3 Sigma</i>	<i>La Empresa 6 Sigma</i>
Gasta del 15 al 25 % de su ingreso en dólares de ventas en costo de fallas.	Gasta sólo 5% de su ingreso en dólares de ventas en costo de fallas.
Produce 66,807 defectos por cada millón de oportunidades.	Produce 3.4 defectos por cada millón de oportunidades.
Considera que el 99 por ciento es lo suficientemente bueno.	Considera que el 99% NO ES aceptable.

TABLA 2

3 SIGMA vs 6 SIGMA REFERIDO A LA METODOLOGÍA

<i>La Empresa 3 Sigma</i>	<i>La Empresa 6 Sigma</i>
Confía en su servicio de inspección para localizar defectos.	Confía en procesos eficaces que no producen fallas.
Cree que la calidad superior es muy cara.	Reconoce que el productor de alta calidad SIGUE SIENDO el productor de costos bajos.
No tiene un sistema disciplinado para recopilar y analizar los datos.	Utiliza pasos para Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar, Diseñar y Verificar. Establece su propio Benchmark contra el mejor a nivel mundial.
Define internamente los CTQ's (Críticos para Calidad).	Define de manera externa sus CTQ's (Críticos para Calidad).

3. Se apoya en una Metodología Robusta y Sistemática: para poder definir, medir, analizar, mejorar y controlar los procesos.

Ver tabla 2.

Elementos claves de la Metodología.

Los elementos clave que soportan la filosofía Seis Sigma y que aseguran una adecuada aplicación de las herramientas, así como el éxito de esta iniciativa como estrategia de negocios, son los siguientes:

- Identificación de los elementos Críticos para la Calidad (CTQ), de los clientes Externos e Internos.

Los CTQ's o Sistema de CTQ's son dimensiones o parámetros que necesitan ser medidos y/o controlados. El fundamento para todos los proyectos 6 Sigma son los CTQ's (Críticos para la Calidad) y los Requerimientos Técnicos deben definirse de antemano.

- Realización de los análisis de los modos y efectos de las fallas (AMEF).

- Utilización del DoE para identificar las variables críticas.
- Hacer Benchmarking permanente y establecer los objetivos a alcanzar, sin ambigüedades.

Definición de Seis Sigma como una Medida.

En general, los procesos estándar tienden a comportarse dentro del rango de tres (3) Sigma, lo que equivale a un número de casi 67.000 DPMO, si ocurre un desplazamiento de 1,5 Sigma; esto significa un nivel de calidad de apenas 93,32 %, en contraposición con un nivel de 99,9997 % para un proceso de Seis Sigma. Comparativamente, un proceso de Tres Sigma es 19.645 veces más malo (produce más defectos) que uno de Seis Sigma.

TABLA 3

FACTORES DE REDUCCIÓN DE DEFECTOS.

Capacidad de Proceso	PPM DPMO	Reducción de defectos
2	308,537	
3	66,807	Reducir los defectos por un factor de~5
4	6,210	Reducir los defectos por un factor de~11
5	233	Reducir los defectos por un factor de~26
6	3.4	Reducir los defectos por un factor de~68

(Distribución desplazada $\pm 1.5 \sigma$)

Sigma es una unidad estadística de medida que refleja la capacidad del proceso. La escala Sigma de medida está perfectamente correlacionada con tales características como los defectos por unidad, partes por millón defectuosos y la probabilidad de falla / error.

Los niveles de defectos se reducen de manera exponencial conforme aumentan los niveles Sigma de un valor al siguiente (no-lineal).

Definición de Seis Sigma como una Herramienta.

Seis Sigma no es solo Herramientas y Estadística. Es muy fácil para cualquiera que este investigando acerca de Seis Sigma llegar a concluir (erróneamente) que se trata solamente de un conjunto mas de herramientas y estadística. Esto se debe fundamentalmente a que la mayor parte del material disponible, consultores e instructores generalmente solo hablan de las herramientas (tecnología dura) y su aplicación en proyectos tácticos (con resultados iniciales espectaculares), dejando de lado el aspecto cultural y organizacional (tecnología blanda) que complementan el lado estratégico de Seis Sigma.

Cualquier organización que caiga en esta trampa pronto descubrirá que además de algunos buenos resultados (generalmente de reducción de costos) su éxito como organización genuinamente Seis Sigma será limitado, llegando inclusive a desaparecer para formar parte de la colección de iniciativas de mejoramiento fallidas en anteriores oportunidades.

Esto crea en las organizaciones e individuos un sentimiento de frustración y aversión hacia cualquier nueva iniciativa de mejora, catalogándolas como "the new flavor of the month", otra moda más.

Seis Sigma tiene que ver con el cambio y es aquí donde la apropiada selección y aplicación de herramientas puede ayudar en ese proceso de cambio y transformación de la organización.

Para los que ya han trabajado con otras iniciativas de mejora anteriores, las herramientas que utiliza Seis Sigma no son nada nuevas: Diagrama causa-efecto, Mapas de Procesos, Diseño de Experimentos, Cartas de Control, Prueba de hipótesis, Encuestas, Capacidad de Procesos, entre otras (ver 2.6:

Herramientas Utilizadas). Las herramientas por si solas no crean el cambio requerido para transformar a una organización.

Las organizaciones crean el cambio cada vez que detectan amenazas (riesgos) y oportunidades, y sobre todo, toman acciones al respecto. Para ello, los ejecutivos y gerentes deben seleccionar y asignar los recursos (los mejores) requeridos para alcanzar los nuevos objetivos y metas. Al utilizar Seis Sigma como estrategia y filosofía de negocios, se debe contar con el decidido y genuino compromiso por parte de la alta gerencia. Sin este requisito, es difícil, sino imposible lograr cambio alguno.

Quizá uno de los elementos más importantes en cualquier iniciativa Seis Sigma sea el establecimiento de una infraestructura especialmente diseñada para promover y sostener el cambio en la organización, además de un claro y sólido liderazgo que permita modificar los sistemas y estructuras que afectan a Seis Sigma, estableciendo el compromiso requerido, gerenciando la resistencia (siempre presente) y sobre todo monitoreando la aceptación de la cultura Seis Sigma.

2.3. Diferencias entre los métodos Seis Sigma.

En la metodología Seis sigma, existen dos métodos, el método DMAIC y el método DMADV.

Seis Sigma como Método DMAIC

La metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) se utiliza cuando un proceso o producto existente no satisface los requerimientos del cliente o tiene un pobre desempeño.

En su forma básica, el proceso DMAIC debe ser usado cuando un producto o proceso existente puede ser mejorado para alcanzar o exceder los requerimientos del cliente y al mismo tiempo apoyar las metas de negocio. DMAIC comprende los siguientes elementos:

Definir: Definición del equipo de trabajo, de los clientes de los procesos, sus necesidades y requerimientos, así como la creación de un mapa de los procesos a ser mejorados.

Medir: Identificación de los elementos y medidas clave de efectividad y eficiencia y su conversión y adecuación dentro del concepto de Seis Sigma.

Analizar: A través del análisis, el equipo puede determinar las causas raíz de los problemas que necesitan ser resueltos y mejorados.

Mejorar: La suma de todas las actividades relacionadas con la generación, selección e implantación de soluciones.

Controlar: Asegurar que las mejoras introducidas sean sostenibles en el tiempo.

Seis Sigma como Método DMADV

La metodología DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify) se utiliza cuando el producto o proceso no existe y requiere ser desarrollado o uno existente (con pobre desempeño) debe ser rediseñado en su totalidad.

DMADV comprende los siguientes elementos:



Definir: Determinar objetivos y desarrollo.

Medir: Identificar las necesidades del Cliente o el Consumidor y convertirlas en requerimientos de diseño medibles: CTQ's.

Analizar: Identificar y desarrollar diseños de alto nivel que mejor satisfagan a los CTQ's.

Diseñar: Desarrollar los detalles de diseño y optimizarlo para que se pueda construir.

Verificar: Construir o desarrollar un producto o proceso piloto para verificar la actuación de los CTQ's.

Diferencia fundamental:

DMADV: se utiliza en estudios de procesos similares.

DMAIC: se utiliza en estudios de procesos existentes.

2.4. Areas de aplicación.

Cualquier empresa que desee mejorar de forma significativa su competitividad a través de la mejora de sus procesos y operaciones puede implementarla.

Seis Sigma es una metodología rigurosa para la aplicación de herramientas estructuradas para resolver problemas. Ésta se puede aplicar donde se puedan definir defectos.

Los proyectos pueden estar en las áreas de Manufactura, Comercial y Transaccional.

Los proyectos de manufactura se enfocan en las áreas de producción, principalmente, donde existe flujo de materiales.

Seis Sigma no es solo para Manufactura. Si bien su aplicación esta ampliamente difundida en el mundo de la manufactura, los sectores no manufactureros (transaccionales o de servicios) se pueden beneficiar mucho mas allá de lo logrado en las plantas de manufactura. Para ello las organizaciones deben establecer un compromiso que genere una cultura de toma de decisiones basada en datos, soporte inter-funcional, enfoque en los

procesos y principalmente, regidos por un buen conocimiento de los requerimientos del cliente.

Contrario a lo que se cree, en una planta de manufactura se ejecutan muchos procesos no manufactureros; por ejemplo: Manejo de ordenes de compra y ventas, Ingeniería y compras, Recursos humanos, Sección legal, servicio, garantía, etc. El denominador común: PROCESOS. No importa si se trata del mantenimiento de una red de computadoras, el análisis de un crédito, facturación o gerencia de activos, todos están conformados por procesos que pueden ser medidos, analizados, mejorados y controlados.

Los proyectos comerciales se enfocan a los procesos que están muy cerca del cliente o consumidor.

2.5. Herramientas utilizadas.

Dentro del arsenal de herramientas utilizadas para soportar Seis Sigma, se encuentran casi todas las conocidas en el mundo de la Calidad tradicional, TQM, etc. Se pueden mencionar entre otras:

- Mapeo de procesos.

- Estructura de árbol.
- Análisis de Pareto.
- Gage R&R
- Subgrupos racionales
- Proceso de línea base.
- Análisis de tolerancia.
- Procesos de Mejora Continua.
- Diseño / Rediseño de Procesos.
- Análisis de Varianza, ANOVA.
- Cuadro de Mando Integral.
- La Voz del Cliente.
- Pensamiento Creativo.
- Prueba de hipótesis.
- Regresión.
- Diseño de Experimentos, DoE.
- Gerencia de los Procesos.
- Control Estadístico de Procesos, SPC.

2.6. Justificación y Beneficios de utilizar la metodología Seis Sigma.

El objetivo global es a largo plazo, pero en las organizaciones nos vemos obligados a presentar resultados a corto plazo

también, mientras trabajamos en el largo plazo. Seis Sigma permite cumplir simultáneamente con ambos objetivos a la vez.

Ésta metodología busca maximizar la productividad del negocio, eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón, al tiempo de satisfacer las expectativas del cliente. (Ver tabla 3)

TABLA 4

COMPARACIÓN ENTRE LA CALIDAD TRADICIONAL Y 6 σ

Calidad Tradicional	Seis Sigma
• Centralizado	• Los Black Belts reportan directamente dentro de las funciones
• No hay estructura formal para la aplicación de herramientas	• El uso estructurado de herramientas estadísticas para ayudar a solucionar problemas
• Carece de soporte en el empleo de herramientas	• Estructura de apoyo para la gente que utiliza las herramientas
• Para tomar decisiones combinan Datos con presentimientos'	• Decisiones basadas en Datos
• Enfocado hacia poner "remiendos o parches"	• Causa raíz - Solución Sólida
• Le falta capacitación estructurada	• Entrenamiento estructurado en estadística aplicada
• Inspección de calidad (enfoca en 'Y')	• Controla las entradas de proceso (las X)

CAPÍTULO 3

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Este problema está relacionado con problemas que surgieron en el lanzamiento al mercado de un nuevo producto, el cual requiere una mejora y además el cumplimiento de normas de seguridad.

Según se puede apreciar claramente en las recomendaciones del capítulo seis, lo que hace exitoso un proyecto Seis Sigma es: La especificidad, agregar valor, que sea mensurable y que tenga infraestructura. Y al definición de este problema debe cumplir con esos requisitos.

3.1. Definición del proyecto Seis Sigma.

La definición de un problema no termina con emitir el enunciado del mismo, adicionalmente a este, se deben señalar cuales son

los factores o elementos involucrados con el estudio de donde surgirán las variables dependientes como las independientes.

En la terminología de Seis Sigma, la variable de respuesta también llamada variable dependiente es denominada como "Y"; las variables independientes denominadas "X" son aquellas cuya variación afecta directamente a la variable de respuesta (Y). Estas las estaremos definiendo más adelante en los numerales 3.3. y 3.4.

Es importante tener una correcta definición del enunciado del problema. Dicho enunciado debe incluir la "Situación Actual" y la "Situación Deseada". (Ver recomendaciones en el Cap. 6)

Para la definición de la situación actual y deseada del problema, se utilizó el QFD.

El detalle de sus beneficios se pueden apreciar mas adelante en las herramientas usadas para la definición del problema.

Definición de la situación actual:

1. Las cubiertas de las estufas de 24 pulgadas quedan descuadradas (descentradas) al ser ensambladas, el ancho de la parte frontal de la estufa no es el mismo que el de la parte posterior, esto según los requerimientos de un cliente externo. Esto también se detectó a partir de las inspecciones de calidad percibida. (ver en el capítulo 1.5, Pruebas de Calidad Percibida)
2. Estufas seleccionadas aleatoriamente se sometieron a pruebas de estructura requeridas por normas nacionales e internacionales, las cuales es indispensable cumplir para poder vender el producto al mercado. (ver en el capítulo 1 numeral 5., pruebas de estructura), esto como instrumento para optimizar y mejorar la calidad del producto y cumplir con las necesidades y exigencias del cliente.

Definición de la situación deseada:

1. Uniformidad en el 100% de la producción en el ancho de la estufa, tanto en la sección frontal como en la posterior, según las especificaciones de diseño.

2. Pruebas de estructura favorables.

Las personas con los cargos mostrados en la tabla 5 fueron seleccionados para participar en el "Equipo de Apoyo Técnico" para la ejecución del proyecto. En el capítulo 6 se especifican algunas recomendaciones para realizar ésta selección:

TABLA 5

CARGOS INVOLUCRADOS PARA EL EQUIPO DE APOYO TÉCNICO.

Ing. Calidad Metalistería
Ing. Calidad Acabados
Ing. Calidad Ensamble
Ing. Calidad Proveedores
Ing. de Metrología
Ing. Manufactura Metalistería
Coordinador de Acabados
Ing. Manufactura Ensamble
Ing. de Diseño
Operadores / Obreros

Análisis financiero de la posible mejora. Los costos que varían directamente con la producción, las ventas o el volumen de servicios son, en términos generales los siguientes:

Materiales, Mano de obra, Consumibles, Empaques, Garantías, Concesiones, Transportación y Almacenamiento.

Costos por Materiales.

Se pretende eliminar los materiales que forman parte del producto o son producto secundario del proceso, tal como el desperdicio.

Los materiales del producto a eliminar serían elementos adicionales al ensamble, tales como tuercas, soportes y tornillos. (ver figura 1.16.)

Un objetivo preliminar será:

1. Eliminar 4 soportes superiores, los cuales se implantaron como acción correctiva al problema generado por las pruebas de fuerzas verticales.
2. Al eliminar los soportes superiores, se eliminan por ende, 4 tornillos.
3. Eliminar 2 tuercas fijas, las cuales contribuyen en el ensamble de la estufa. El detalle se indica en el numeral 3.4. en la obtención de las variables a controlar.

Costos por mano de obra.

Vale aclarar, que mi objetivo personal, con el desarrollo de este proyecto no es el de eliminar mano de obra en los procesos, sino incrementar la productividad de quienes laboran en ellos.

El objetivo es mejorar las actividades de la fuerza de trabajo que transforman los materiales y componentes en productos finales.

Al eliminar componentes como tuercas, tornillos y soportes, disminuyen las actividades de la mano de obra por cocina, y esto incrementa su productividad.

Además, al eliminarse la tuerca simple (subcapítulo 3.4.) se contribuye con la seguridad del trabajador, ya que no necesitará usar sus dedos para sujetarla al ensamblar con tornillos.

Costos por Consumibles.

Los consumibles son los materiales o productos que se consumen durante el proceso productivo tales como lubricantes, abrasivos, desmoldantes, guantes, etc.

Se elimina el uso de guantes en el primer ensamble, al eliminarse el uso de la tuerca simple.

Costos por empaques.

En todo proyecto, también se busca eliminar o reducir el gasto por materiales para empaquetar los productos, ya que los cuales son tirados por los consumidores y no le dan valor agregado al producto. En el caso de éste estudio, este costo no se ve alterado.

Costos por Garantía y llamadas de servicio.

Son los cargos por reparaciones de defectos en el campo. Este costo no se lo puede determinar, ya que aún no existe ningún valor referencial de llamadas de servicio, ya que el producto está saliendo al mercado en la actualidad.

Costos por Transporte.

Son los costos por acarreo de materiales y componentes a las plantas y costos de transportación de los productos al mercado. Los distribuidores, previo al desembarque de las estufas en sus bodegas, estos hacen una inspección visual del producto (calidad percibida), los mismos que al detectar anomalías en el artefacto lo devuelven y facturan a la compañía el costo del transporte de cada estufa devuelta a la planta.

Costos por Almacenamiento.

Son los costos asociados con el almacenamiento de las materias primas o de los productos. No se aplican en éste estudio.

Un cálculo preliminar indica que el ahorro que puede generar éste proyecto es mayor a los USD 30.000,00 al año, según la tabla 6. Vale señalar que no se han considerado en el cálculo factores no cuantificables, el prestigio de la marca, además, la mejora de la calidad percibida del producto, lo cual es un factor importante para incrementar las ventas y desarrollar nuevos mercados.

TABLA 6

AHORRO PRELIMINAR DEL ESTUDIO.

Costos	Concepto	Costos anuales (USD)
Materiales	4 Tornillos 4 Soportes 2 Tuercas	25000
Mano de obra	Productividad Seguridad	5000 No cuantificable
Consumibles	---	---
Empaques	---	---
Garantía y llamadas de servicio	---	2000
Transporte		
Devolución	Estufas	2000
Almacenamiento	---	1000
TOTAL (USD)		35000

3.2. Herramientas usadas para la definición del problema.

Como se mencionó anteriormente, la definición de un problema no termina con el enunciado, a más de las herramientas usadas como fueron el QFD y el CTQ, hay que definir dentro de las variable involucradas (definidas previamente por el equipo de apoyo técnico) las variables que se asume intervienen o influyen con el proceso, las que llamaremos "X's potenciales" y para ello, se describirán otras herramientas efectivas como el mapa de procesos y la espina de Ishikawa, la cuál será muy útil en el plan de muestreo.

A continuación se describe el uso de estas herramientas.

Despliegue de la función de calidad (Q.F.D.)

Ésta herramienta es usada para determinar cuales son los requerimientos del cliente y traducirlos a los requerimientos técnicos.

Requerimiento del cliente interno y externo. Nuestros clientes, que en éste caso son los responsables del diseño y la manufactura de la estufa, requieren que el ensamble de la estufa se de sin problemas de calidad percibida específicamente, en la cubierta de la estufa.

Requerimiento técnico. Podemos traducir el requerimiento del cliente a un requerimiento técnico como la necesidad de fabricar estufas según las especificaciones de diseño referido al ancho de la misma.

Críticos para la calidad (CTQ). Se determino junto con el equipo de apoyo técnico los críticos que afectan a la calidad, éstos son las perforaciones involucradas con el ensamble de los componentes involucrados.

Mapa de proceso.

El mapa de procesos es una herramienta clave para identificar oportunidades de mejora, es un auxiliar gráfico donde se plasman de manera abstracta todos los pasos del proceso.

Esta herramienta fue usada para determinar los procesos críticos en el ensamble de la estufa, y los críticos en los procesos de manufactura de los componentes involucrados con el estudio, como se verá en los subcapítulos 3.3. y 3.4. donde finalmente se los determina.

Pasos para crear un Mapa de Procesos.

- Definir las fronteras del proceso.
- Corroborar el orden del mapa con el equipo de apoyo.
- Utilizar la simbología para facilitar el análisis.
- Validar el mapa de proceso. (corroborar que todas las operaciones estén incluidas)



Es conveniente el análisis por mapeo de los puntos claves del negocio, nuestro análisis hace referencia a una mejora de calidad y una mejora en el flujo de producción.

3.3. Definición de las variables a monitorear.

Las variable de respuesta o las "Y" de nuestro proyecto, son 2:

Y1: Ancho de la estufa en su sección frontal.

Y2: Ancho de la estufa en su sección posterior.

Y3: Ancho interno del frontal.

En la figura 3.1. se especifica el ancho de la estufa, el cual debe mantenerse en 610 mm., tanto en la sección frontal como en la posterior, correspondiente a la variable Y1 y Y2. Empíricamente, se venía manteniendo una tolerancia de ensamble de ± 1 mm., los estudios que se realizarán en la etapa de medición, determinarán la validez de ésta tolerancia.

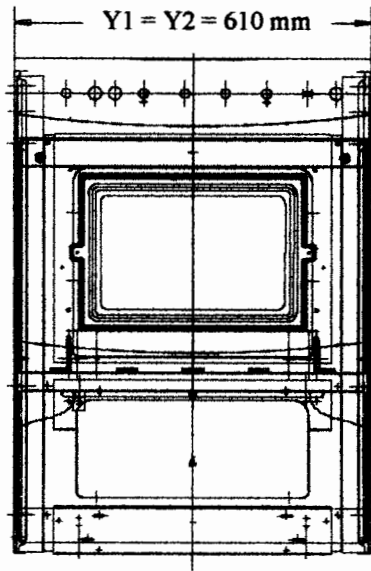


Figura 3.1. Ancho de la estufa.

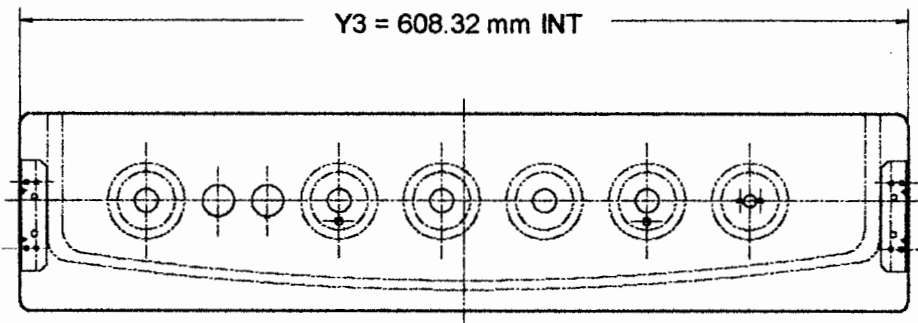


Figura 3.2. Ancho interno del frontal.

En la figura 3.2. se especifica el ancho interno del frontal, el cual debe mantenerse en 608.32 mm., correspondiente a la

variable Y3. La tolerancia de diseño es de ± 0.5 mm., los estudios que se realizarán en la etapa de medición, determinarán la validez de ésta tolerancia. Esta variable se la analizará midiendo la pieza en crudo.

3.4. OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES A CONTROLAR.

Las variables potenciales "X" que afectan a la "Y" surgirán a partir de una lluvia de ideas con el equipo de apoyo técnico, quienes tienen pleno conocimiento de las variables que intervienen en el proceso de fabricación y ensamble de la estufa. A más de esto, el mapa de proceso será una buena herramienta para facilitar ésta tarea. De los elementos involucrados con el estudio, mencionados en el capítulo 1.4., obtenemos las primeras X's potenciales, de las cuales será necesario calcular sus capacidades de proceso.

Las "X potenciales" que afectan a la variable de respuesta Y1 "ancho de la estufa en la sección frontal" referidas como críticos para la calidad (CTQ'S), se detallan a continuación:

Y1 : ANCHO DE LA ESTUFA EN SU SECCIÓN FRONTAL.

X1 : Posición de la perforación izquierda de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

X2 : Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del marco de horno.

X3 : Posición de la perforación derecha de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

$$Y1 = X1 + X2 + X3$$

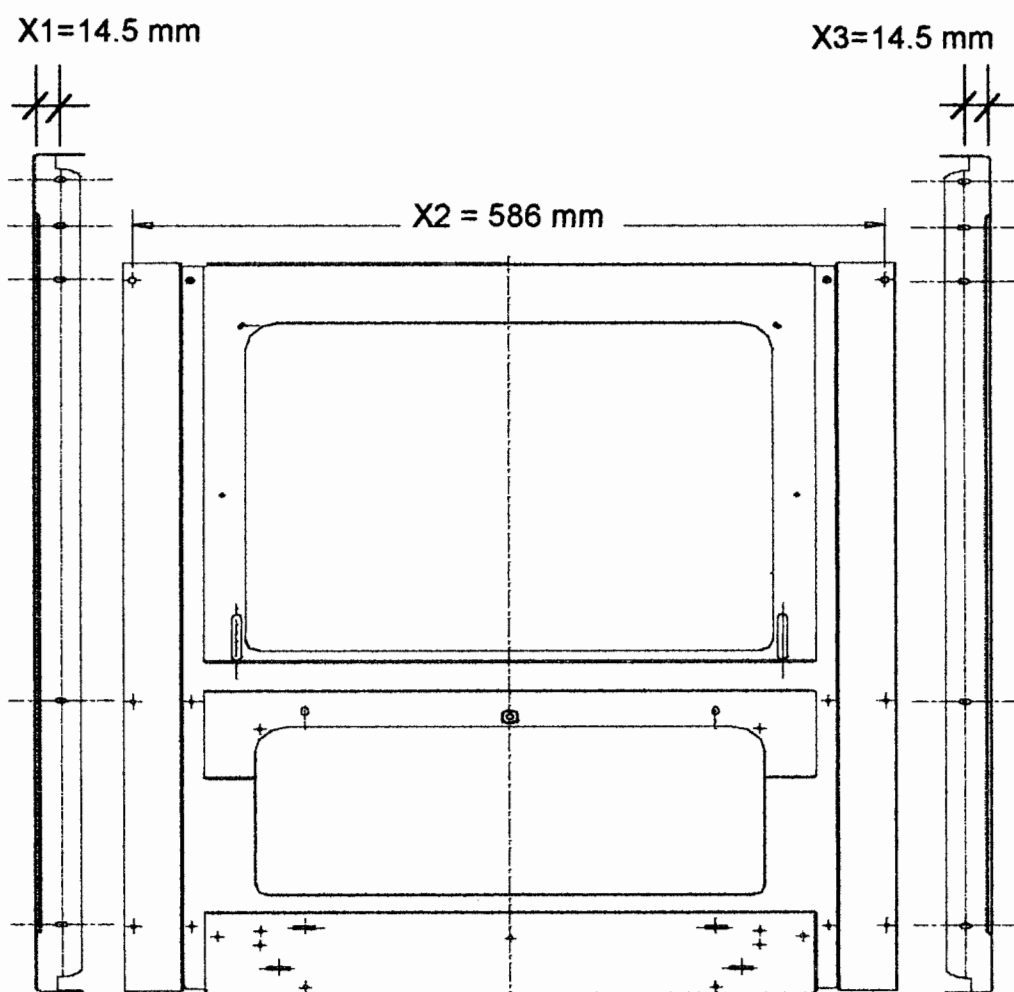


Figura 3.3. Ensamble de cuerpo de horno con laterales.

A continuación se observará con mejor detalle las perforaciones de ensamble involucradas en la figura 3.3.

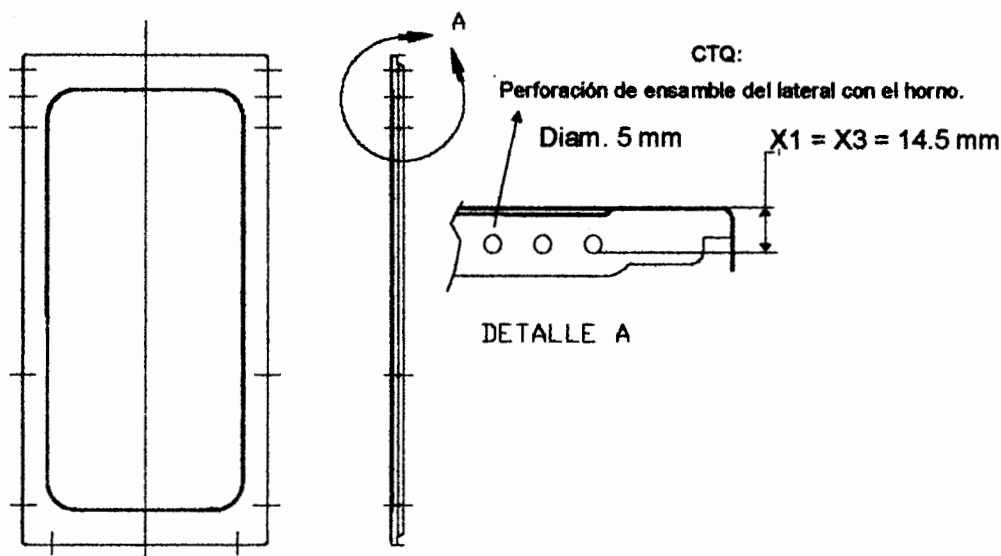


Figura 3.4. Perforaciones de ensamble del lateral con el horno de la estufa.

En la figura 3.4. se puede apreciar la posición de las perforaciones de ensamble del lateral con cuerpo de horno, el cual se determinó previamente como un crítico para la calidad. El valor nominal entre la perforación y la superficie del lateral será de 14.5 mm. según lo indica el detalle A, siendo éste el mismo para las variables X1 y X3. La tolerancia de diseño es de ± 0.5 mm.

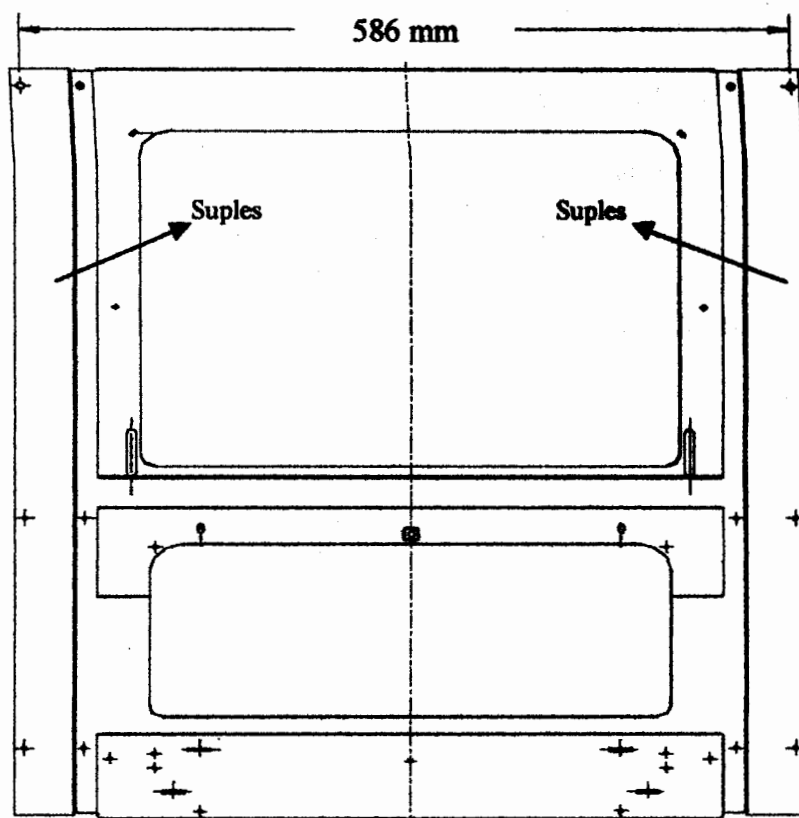


Figura 3.5. Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del marco de horno.

En la figura 3.5. se muestra el ensamble entre los suples y el marco de horno, el cual forma la parte frontal de la estructura del horno de la estufa. La distancia entre las perforaciones de los suples es de 586 mm., siendo esta la variable X2.

Las "X potenciales" que afectan a la variable de respuesta Y2 "ancho de la estufa en su sección posterior" referidas como críticos para la calidad (CTQ'S), se detallan a continuación:

Y2 : ANCHO DE LA ESTUFA EN SU SECCIÓN POSTERIOR.

X3 : Posición de la perforación derecha de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

X4 : Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del espaldar de horno.

X1 : Posición de la perforación izquierda de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

Por diseño, las variables X1 y X3 son las mismas. Lo mismo sucede con las variables X2 y X4. Mantener controladas éstas variables permitirá que el ancho de la estufa en la sección frontal, sea el mismo en la sección posterior.

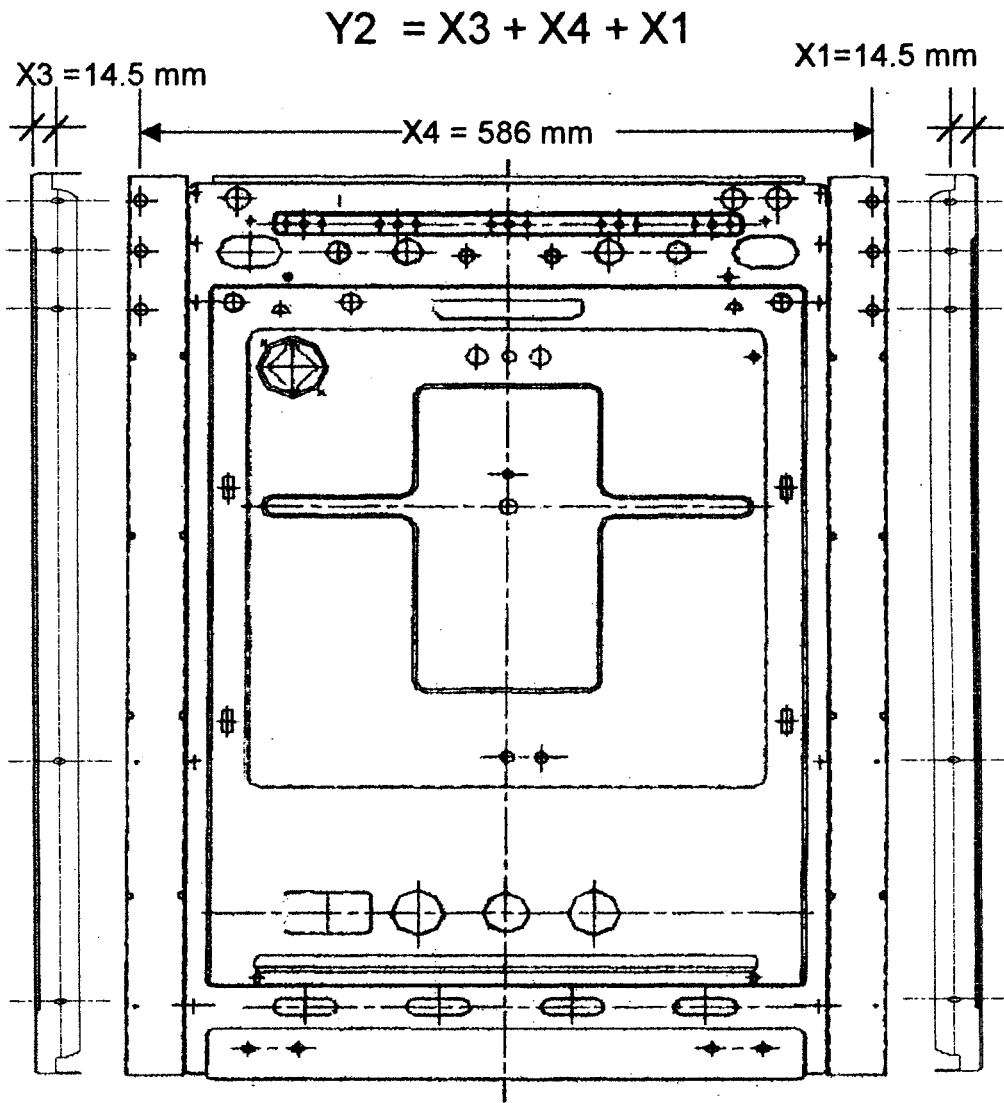


Figura 3.6. Ensamble de espaldar de horno con laterales.

A continuación se observará con mejor detalle las perforaciones de ensamble involucradas en la figura 3.6.

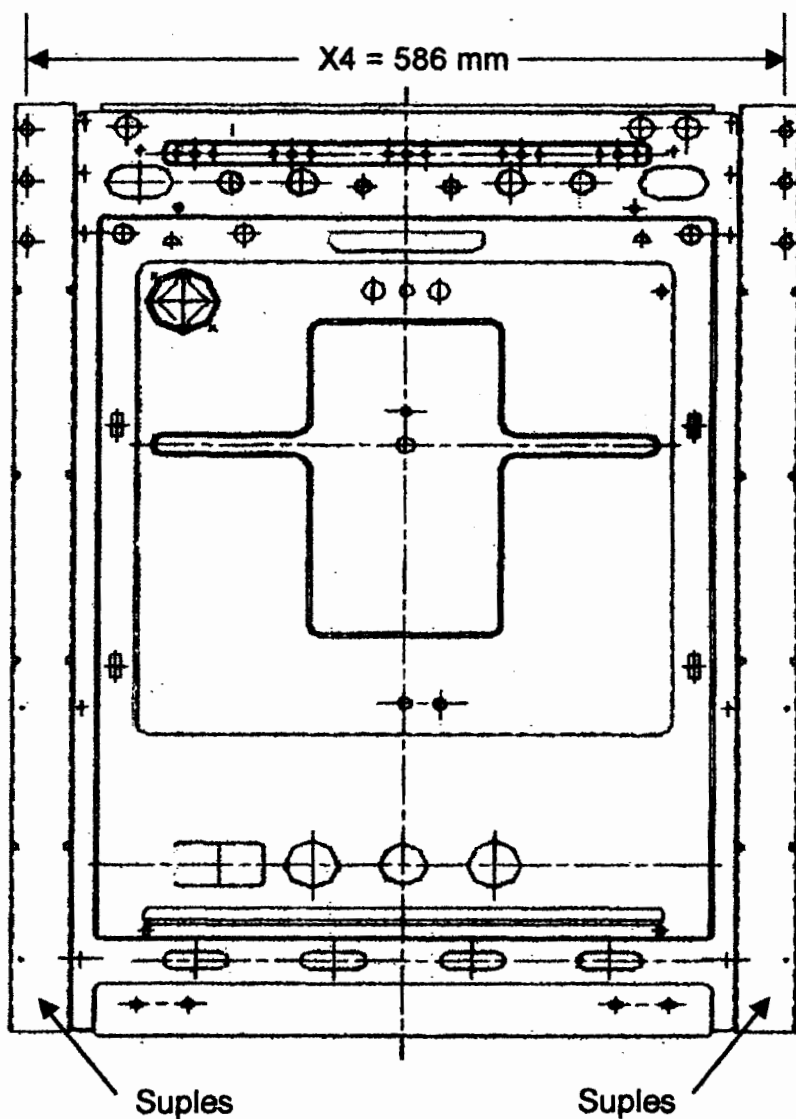


Figura 3.7. Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del espaldar de horno.

La figura 3.7. muestra el ensamble entre los suples y el espaldar de horno, formando la parte posterior de la estructura del horno de la estufa. La medida nominal entre las perforaciones de los

suples es de 586 mm. con una tolerancia de diseño de ± 0.5 mm. (igual que en el marco de horno), siendo esta la variable X4.

Los detalles del lateral se pueden apreciar en la figura 3.4.

La suma de dos veces el valor de la distancia de las perforaciones de ensamble de los laterales con el cuerpo de horno y la distancia entre las perforaciones de los suples en el marco o espaldar de horno dan el ancho de la cocina. Ancho cocina = $Y1 = Y2 = (X1 + X2 + X3) = (X3 + X4 + X1)$. Ver figuras 3.3. y 3.6. Por diseño, el ancho de la sección posterior de la cocina, debe ser el mismo que el ancho de la sección frontal. Esto se confirmará en la etapa de medición. (Cap. 4)

Las "X potenciales" que afectan a la variable de respuesta Y3 "ancho de la cubierta" referidas como críticos para la calidad (CTQ'S), se detallan a continuación:

X3 : ANCHO INTERNO DEL FRONTAL.

X5: Posición de Perforación de soporte en frontal.

X6 : Distancia entre perforaciones de soportes en el frontal.

X7: Ancho de la cubierta. Ésta es una restricción del sistema. No vamos a medir la capacidad de proceso de ésta variable, sino que se asumirá como un valor fijo.

El ancho de la cubierta (variable X7) no influye en el ancho interno del frontal, pero si es una restricción del sistema, ya que la cubierta se ensambla dentro del frontal, razón por la cual se la ha considerado como tal.

Como se puede apreciar en la figura 3.8. y 3.9., la posición de la perforación del soporte en el frontal es la misma tanto para el soporte que va a la izquierda o a la derecha, es decir, existe un solo diseño para el soporte, y este puede ir a la izquierda o derecha del frontal, por ello se considera una sola variable.

$$Y3 = X5 + X6 + X5$$

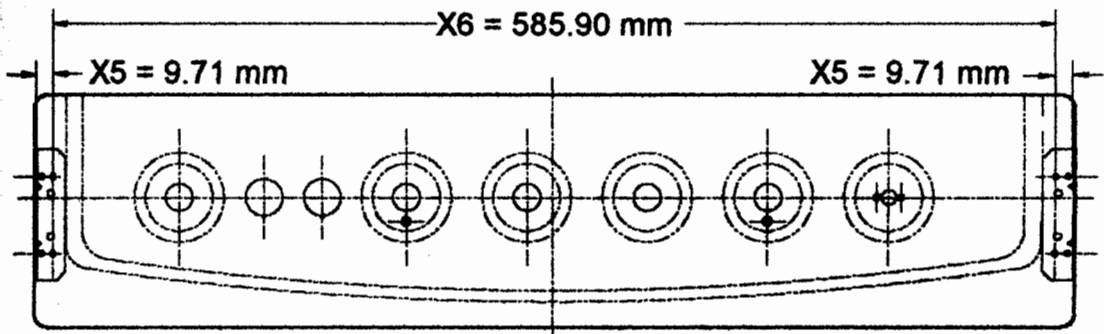


Figura 3.8. Ensamble de soportes en frontal.

Gráficamente, en la figura 3.8. se puede apreciar el valor de las variables a medir. A continuación se muestra en la figura 3.9. el soporte que va soldado a los lados del frontal.

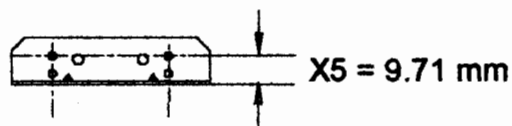


Figura 3.9. Posición de perforación en soporte de frontal.

La medida nominal de la perforación de ensamble del soporte a su superficie exterior es de 9.71 mm con una tolerancia de ± 0.5 mm, éste valor corresponde a la variable X5, esta medida se la hará desde la perforación hasta la superficie lateral del frontal,

una vez que el soporte ya esté soldado. Luego del proceso de medición, determinaremos como afecta el contacto entre estas dos partes a la tolerancia.

La medida nominal entre los soportes del frontal es de 585.90 mm. con una tolerancia de ± 0.5 mm. (variable X6). Estas perforaciones determinan la posición del frontal, el cual determina la posición de la cubierta.

No se hará la medición de la cubierta, el valor nominal para el ancho de la cubierta en su sección frontal que se asumirá como restricción es de 607.40 mm. como lo indica la figura 3.10. La tolerancia de diseño será de ± 0.5 mm.

Compararemos en la etapa de medición el ancho interno del frontal con el valor nominal del ancho de la cubierta, esto, ya que como se mencionó anteriormente, la cubierta se ensambla dentro del frontal.

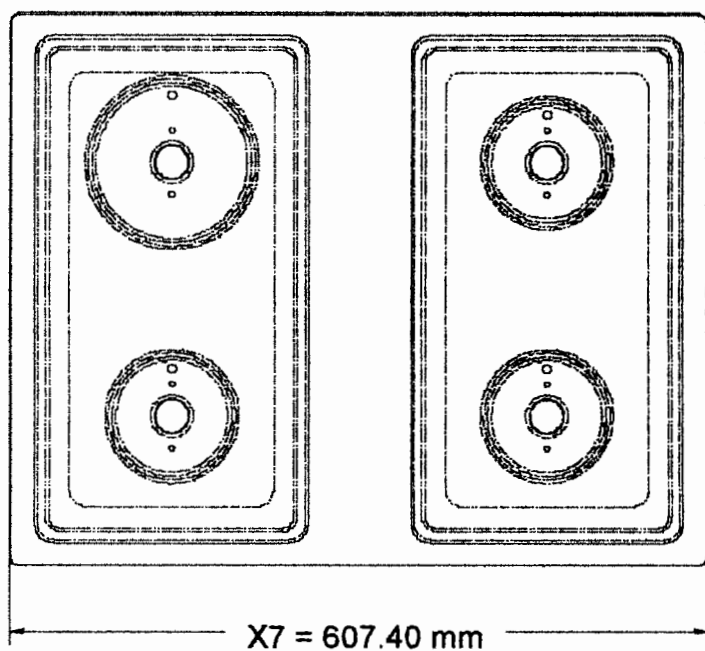


Figura 3.10. Ancho de la cubierta.

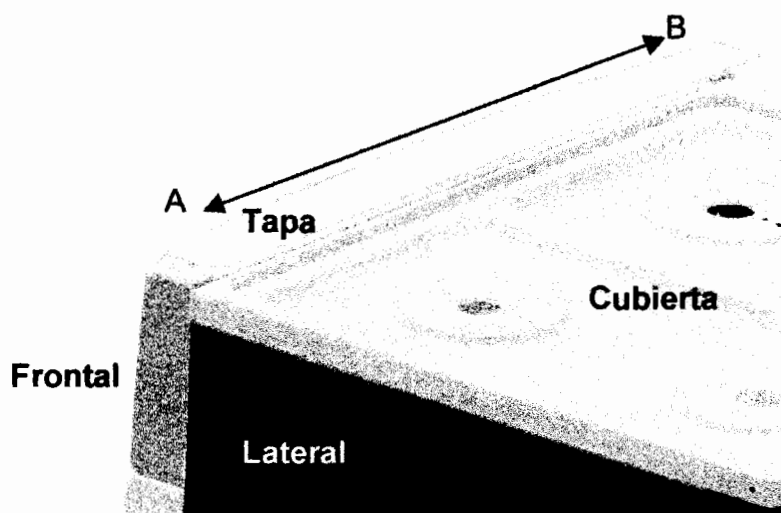


Figura 3.11. Vista posterior del ensamble de la cubierta en el frontal.

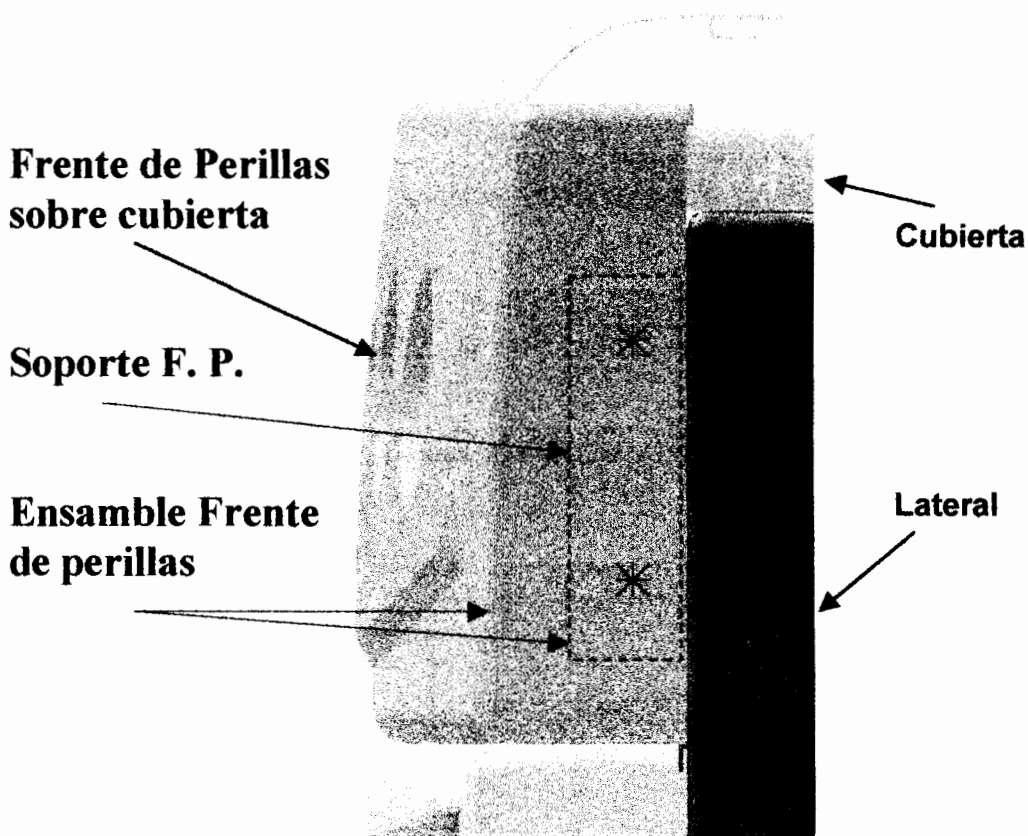


Figura 3.12. Vista lateral del ensamblaje entre la cubierta y el frontal.

La posición del frontal es una restricción del sistema, ya que si éste está desplazado en dirección A o B según lo indica la figura 3.11., entonces la cubierta se verá desplazada en esa misma dirección, afectando a la apariencia en el ensamblaje final. Esto lo determinará la perforación de ensamblaje de los soportes del frontal con el lateral. (Variable X5)

Tanto en las figuras 3.11., 3.12. se describe el ensamble entre el frontal y el frente de perillas.

La figura 3.13. muestra claramente la posición de la cubierta dentro del frontal.

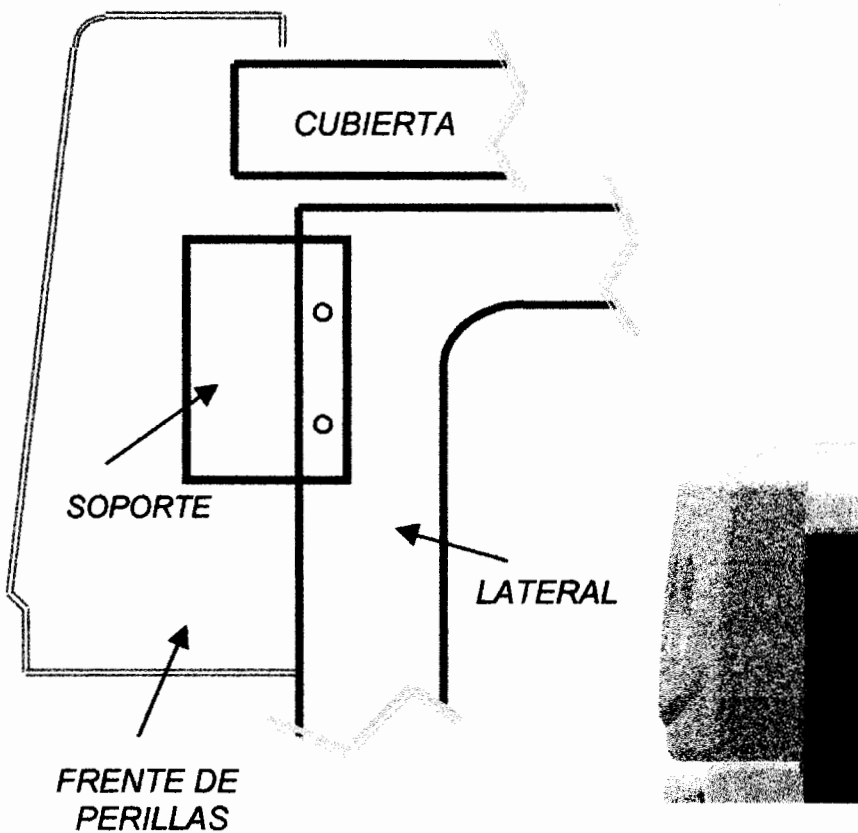


Figura 3.13. Esquema del ensamble entre la cubierta y el frontal.

CAPÍTULO 4

4. MEDICIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.

El propósito del análisis de los sistemas de medición es proporcionar un método objetivo de analizar la validez del sistema de medición.

Uno de los objetivos será identificar y comprender los componentes de variación de la medición, además de identificar las oportunidades de mejora.

El fundamento de cualquier proyecto es la medición.

¿Que tan buenos son nuestros datos realmente?. Para confiar plenamente en nuestros datos, es necesario validar el sistema de medición que utilizaremos.

4.1. Medición de las Variables involucradas.

La metodología Seis Sigma está fundada en la idea de tomar decisiones basadas en datos. Los datos que alimentan esta decisión hacen que el proceso sea confiable. Las decisiones basadas en datos no confiables no son diferentes a las decisiones tomadas sin tener datos.

Para ello existe un estudio llamado Gage R&R.

El estudio Gage R&R es un método usado para analizar un sistema de medición, así determinar la cantidad y el tipo de variación (error) cuando se mide algo.

El estudio Gage R&R nos permite:

- Determinar si el error de medición es pequeño y aceptable relativo a la variación del proceso o especificación del producto.
- Determinar la confianza de la certeza de los datos.
- Obtener una adecuada resolución del Gage.

- Enfocar los esfuerzos de mejora si la variación de la medición es inaceptable.

¿El sistema de medición es lo suficientemente bueno para la recolección de datos?. El estudio Gage R&R tiene la respuesta.

Para poder tener mas claro el concepto de medición, revisar el anexo 4, en el se encuentra la explicación de algunas variables involucradas con ésta actividad, la cual es subestimada por muchos, sin embargo, podría resultar compleja. Recuerde que las decisiones tomadas a partir de datos erróneos, no se diferencian de las decisiones tomadas al azar.

4.2. Validación de los métodos de medición.

Para validar los sistemas de medición de cada variables usaremos el plan Gage R&R.

Plan de Estudio del Gage R&R.

1. Identificar el tipo de datos.

Los datos pueden ser continuos, discretos o no medibles.

Los discretos pueden ser de dos tipos, binarios (solo dos opciones) y por categorías (más de dos opciones).



La recolección de datos y el método de análisis depende del tipo de los datos.

2. Identificar las fuentes de variación.

Sería bueno hacerse la pregunta ¿Cuáles son las causas de ésta variación?. Se pueden usar diagramas de espina de pescado para identificar las posibles causas de variación del sistema de medición. Las fuentes de variación pueden ser designadas dentro del estudio Gage R&R.

3. Seleccionar las muestras.

Para seleccionar las muestras para datos continuos, se debe seleccionar muestras que cubran el rango completo de observaciones esperadas. La variación de la muestra deberá ser representativa de la variación actual del proceso.

4. Recolección de datos.

- Use el procedimiento típico de medición.
- Asegúrese de que el instrumento esté calibrado.
- Asegúrese de que tenga la resolución adecuada.
- Use al menos dos operadores.
- Generalmente mida 10 unidades.

- Cada unidad será medida 2 o 3 veces por cada operador.

5. Análisis de datos.

Para el análisis de los datos tenemos el método corto y el método ANOVA.

El método corto proporciona una indicación rápida de la variación total de la medición en el proceso de obtención de datos. Éste método no proporcionará información alguna de la contribución de la Repetibilidad o Reproducibilidad en la variación total de la medición.

El método ANOVA estima la variación debida a la repetibilidad del equipo de medición y la reproducibilidad entre los operadores, ya que los errores por estos factores se determinan por separado. Da un mejor estimado de la variación ocurrida por la medición, por lo que requiere más recolección de datos que el método corto.

En ningún caso usaremos el sistema corto para medir alguna variable. En todos los casos de variables continuas usaremos el método anova.

Usaremos la tabla ANOVA para determinar como contribuye el operador, las partes y la interacción entre operador y parte en la variación de las mediciones. Si el valor p de la prueba es menor de 0.05, entonces, podemos decir con al menos el 95% de confianza que esta variable contribuye significativamente con el total de la variación.

El Gage R&R tiene la facultad de indicar la contribución del operador y de las partes con la variación de los datos a través del factor p de la prueba de hipótesis.

La variación del sistema de medición es determinada usando el estudio del Gage de Repetibilidad y Reproducibilidad.

Variación Total de datos = Variación causada por las diferencias entre partes + Variación del sistema de medición.

La variación observada de cualquier grupo de datos es la suma de la variación real de las partes mas la variación del sistema de medición.

La variación de la medición es el resultado de la variación causada por la repetibilidad y la reproducibilidad, ésta variación está representada en las tablas por la desviación estándar (StdDev).

Para validar el sistema de medición se analizarán tres factores:

1. La contribución del sistema de medición (Gage R&R), el porcentaje del estudio de variación, y el porcentaje de tolerancia.
2. La contribución del Gage R&R se lo obtiene de la Varianza (VarComp) total del Gage R&R $((StdDev)^2)$ respecto a la Varianza del Total de la variación. Éste es un indicador de cómo contribuyó el error de la medición en la variabilidad de los datos.
3. El porcentaje de Estudio de Variación se usa para comparar la variación de la medición y la variación del proceso. Es una medición de que tan bueno es el sistema de medición para usarse en el control del proceso. Se lo obtiene de la desviación estándar del Gage respecto a la desviación

estándar de la variación total. La variación del proceso es determinado por la variación de las muestras. Por lo tanto, es extremadamente importante escoger piezas que representen la variación del proceso real.

El porcentaje de tolerancia es una medida de qué tan bien el sistema puede determinar si un producto está fuera o dentro de especificación. Se usa para comparar la variación de la medición con respecto a los límites de especificación. Se lo obtiene de comparar 5.15 veces la desviación estándar del Gage con respecto a la tolerancia.

Existen tres criterios de evaluación del sistema de medición, los cuales resultan de los porcentajes de contribución del gage R&R, y del porcentaje del estudio de variación. El % de tolerancia nos indicará si debemos tomar medidas correctivas respecto a la tolerancia de diseño.

Aceptable: Si los tres porcentajes son menores de 20%.

Condicional: Si mínimo un porcentaje está entre 20% y 30%.

Inaceptable: Si mínimo un porcentaje es mayor que 30%.

Se debe tener cuidado con el riesgo asociado al tener un sistema de medición inaceptable al medir el proceso. Se debe mejorar el sistema de medición inaceptable o incondicional antes de generar los datos.

Existe un factor primordial adicional para validar el sistema de medición, éste es el número de categorías distintivas.

El número de Categorías Distintivas representa el número de intervalos de confianza que no se traslapan y que abarcan el rango de la variación del producto. Se considera también como el número de grupos dentro de sus datos de proceso que puede discernir su sistema de medición. Se lo obtiene de la relación entre la desviación estándar de parte a parte con respecto a la desviación estándar del gage multiplicado por 1.41.

Para un número de categorías distintivas menor a 2, se considera un valor no válido para tomar decisiones del control del proceso.

Para un número de categorías entre 2 y 3, se considera un valor válido para decisiones binarias (pasa o no pasa).

Para un número de categorías distintivas mayor o igual a 4, se considera un valor aceptable para tomar decisiones del control del proceso. Se afirma que el sistema de medición tiene una resolución suficiente.

En la figura 4.1. se puede apreciar la tabla modelo, la cual contiene todos los indicadores mencionados anteriormente, los que servirán para validar cada sistema de medición, los cuales se muestran en el apéndice E.

Adicionalmente a éstos indicadores usaremos herramientas gráficas, tales como gráficas de control de promedio y de rango, de promedio de las mediciones de los operadores, del promedio de las mediciones de las partes y de la interacción entre operadores y partes.

Ejemplo de Gage RyR Método ANOVA

La Ventana de Sesión tiene todo el análisis numérico...

Gage RyR Study - ANOVA Method

Gage RyR for Thickness

La Tabla de ANOVA es la base de los estimados de varianza del Gage RyR.

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	2.05871	0.228745	39.7178	0.00000
Operator	2	0.04800	0.024000	4.1672	0.03256
Operator*Part	18	0.10367	0.005759	4.4588	0.00016
Repeatability	30	0.03875	0.001292		
Total	59				

Si el valor de "p" es menor de 0.05, entonces puede decir con al menos el 95% de confianza que esta variable contribuye significativamente con el total de la variación

Gage RyR

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage RyR	0.004438	0.066615	0.34306
Repeatability	0.001292	0.035940	0.18509
Reproducibility	0.003146	0.056088	0.28885
Operator	0.000912	0.030200	0.15553
Operator*Part	0.002234	0.047263	0.24340
Part-To-Part	0.037164	0.192781	0.99282
Total Variation	0.041602	0.203965	1.05042

¿Recuerdas el valor de 5.15?

σ gage
 σ repetibilidad
 σ reproducibilidad

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage RyR	10.67	32.66	17.15
Repeatability	3.10	17.62	9.25
Reproducibility	7.56	27.50	14.44
Operator	2.19	14.81	7.78
Operator*Part	5.37	23.17	12.17
Part-To-Part	89.33	94.52	49.64
Total Variation	100.00	100.00	52.52

%GR&R
 (GR&R como % de tolerancia)

Number of Distinct Categories = 4

El Número de Categorías indica la adecuada resolución del gage (deberá ser ≥ 4)

GR&R como % de GR&R Estudio de variación de la muestra

Figura 4.1. Tabla de análisis para validar los sistemas de medición.

(La nomenclatura en ingles proviene del software MINITAB, ver

traducción en apéndice E)

A través de tablas y gráficas se analizarán los resultados obtenidos de los sistemas de medición de las variables especificadas en el capítulo anterior, y con ello se validan los sistemas de medición, los cuales serán usados para calcular las capacidades de proceso de dichas variables.

Inicialmente se validarán los sistemas de medición para las variables de respuesta o variables dependientes, denominadas Y's, y luego las variables independientes, denominadas X's.

A continuación se explica en que consistió el sistema de medición de cada variable. En el apéndice E se mostrarán los valores que resultaron de la medición de muestras para validar todos los sistemas de cada variable (dependiente e independiente), y además el análisis para validarlos.

Sistemas de medición de las variables de respuesta Y's.

Las variables de respuesta "Y" son:

Y1= El ancho de la cocina, sección frontal.

Y2= El ancho de la cocina, sección posterior.

Y3= El ancho interno del frontal.

Para medir el ancho de la cocina en la sección frontal y en la posterior se usan dos sistemas de medición diferentes, por lo que es necesario validar ambos sistemas de medición.

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE:

Y1 = ANCHO DE LA COCINA EN SU SECCION FRONTAL.

Para medir el ancho de la estufa en su sección frontal, se utilizó un calibrador Vernier digital, con una capacidad de medir 24 pulg. (610 mm) y una resolución de 0.01 mm.

La especificación de diseño para ésta medida es de 610 mm., con una tolerancia de 2 mm. (Ver figura 3.1.)

El lugar de medición es la línea de ensamble.

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE:

Y2 = ANCHO DE LA COCINA EN SU SECCION POSTERIOR.

Para medir el ancho de la estufa en su sección posterior, se utilizó un calibrador Vernier digital, con una capacidad de medir 24 pulg. (610 mm) y una resolución de 0.01 mm.

La especificación de diseño para ésta medida es de 610 mm. con una tolerancia de 2 mm. (ver figura 3.1.), es decir, que por diseño, el ancho posterior de la estufa debe ser el mismo que el de la sección frontal.

El lugar de medición es la línea de ensamble.

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE:

Y3 = ANCHO INTERNO DEL FRONTAL.

Para medir el ancho interno del frontal, se utilizó un calibrador Vernier digital, con una capacidad de medir 24 pulg. (610 mm) y una resolución de 0.01 mm.

La especificación de diseño para el ancho interno del frontal es de 608.32 mm. con una tolerancia de ± 0.5 mm. (ver figura 3.2.).

El lugar de medición es en un laboratorio de metrología, necesariamente sobre una mesa de mármol nivelada.

Validación del sistema de medición de las variables independientes X's.

Las variables independientes X's se clasifican según la variable de respuesta Y. Estas ya fueron identificadas en el capítulo anterior. Así tenemos:

X1 = Posición de la perforación izquierda de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

X2 = Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del marco de horno.

X3 = Posición de la perforación derecha de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

X4 = Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del espaldar de horno.

X5 = Posición de Perforación de soporte en frontal.

X6 = Distancia entre perforaciones de soportes en el frontal.

X7 = Ancho de la cubierta. (Variable no mensurable, ya que se asumió su valor como restricción)

Todos los componentes serán medidos en el laboratorio de metrología, necesariamente sobre una mesa de mármol nivelada.

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LAS VARIABLES:

X1 = X3 = POSICIÓN DE LA PERFORACIÓN (IZQUIERDA Y DERECHA) DE ENSAMBLE DEL LATERAL CON CUERPO DE HORNO.

El sistema es válido para las perforaciones de la sección izquierda y derecha del lateral. Las mismas que sirven para el ensamble del lateral con el marco de horno y con el espaldar de horno.

La especificación de diseño para ésta medida es de 14.50 mm. con una tolerancia de ± 0.5 mm, ver figura 3.4.

Para medir ésta variable, se utilizó un medidor de altura digital con palpador de carátula, la resolución del instrumento es de 0.01 mm.



El sistema de medición para la perforación izquierda y derecha de ensamble de los laterales con el horno, son los mismos, por lo que habrá necesidad de validar el sistema para cualquiera de los dos lados únicamente y usarlo para medir ambas variables (X1 y X3).

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE:

X2 = DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES DE ENSAMBLE DE LOS SUPLES DEL MARCO DE HORNO.

Para medir la distancia entre perforaciones de suples en el marco de horno, se utilizó un medidor de altura digital con palpador de carátula, la resolución del instrumento es de 0.01 mm.

La especificación de diseño para ésta medida es de 586.00 mm. con una tolerancia de ± 0.5 mm, ver figura 3.5.

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE:

X4 = DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES DE ENSAMBLE DE LOS SUPLES DEL ESPALDAR DE HORNO.

Ya que la distancia entre perforaciones de suples del espaldar es la misma que la del marco de horno, se utilizó el mismo sistema de medición, pero hubo la necesidad de validarlos a ambos, ya

que había cierta dificultad adicional para hacer la medición entre las perforaciones del espaldar.

Para medir la distancia entre perforaciones de suples en el espaldar de horno, se utilizó un medidor de altura digital con palpador de carátula, la resolución es de 0.01 mm.

La especificación de diseño para ésta medida es de 586.00 mm. con una tolerancia de ± 0.5 mm, ver figura 3.7.

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE:

X5 = POSICIÓN DE PERFORACIÓN DE SOPORTE EN FRONTAL.

Para medir la perforación en soportes de frontales respecto a la sección lateral del frontal, se utilizó un medidor de altura digital con reloj de carátula, con una resolución de 0.01 mm.

La especificación de diseño para tal distancia es de 9.71 mm. con una tolerancia de ± 0.5 mm. ver figuras 3.8. y 3.9.

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE:

X6 = DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES DE SOPORTES EN EL FRONTAL.

Para medir la distancia entre perforaciones de ensamble de soportes del frontal, se utilizó un medidor de altura digital con reloj de carátula, con una resolución de 0.01 mm.

La especificación de diseño para ésta variable es de 585.90 mm. con una tolerancia de ± 0.5 mm. ver figura 3.8.

SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE:

X7 = ANCHO DE LA CUBIERTA.

A esta variable no se le calculará el valor de su capacidad de proceso, sin embargo se realizará una validación de su sistema de medición para posteriores estudios. Para medir el ancho de la cubierta, se utilizó un calibrador Vernier digital, con una capacidad de medir 24 pulg. (610 mm) y una resolución de 0.01 mm.

La especificación de diseño para ésta medida es de 607.40 mm. y una tolerancia de ± 0.5 mm., ver figura 3.10.

Una vez que se ha determinado los sistemas de medición para todas las variables, se presenta en la tabla 7, los resultados obtenidos de cada uno de ellos, los cuales se presentan en detalle en el apéndice E.

TABLA 7

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA VALIDACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN, APÉNDICE E.

Variable	Contribución de la parte	Contribución del Operador.	%Contribución del Gage R&R	% Estudio de variación del Gage R&R	% Tolerancia del Gage R&R	Número de distintas categorías	Criterio de Evaluación del Gage R&R y de Estudio de Variación
Y1	0.00	* <u>0.30</u>	0.27	5.18	9.37	27	Aceptable
Y2	0.00	0.03	1.99	14.10	** <u>27.37</u>	10	Aceptable
Y3	0.00	* <u>0.24</u>	2.02	14.22	** <u>23.22</u>	10	Aceptable
X1, X3	0.00	0.00	4.69	<u>21.66</u>	11.66	6	<u>Condicional</u>
X2	0.00	* <u>0.57</u>	0.86	9.26	** <u>44.65</u>	15	Aceptable
X4	0.00	* <u>0.83</u>	7.24	<u>26.90</u>	** <u>70.98</u>	5	<u>Condicional</u>
X5	0.00	* <u>0.90</u>	1.94	13.92	** <u>33.82</u>	10	Aceptable
X6	0.00	* <u>0.19</u>	0.05	2.17	** <u>77.69</u>	65	Aceptable
X7	0.00	0.00	0.28	5.26	** <u>26.14</u>	27	Aceptable

* No afecta al % de Contribución del Gage R&R.

** Modificar tolerancias de diseño.

Los sistemas de medición que resultaron condicionales, pueden ser modificados en el transcurso del proyecto, en este caso, no se registrará tal modificación.

A continuación se muestran los instrumentos usados en la medición.

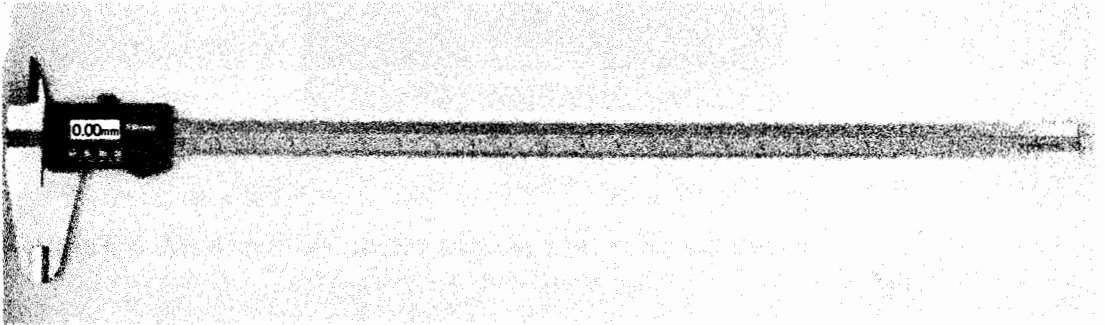


Figura 4.2. Calibrador Vernier digital, capacidad 24 pulg.



Figura 4.3. Resolución de 0.01 mm. del Calibrador Vernier digital.

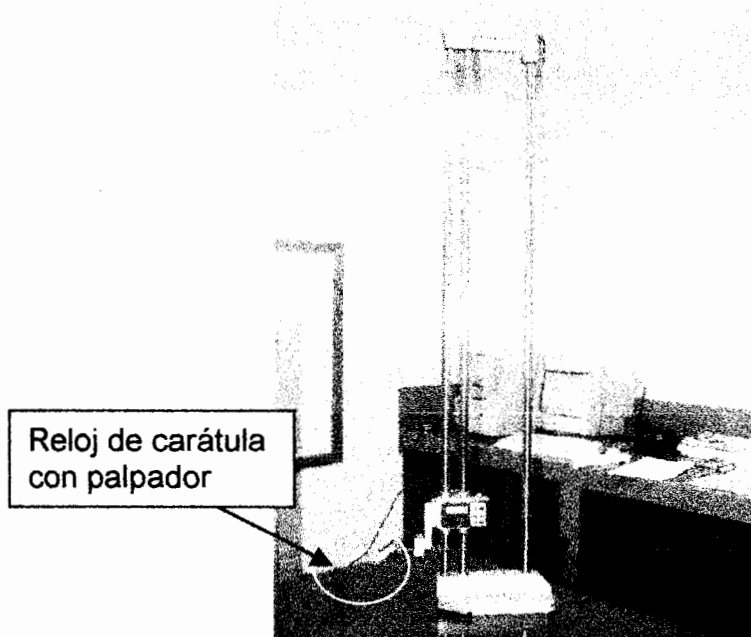


Figura 4.4. Medidor de altura digital con reloj de carátula.

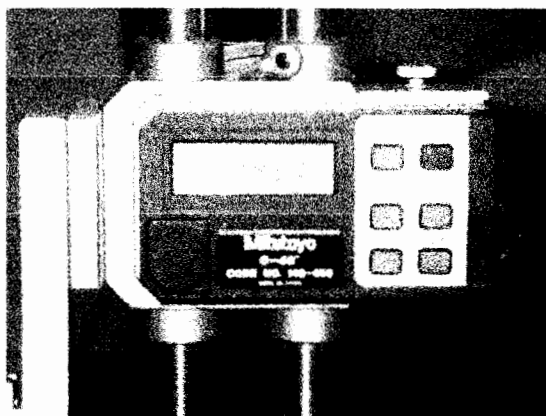


Figura 4.5. Resolución de 0.01 mm. del Medidor de altura digital.

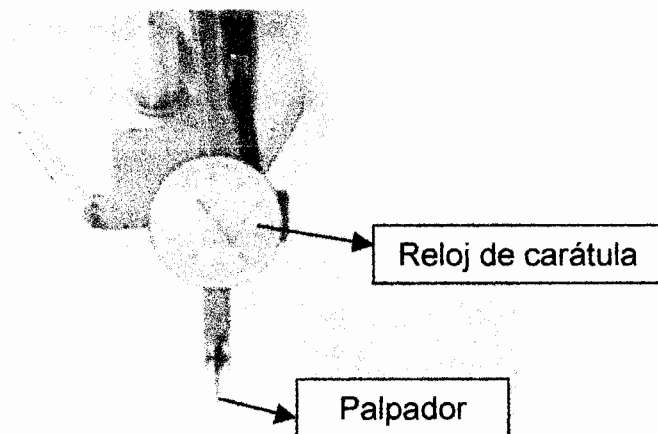


Figura 4.6. Reloj de carátula con palpador.

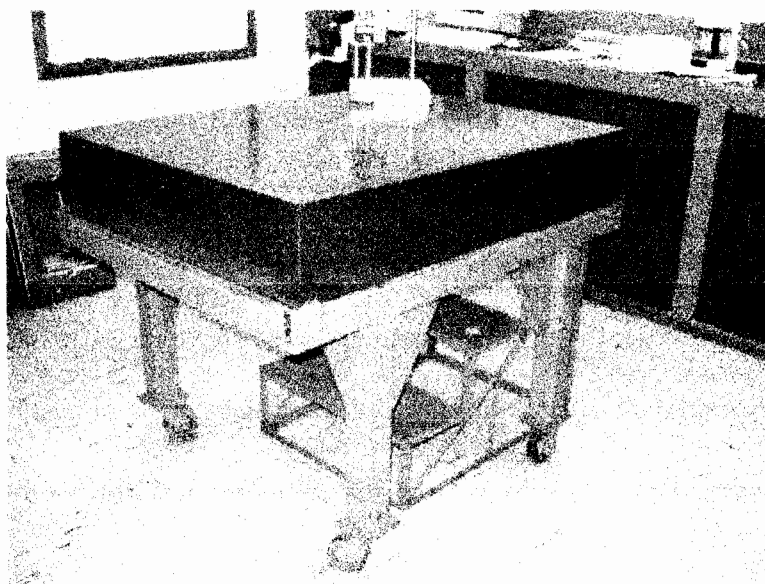


Figura 4.7. Mesa de Mármol nivelada.

4.3. Recolección de datos. Línea base.

La variación como la raíz de los males industriales.

Tanto Seis Sigma como el Control Total de la Calidad (CTC) se orientan a la reducción de la variabilidad de los procesos, pues la variabilidad es la responsable de la generación de defectos en un proceso. Los defectos que se escapan de nuestros filtros de inspección llegan a los clientes impactando la calidad de nuestros productos afectando tarde o temprano a nuestras ventas; mientras que los defectos que son detectados y corregidos (Retrabajo, scrap, etc.) impactan a los costos de operación y por lo tanto a la productividad.

La variación en los procesos constituye una de las fuentes principales de insatisfacción en los clientes; si se encuentra su causa raíz y se elimina, los clientes sentirán la diferencia. No siempre se obtiene el mismo producto o servicio con el mismo nivel de conformidad a lo especificado y de forma consistente y repetitiva; por ejemplo, cuándo fue la última vez que usted:

- Fue de compras a una tienda y escogió la cola de pago más lenta.

- Recibió un corte de cabello más corto o más largo que lo usual, distinto a como Ud. lo quería.
- Decide comprar unos zapatos y en la tienda se encuentra con el vendedor más ignorante de todos.

Posiblemente en más de una oportunidad fue atendido rápidamente en la cola de pago de la tienda, recibió el corte de cabello perfecto y se encontró con el vendedor de zapatos más diligente y conocedor de todos. ¿No sería ideal que siempre fuera así?.

A diferencia del Control Estadístico de Proceso, que se concentra en reducir la variación de los procesos provocada por fuentes especiales de variación (Las cuales solo representan del 5-15% de los defectos generados en el proceso), Seis Sigma se concentra en mejorar la capacidad de los procesos reduciendo la variación debido a causas comunes de variación (Lo cual representa del 85-95% de los defectos generados en el proceso).

VARIACIÓN DE RESULTADOS = VARIACIÓN DE CAUSA COMUN + VARIACIÓN DE CAUSA ASIGNABLE.

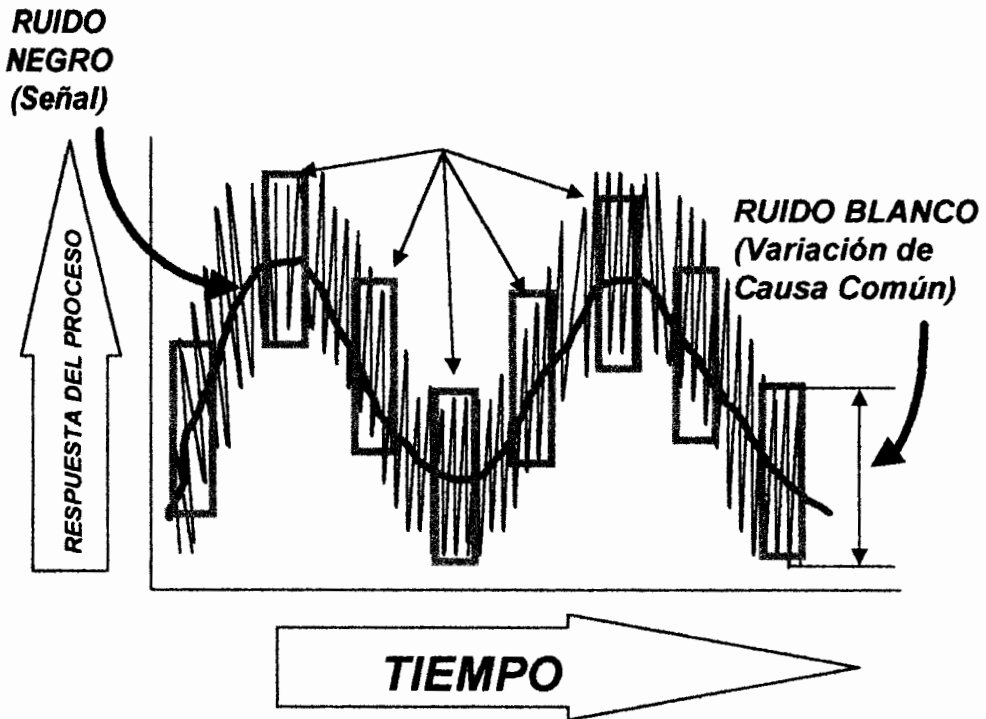


Figura 4.8. Representación en el tiempo del ruido blanco y ruido negro.

Variación de causa común.

Variación de "causa común" es la variación que está presente en cada proceso. También se conoce como "ruido blanco". Esta no es una variación controlable con la tecnología existente. Representa lo mejor que puede ser el proceso con la tecnología actual (capacidad de proceso 'inherente'). En un muestreo basado en subgrupos racionales, los datos dentro de los subgrupos contendrán solamente Variación de causa común.

Variación de causa asignable.

Una variación de "causa asignable" representa las influencias externas en un proceso que causan que este se desplace y desvíe. También conocido como "ruido negro". Esta variación es potencialmente controlable con la tecnología de proceso existente. Esta representa como se desempeña actualmente el proceso a través del tiempo (capacidad de proceso 'sostenido').

La técnica para recolectar datos para la línea de base es el plan de subgrupos racionales.

La variación de causa asignable ocurre entre los subgrupos.

¹**Un Subgrupo Racional** es aquel que representa, lo más cerca posible, un conjunto de condiciones homogéneas. Para obtener subgrupos que tengan la máxima oportunidad de ser racionales, se trata de incluir en una muestra, piezas que fueron hechas lo más aproximado posible al mismo tiempo."

¹ Manual de Control Estadístico de Calidad de AT&T

Hacer subgrupos racionales permite que las muestras por tomarse incluyan solamente ruido blanco, dentro de las muestras. El ruido negro ocurre entre muestra y muestra. Ver figura 4.8.

Los Subgrupos Racionales son la clave para diferenciar las capacidades del proceso a largo o a corto plazo, de las cuales entraremos en detalle en el subcapítulo 4.5.

Para determinar otras variables o X's potenciales, el mapa de proceso fue usado como herramienta de análisis con el equipo de apoyo técnico, el cuál sirvió de para encontrar posibles variables que afecten a las Y's. Ver apéndice C.

Otra herramienta que fue utilizada para ordenar las ideas del equipo de apoyo técnico con el análisis de cada mapa de proceso, es el diagrama de causa - efecto.

Con la ayuda de un diagrama causa-efecto, se determinaron otras variables potenciales (X's) que afectan a la variable de respuesta Y.

Así tenemos que para $Y1 = Y2 =$ "ancho de la estufa" (frontal y posterior), las nuevas variables (variación de causa asignable) se identifican en la figura 4.9.

Adicionalmente a las 4 variables especificadas como X's potenciales, (las cuales se indican en la rama de medición del diagrama causa-efecto de la figura 4.9.), se determinaron otras X's potenciales adicionales, las cuales podrían ser la o las fuentes de variación de causa asignable para Y1 y Y2, estas son:

Tipo de horno. Puede ser con autolimpiante o estándar, estos dos reciben tratamiento térmico diferente.

Orden. Se tomarán muestras en tres diferentes órdenes del turno, estos son: en el arranque del turno, sobre la marcha y antes de finalizar el turno.

Línea de ensamble. Será la línea donde se ensambló la estufa. Existe la línea 1 y 2.

DIAGRAMA CAUSA EFECTO

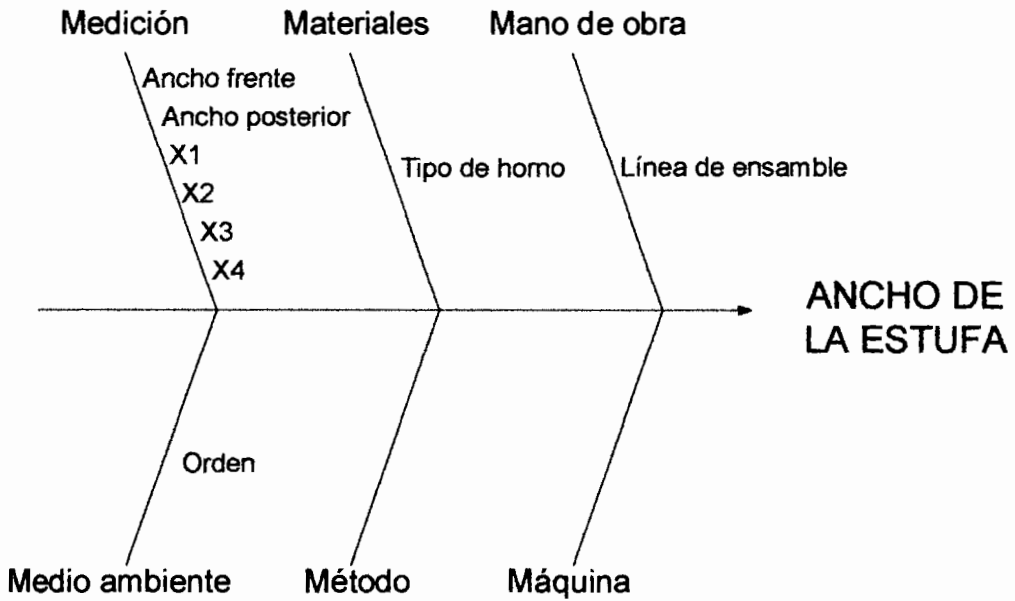


Figura 4.9. Diagrama causa - efecto, ancho de la estufa.

Se identificaron otras variables, las cuales no fueron consideradas en el diagrama de causa efecto, ya que no se les podría dar seguimiento durante toda la etapa de muestreo, estas fueron: Horno reprocesado, plantilla, turno (solo hay un turno).

Para la variable de respuesta Y3 = "ancho interno del frontal" se realizó el siguiente diagrama para obtener las X's potenciales adicionales, según lo indica la figura 4.10. Este plan de subgrupos será en mismo para las variables X5 y X6.

DIAGRAMA CAUSA EFECTO

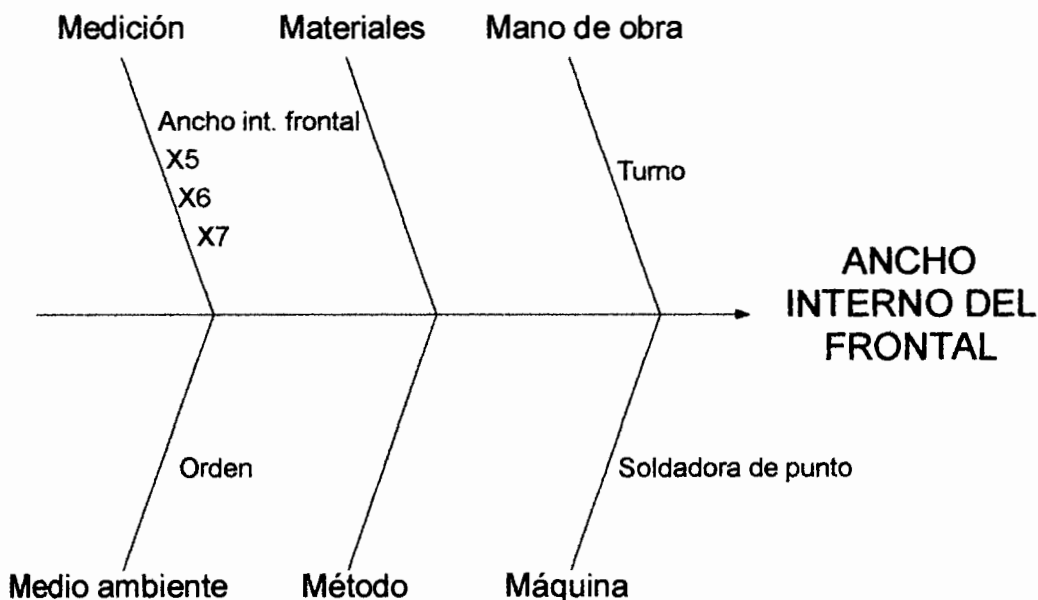


Figura 4.10. Diagrama causa - efecto, ancho interno del Frontal.

Adicionalmente a las 3 variables especificadas como X's potenciales, (las cuales se indican en la rama de medición del diagrama causa-efecto de la figura 4.10.), se determinaron otras X's potenciales adicionales, las cuales podrían ser la o las fuentes de variación de causa asignable que afecten a Y3, estas son:

Turno: Se tomaron muestras del primer y segundo turno.

Orden. Se tomarán muestras en tres diferentes órdenes por turno, estos son: en el arranque del turno, sobre la marcha y antes de finalizar el turno.

Máquina soldadora de punto: Estaba planificado la recolección de muestras de dos máquinas soldadoras donde se sueldan los soportes de los frontales, sin embargo, éste registro no se llevó a cabo por factores ajenos al estudio.

Las variables que no fueron consideradas para el muestreo, por no poderles dar seguimiento durante toda la etapa de muestreo, estas fueron: la máquina de embutición, el reproceso luego de esmaltar y el tipo de acero.

El plan de subgrupos racionales para el muestreo de laterales y medir las variables X_1 y X_3 abarca el turno y el orden del muestreo, ya que el proceso se lo realiza en las mismas máquinas siempre. No se pudo muestras con dos tipos de acero, ya que la producción siempre fue con un solo tipo.

El plan para el muestreo de hornos y medir las variables X_2 y X_4 abarca los siguientes subgrupos: el turno de muestreo, el orden,

el tipo de horno (si es autolimpiante o estándar) y si el horno es reprocesado.

Ya que no se calculará el valor de la capacidad de proceso para la Variable X7 (no se hará línea base), no será necesario elaborar un plan de muestreo.

En el transcurso del proyecto, se pueden añadir o eliminar variables dependiendo de su importancia y la justificación que haya para ello.

En el apéndice F, constan los datos obtenidos del plan de subgrupos racionales para cada variable.

4.4. Verificación de normalidad.

Hasta este punto, se ha recopilado datos de las variables de respuesta "Y" y muchas variables "X" potenciales asociadas. Antes de poder caracterizar sus datos continuos usando herramientas Seis sigma, se debe revisar si los datos son NO-NORMALES.

La normalidad es importante porque todas las herramientas estadísticas de caracterización del proceso se basan en las propiedades de la Distribución Normal.

Utilizando como herramienta, el software MINITAB, ingresamos los datos de la variable a ser analizada, y siguiendo los siguientes pasos:

Stat>Basic Stat> Descriptive Stat

Variable: "el nombre de la variable"

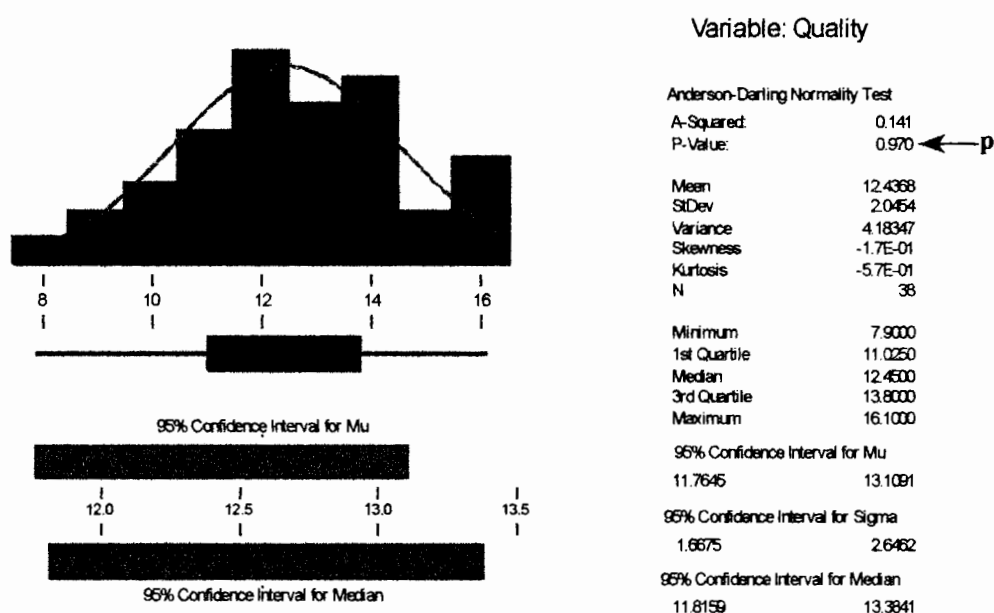
"Graphs"...

"Graphical Summary"

"OK".

Obtendremos los resultados de una prueba de hipótesis, donde se trata de probar la no-normalidad de los datos, si el valor p de la prueba resulta mayor que 0.05 ($p > 0.05$), entonces podremos asumir con al menos 95% de confianza que los datos se consideran normales.

En la figura 4.11. se muestra la comprobación de normalidad de cada variable propuesta por el Software MINITAB y usada en el presente estudio.



Valor $p > 0.05$ - ¡Los datos se consideran normales!

FIGURA 4.11. Comprobación de normalidad propuesta por Minitab.

En la tabla 8 se muestra el valor p de la prueba de normalidad obtenidos a través de Minitab. Las tablas de normalidad de cada una de las variables constan en el apéndice G.

TABLA 8

VALOR P DE PRUEBA DE HIPÓTESIS, PARA PRUEBA DE NORMALIDAD, DE APÉNDICE G.

Variable	p
Y1	0.571
Y2	0.388
Y3 LISO	0.684
Y3 ESTAMP.	0.097
X1	0.271
X2	0.594
X3	0.722
X4	0.147
X5	0.221
X6	0.180

Si $p > 0.05$, los datos se consideran normales.

4.5. Cálculo de capacidades de proceso. Estado Actual.

Se hizo referencia en el numeral anterior acerca de la Variación de causa común (capacidad de proceso inherente), como una variación no controlable con la tecnología, y de la Variación de causa asignable (capacidad de proceso sostenido), como una

variación potencialmente controlable con la tecnología del proceso existente. Estas variaciones, al hacer el muestreo basado en subgrupos racionales, nos permiten obtener las capacidades del proceso a corto y largo plazo.

Capacidad a Corto Plazo.

Es calculada de los datos tomados durante un periodo suficientemente corto para que no haya influencias externas sobre el proceso utilizando la distribución normal (Z). Representa el potencial del proceso $Z_{\text{short time}}$ (Z_{st}).

La Capacidad a Corto Plazo (Z_{st}) representa la capacidad real del proceso, es decir, indica lo mejor que puede estar el proceso. Representa la tecnología del proceso.

Capacidad a Largo Plazo.

Ésta se calcula de datos tomados durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo para que los factores externos puedan influir en el proceso. Los datos de defectos PPM y los datos de rendimiento son, por naturaleza, medidas a largo plazo. Representa el desempeño del proceso $Z_{\text{long time}}$ (Z_{lt}).

Para el cálculo de las capacidades de proceso de cada una de las variables involucradas con el estudio, se hará uso del Minitab.

Una vez confirmado que los datos son normales, se puede proceder a caracterizar el proceso a través de la siguiente ruta, utilizando Minitab for Windows, previamente habiendo ingresado los datos en su totalidad:

Six Sigma > Process Report...

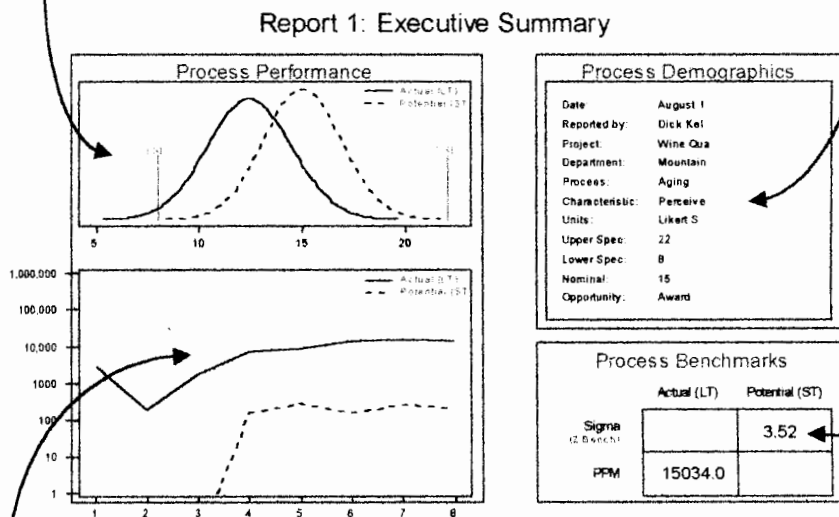
Single column: " Variable "

Subgroup size: " 5 "

En la figura 4.12. se muestra uno de los reportes obtenidos por Minitab, y que nos servirá como herramienta para el análisis de resultados.

Esta gráfica muestra la distribución comparativa de los datos a corto y largo plazo.

Esta información es opcional



Cuando existe un proceso estable, la línea de proceso a largo plazo PPM se mantendrá plana durante varios subgrupos. Esto demuestra que se tienen suficientes datos.

Estos son los valores Z para ambos, largo y corto plazo, al igual que para el nivel correspondiente PPM

Figura 4.12. Reporte 1: Resumen ejecutivo 1, presentado por Minitab.

El rendimiento de proceso potencial (Z_{st}) muestra datos a corto plazo con todas las medias de subgrupos centradas. Ver recomendaciones para mejorar la capacidad de proceso a corto plazo en el capítulo 6.

El rendimiento de proceso actual (Z_{it}) muestra la variación total e incluye cualquier desplazamiento del proceso.

En la figura 4.13. se muestra el segundo reporte presentado por Minitab, donde se muestran índices de capacidad, las gráficas Xbar y Schart, además de las capacidades de proceso a corto y largo plazo.

Con la tabla de índices de capacidad tenemos: el rendimiento del proceso (yield), las partes por millón (PPM), la capacidad potencial a corto plazo (C_p), la capacidad real a corto plazo (C_{pk}), la capacidad potencial a largo plazo (P_p), y la capacidad real a largo plazo (P_{pk}).

Con las gráficas Xbar y Schart se observará puntos de datos fuera de control o indicadores de inestabilidad. Si el proceso tiene capacidad, éstas gráficas deben indicar que está bajo control.

Las gráficas de comparación comparan la capacidad calculada con las especificaciones identificadas.

Report 2: Process Capability for Wine Qua

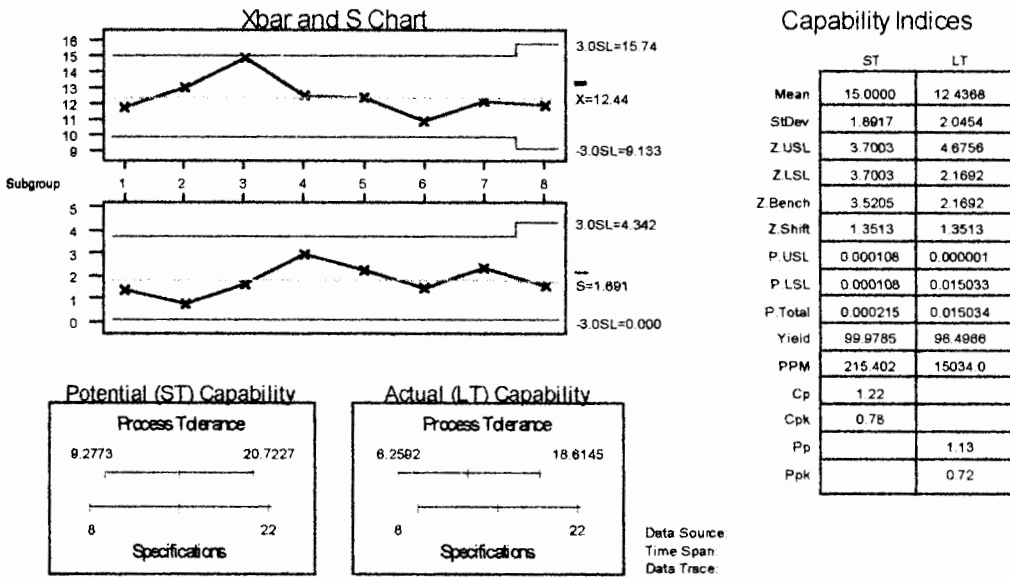


Figura 4.13. Reporte 2: Capacidad de Proceso, presentado por Minitab.

En el apéndice H constan los dos reportes propuestos por Minitab para realizar los análisis de las capacidades de proceso de cada una de las variables y posteriormente determinar el tipo de problema.

En la tabla 9 se muestra los resultados de las capacidades de proceso a corto y largo plazo de cada una de las variables, además del valor de Z.shift obtenidas del apéndice H.

TABLA 9

CAPACIDADES DE PROCESO, DE APÉNDICE H.

Variable	Z _{st} Corto Plazo	Z _{lt} Largo Plazo
Y1	1.43	0.48
Y2	1.17	0.43
Y3 LISO	7	-3.89
Y3 ESTAMP.	7	1.60
X1	4.39	-7.00
X2	0.44	-0.44
X3	3.06	-7.00
X4	0.91	-0.23
X5	1.68	-6.06
X6	1.65	-0.61

4.6. Determinación del tipo de problema.

El objetivo de este capítulo es el diagnóstico del tipo de problema que afecta a la capacidad de proceso de cada una de las variables involucradas con el estudio (X's y Y's).

Así, tenemos que a través de la metodología Seis Sigma, se identificará en cada variable, si el tipo de problema es por:

- Tecnología, control o ambos.
- Centrado, Variación o ambos.

Tecnología o control. Las capacidades de proceso a corto y largo plazo, nos permitirán determinar si el problema es por falta de control o de poca tecnología.

Recordemos una vez mas que $Z.st$ representa la tecnología del proceso, mientras que $Z.lt$ representa la tecnología del proceso combinada con el control de la tecnología.

Un proceso un una capacidad a corto plazo menor a 4.5 ($Z.st < 4.5$) representa un proceso con tecnología pobre. Mientras que si $Z.st$ está entre 4.5 y 6 ($4.5 < Z.st < 6$), representa un proceso con buena tecnología. Ver figura 4.14.

La diferencia entre la capacidad de una proceso a corto y a largo plazo se conoce como: "shift" (desplazamiento):

$$\mathbf{Z.shift = Z.st - Z.lt}$$

Para el cálculo de Z.shift, obtenemos los Z de corto y largo plazo del reporte 1 propuesto por Minitab, según lo indica la figura 4.12. en la tabla de "Process Benchmarks".

$Z_{lt} < Z_{st}$, porque el valor a largo plazo se reduce por el desplazamiento y el cambio del proceso.

Z.shift representa la habilidad para controlar la tecnología, el desplazamiento y desviación del proceso.

En promedio, para un proceso típico, Z.shift debería ser alrededor de 1.5.

Si Z.shift es menor a 1.5 ($Z_{shift} < 1.5$), el proceso tiene mejor control que el promedio de los procesos. Si Z.shift es mayor que 1.5 ($Z_{shift} > 1.5$), el control es inferior al promedio. Ver figura 4.14.

Z.shift ocurre por una Variación de Causa Asignable.

Se debe capturar Z.shift cuando se muestrea considerando las fuentes de variación de causa asignable en el plan de subgrupos racionales.

En el capítulo 6 se exponen algunas recomendaciones respecto a que hacer cuando solamente se tiene uno de los dos datos, ya sean datos a corto plazo o los de largo plazo.

A continuación se exponen en la tabla 10 algunos factores que diferencian el control de la tecnología.

TABLA 10
Z.ST VS Z.LT RESPECTO AL CONTROL Y LA TECNOLOGÍA DEL PROCESO.

Capacidad a Largo Plazo Z.lt	Capacidad a Corto Plazo Z.st
Z.lt = 4.5	Z.st = 6
Ppk = 1.5	Cp = 2
Definido por la tecnología y el control del proceso.	Limitada por la tecnología o el diseño.
Rendimiento de proceso.	*Capacidad de proceso

* "Lo máximo que el proceso puede estar".

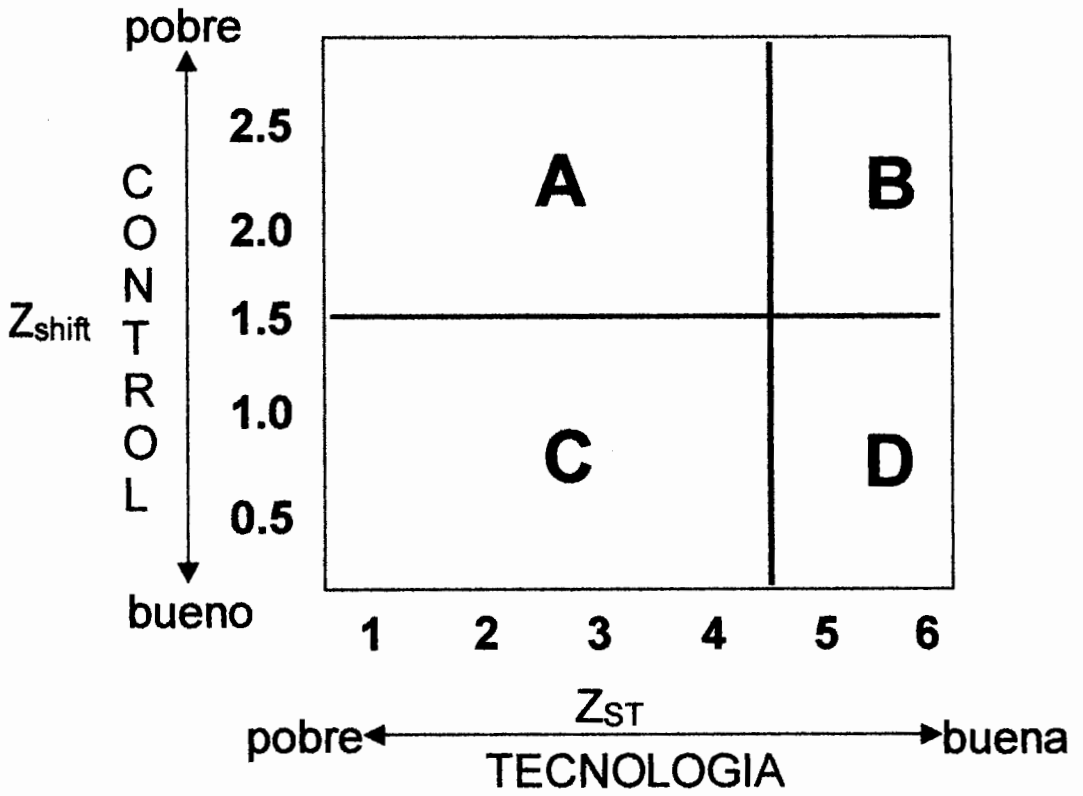


Figura 4.14. Control vs. Tecnología.

De la figura 4.14. podemos apreciar 4 zonas, las cuales se describen a continuación:

A: Control pobre, Tecnología inadecuada.

B: Control pobre, Tecnología adecuada.

C: Buen control de proceso, Tecnología inadecuada.

D: Categoría de clase mundial.

Centrado o Variación. Se determinará el problema de centrado o dispersión (variación) a través de una gráfica de comparación.

A continuación, en la figura 4.15. se muestra un ejemplo de la gráfica de comparación que se usará para determinar si existe problema de centrado o variación en un proceso. (ver figura 4.13)

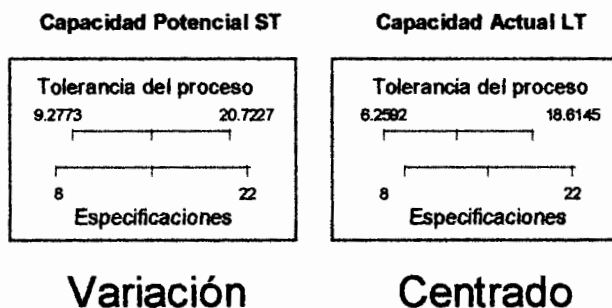


Figura 4.15. Centrado vs Variación.

De la Figura 4.15. identificamos un problema de "Variación" si el rango de la tolerancia de proceso (ST) es mayor a las especificaciones (ST). Existen problemas de "Centrado" si el

rango de la tolerancia de proceso (LT) está desfasado respecto al de las especificaciones (LT).

En el apéndice H constan las tablas del reporte 2 con el análisis y los resultados que determinan el tipo de problema para cada variable involucrada. En la Tabla 11 se muestran los resultados.

TABLA 11
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE PROBLEMA.

Variable	Z.st	Z.shift	Región	Control	Tecnología	<u>Variación</u> <u>ST</u>	<u>Centrado</u> <u>LT</u>
Y1	1.43	0.95	C	Bueno	Pobre	Variación	Centrado
Y2	1.17	0.74	C	Bueno	Pobre	Variación	Centrado
Y3 LISO	7	10.89	B	Pobre	Buena	---	Centrado
Y3 EST.	7	5.4	B	Pobre	Buena	---	Centrado
X1	4.39	11.39	A	Pobre	Pobre	---	Centrado
X2	0.44	0.88	C	Bueno	Pobre	Variación	Centrado
X3	3.06	10.06	A	Pobre	Pobre	---	Centrado
X4	0.91	1.14	C	Bueno	Pobre	Variación	Centrado
X5	1.68	7.74	A	Pobre	Pobre	Variación	Centrado
X6	1.65	2.26	A	Pobre	Pobre	Variación	Centrado

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1. Análisis de Resultados preliminares.

En esta sección se analizarán los resultados obtenidos por los reportes propuestos por Minitab, expuestos en el apéndice H y los resultados de la tabla 11 del Capítulo 4.

Análisis para Y1 y Y2:

Para el ensamble de la estufa, el ancho frontal presenta las mismas condiciones que el ancho posterior de la estufa. Se determinó que existe buen control del proceso de ensamble, y una contribución negativa del factor tecnológico. Existe un problema de centrado de la media, con una tendencia mayor a la nominal para las dos variables. La medida nominal para el ancho de la estufa se puede mantener en 610.00 mm con un incremento en la tolerancia de ± 2 mm, partiendo de las

tolerancias de proceso, según lo indica el Reporte 2 para Y1 y Y2.

Análisis para Y3:

Ésta variable presenta un caso especial, el cual se presentó sobre la marcha del estudio.

Al hacer el análisis de normalidad para la variable Y3, éste presentaba un comportamiento bimodal. Uno de los subgrupos con los que se muestreo es el del tipo de frontal (liso y estampado), el equipo de apoyo técnico determinó que existen dos matrices diferentes para cada uno de estos modelos, así que se decidió dividir esta variable en dos grupos, Y3 para modelo liso y Y3 para modelo estampado.

La cantidad de datos disminuyó considerablemente, por esa razón en el reporte 1 para Y3 tanto para modelo liso y estampado (ver apéndice H), la línea de proceso a largo plazo no se mantiene estable. Aun así las medias para Y3 liso y estampado presentan un descentramiento con tendencia menor a la nominal. Sin embargo no es confiable tomar ninguna decisión respecto al proceso mientras no se vuelva a hacer otro muestreo de

comprobación con un mínimo de 65 muestras. Se debe tener mejor control de este proceso y corregir el problema de centrado previo al muestreo de comprobación.

Análisis para X1 y X3:

En el reporte 1 para ambas variables no se ve la línea de proceso a largo plazo, lo cual implica que los datos no son suficientes para tomar decisiones respecto al proceso. Aún así se detecta fácilmente un problema de centrado, con un control pobre y además una contribución negativa de la tecnología. Existe un problema de centrado con una tendencia significativa menor a la nominal. Previo a un muestreo de comprobación se recomienda corregir el problema de centrado.

Análisis para X2 y X4:

Ambas variables presentan un control del proceso bueno, mientras que se ven afectadas por la tecnología. También presentan problemas de centrado y variación. X2 es menor a X4 en casi un milímetro, X2 presenta problema de centrado con una tendencia menor a la nominal, mientras que X4 tiene una tendencia en su media mayor a la nominal. El reporte 1 para ambas variables indica que los datos del muestreo son

suficientes. Habrá que incrementar las tolerancias de diseño, según lo indica el reporte 2.

Análisis para X5:

En el reporte 1 para la variable X5 la línea de proceso a largo plazo indica que los datos no fueron suficientes, esto se da por el problema de centrado que presenta. Como precedente se identificó previamente que el proceso tiene un control deficiente y tecnología pobre. La media del proceso tiene una tendencia mayor a la nominal. Previo a un muestreo de comprobación, se recomienda corregir el problema de centrado.

Análisis para X6:

Ésta variable se ve menos afectada que Y3 y X5 ya que absorbe las variaciones de ambas. A consecuencia de ello también presenta un control pobre y tecnología pobre. La línea de proceso a largo del reporte 1 indica que los datos son suficientes, se observa problema de centrado con una media de proceso menor a la nominal. Las tolerancias de proceso son mayores a las de especificación. Luego de la corrección del problema de centrado es recomendable una corrida de confirmación.

5.2. Obtención de las variables vitales.

Para las variables dependientes Y1, Y2 y Y3 existen siete variables dependientes, sin embargo se debe descubrir la causa del problema atacando únicamente a las variables que tienen relevancia o afectan a la Y. Existen muchas herramientas para obtener de muchas X's potenciales, algunas "pocas" X's vitales, usaremos la prueba de hipótesis como herramienta para ello.

Por que usamos pruebas de hipótesis.

En los proyectos Seis Sigma se usan las Pruebas de Hipótesis como proceso de selección para las Pocas "X" Vitales potenciales, a partir de las X's potenciales iniciales.

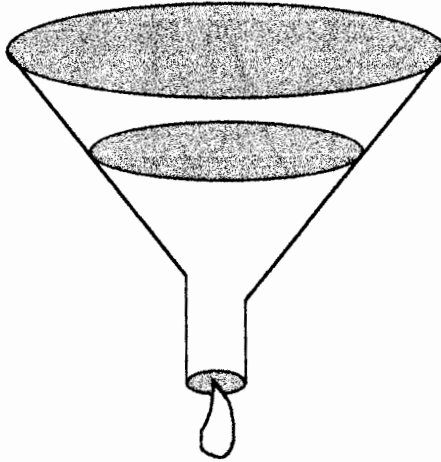
Las Pruebas de Hipótesis proporcionan un enfoque 'Ir / No ir' para toma de decisiones - lo que constituye la razón por la cual se utilizan para seleccionar. Estamos buscando factores que tengan mucha influencia.

Análisis estadístico: observado vs esperado

En TODA prueba estadística, estará comparando algún valor observado con algún valor esperado mediante la comparación de

la estimación de los parámetros. (media, desviación estándar, varianza)

Pocas "X" Vitales Potenciales

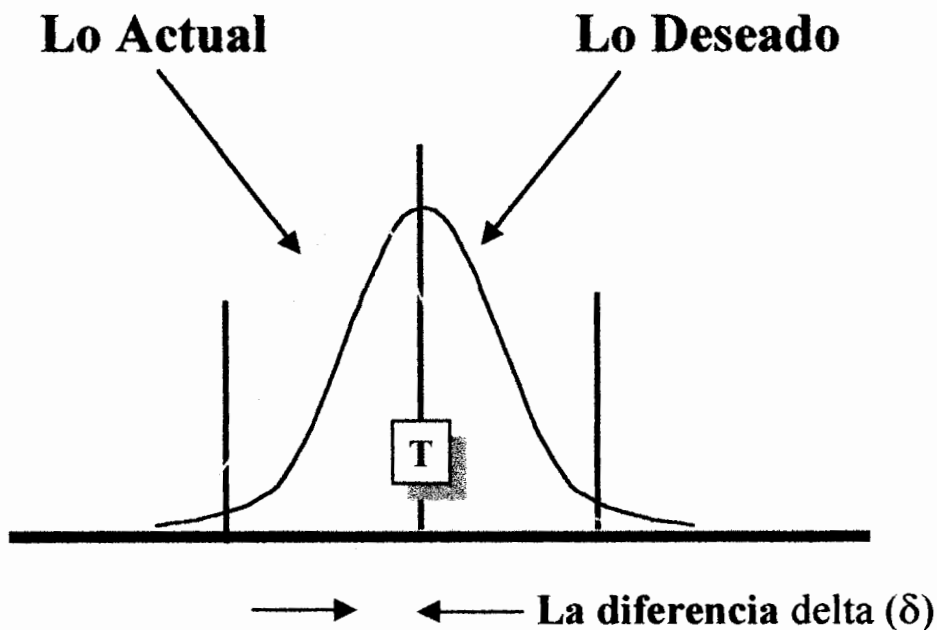


Pocas "X" Vitales

Figura 5.1. Selección de X's vitales.

Estas estimaciones de los parámetros VERDADEROS se obtienen usando datos muestrales.

La habilidad para detectar una diferencia entre lo que se observa y lo que se espera depende de la dispersión de los datos muestrales.



δ = diferencia entre medias

Figura 5.2. Comparación de lo observado con lo esperado.

Al incrementar el tamaño de la muestra se mejora la estimación y su confianza en las conclusiones estadísticas, pero...

¡Existe una diferencia entre la significancia estadística y la práctica!

¿Cuánta diferencia (δ) es importante para Usted?

Significancia Estadística.

Una diferencia que puede detectarse empleando herramientas estadísticas en un cierto nivel de confianza especificado. El programa estadístico puede ayudar.

Significancia Práctica.

Una diferencia que es lo suficientemente importante para Usted que lo motive a actuar. De ser conocedor o dueño del proceso, usted debe decidir si una diferencia estadísticamente significativa es una diferencia práctica significativa.

5.3. Pruebas de hipótesis para eliminar variables innecesarias.

A través de pruebas de hipótesis se comprobará si las variables involucradas con el ancho de la estufa cumplen con las especificaciones de diseño, según los pasos indicados en el apéndice I. No se tomará en cuenta las variables que afectan al frontal, ya que la variable X5 tiene influencia sobre X6, previo a un análisis hay que corregir el problema de centrado de X5, además de unificar el valor del ancho interno del frontal tanto en los modelos liso como en el estampado (Y3liso y Y3estampado).

Condición 1: $Y1 = Y2$

Para probar ésa condición, será necesario una prueba de hipótesis para la diferencia de ambas medias, para ello, es necesario verificar previamente la igualdad de las varianzas.

Ho: $\sigma_{Y1} = \sigma_{Y2}$

Vs.

H1: $\sigma_{Y1} \neq \sigma_{Y2}$

Homogeneity of Variance Test for TOTAL

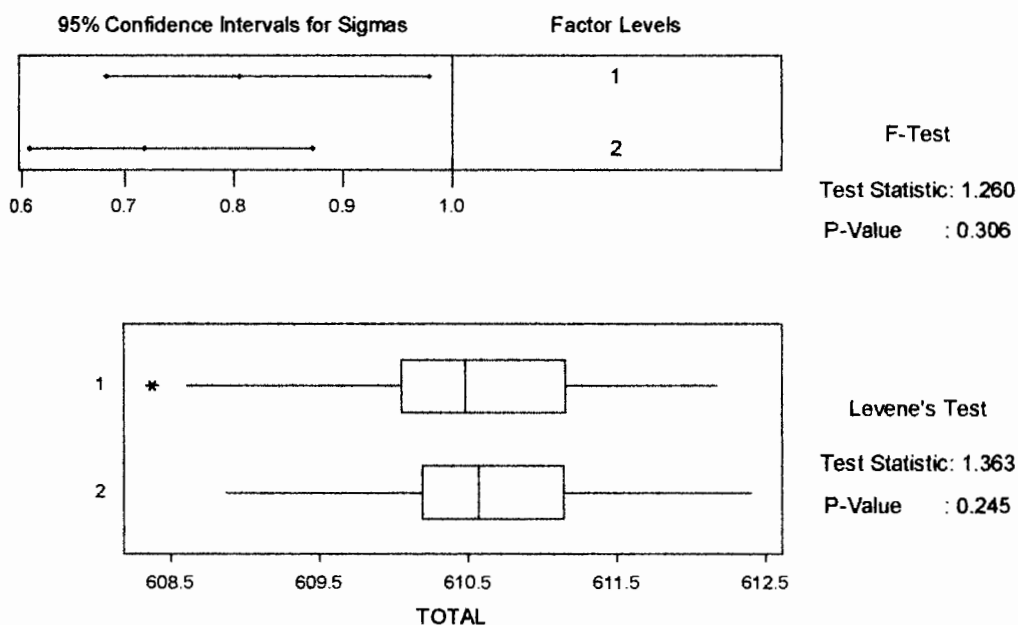


Figura 5.3. Prueba de homogeneidad de Varianzas para $Y1$ y $Y2$.

TABLA 12

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS
PARA Y1 Y Y2.**

Homogeneity of Variance

Response TOTAL
Factors Y1 Y2
ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.683758	0.806145	0.979225	80	1
0.609055	0.718071	0.872242	80	2

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.260
P-Value : 0.306

Levene's Test (any continuous distribution)

Según el valor p de la prueba de hipótesis "P-Value = 0.306" ($p > 0.05$), no se puede obtener la conclusión de que la variación de la variable Y1 es diferente a la de Y2, por tal razón se fundamenta que son iguales y ahora se puede plantear la prueba de hipótesis para las medias de Y1 y Y2.

Ho: $\mu_{Y1} - \mu_{Y2} = 0$

Vs.

H1: $\mu_{Y1} - \mu_{Y2} \neq 0$

TABLA 13

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA U_{Y1} Y U_{Y2} .

Two Sample T-Test and Confidence Interval

Two sample T for Y1 vs Y2

	N	Mean	StDev	SE Mean
Y1	80	610.554	0.806	0.090
Y2	80	610.670	0.718	0.080

95% CI for μ Y1 - μ Y2: (-0.354, 0.123)T-Test μ Y1 = μ Y2 (vs not =): T = -0.95 P = 0.34 DF = 158

Both use Pooled StDev = 0.763

Según el valor p de la prueba de hipótesis "P-Value = 0.34" ($p > 0.05$), se acepta la prueba de hipótesis nula de que ambas medias son iguales.

El valor nominal 0 (cero) de la diferencia de ambas variables cae dentro del intervalo de confianza (-0.354 , 0.123) con un 95% de confianza.

Por tanto podemos concluir que la condición 1 se cumple, pero ninguna cumple con las especificaciones de diseño, según se indica en el apéndice H en los reportes para Y1 y Y2.

Condición 2: $X1 = X3$

Para probar ésa condición, será necesario una prueba de hipótesis para la diferencia de ambas medias, para ello, es necesario verificar previamente la igualdad de las varianzas.

Ho: $\sigma_{X1} = \sigma_{X3}$

Vs.

H1: $\sigma_{X1} \neq \sigma_{X3}$

Homogeneity of Variance Test for TOTAL

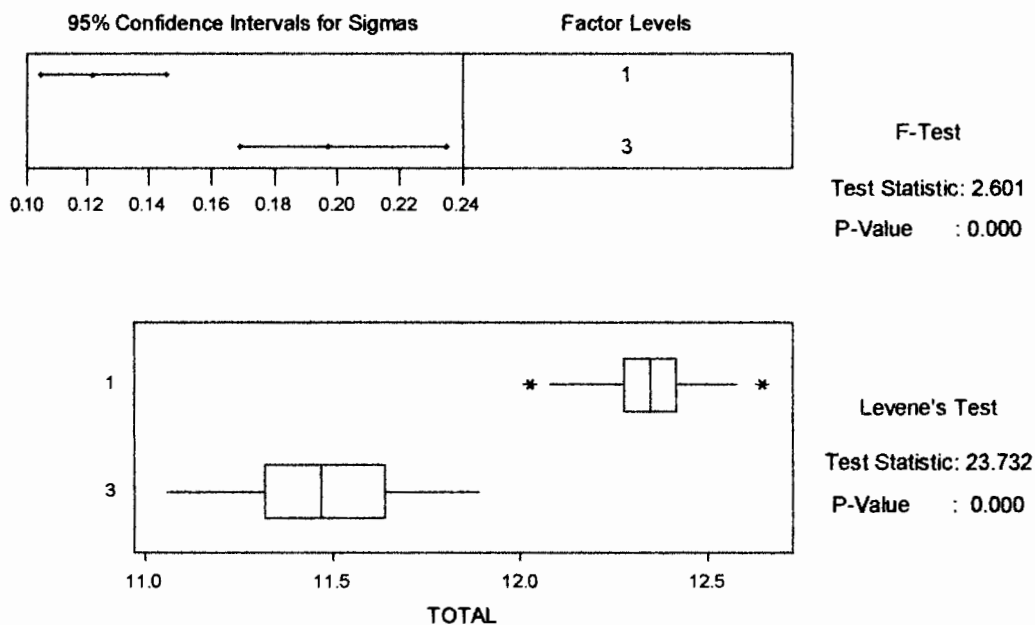


Figura 5.4. Prueba de homogeneidad de Varianzas para X1 y X3.

TABLA 14

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS
PARA X1Y X3.**

Homogeneity of Variance

Response TOTAL
Factors X1 X3
ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.104856	0.122059	0.145689	95	1
0.169094	0.196837	0.234943	95	3

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 2.601
P-Value : 0.000

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 23.732
P-Value : 0.000

Según el valor p de la prueba de hipótesis "P-Value = 0.000" ($p < 0.05$), se rechaza la hipótesis nula con más del 95% de confianza, la variación de la variable X1 es diferente a la de X3, ahora se plantea la prueba de hipótesis para ambas medias.

Ho: $\mu_{X1} - \mu_{X3} = 0$

Vs.

H1: $\mu_{X1} - \mu_{X3} \neq 0$

TABLA 15

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA U_{X1} Y U_{X3} .

Two Sample T-Test and Confidence Interval

Two sample T for X1 vs X3

	N	Mean	StDev	SE Mean
X1	95	12.342	0.122	0.013
X3	95	11.470	0.197	0.020

95% CI for $\mu X1 - \mu X3$: (0.825, 0.919)T-Test $\mu X1 = \mu X3$ (vs not =): T = 36.69 P = 0.0000 DF = 156

Según el valor p de la prueba de hipótesis "P-Value = 0.000" ($p < 0.05$), se rechaza la prueba de hipótesis nula de que ambas medias son iguales con más del 95% de confianza.

El valor nominal 0 (cero) de la diferencia de ambas variables no cae dentro del intervalo de confianza (0.825 , 0.919) con un 95% de confianza.

Por tanto podemos concluir que la condición 2 no se cumple, esto lo podemos confirmar fácilmente con los resultados presentados en los reportes para X1 y X3 en el apéndice H. Ninguna cumple con las especificaciones de diseño, lo que los convierte en procesos críticos que afectan a Y1 y Y2.

Condición 3: $X_2 = X_4$

Para probar ésa condición, será necesario una prueba de hipótesis para la diferencia de ambas medias, para ello, es necesario verificar previamente la igualdad de las varianzas.

$$H_0: \sigma_{X_2} = \sigma_{X_4}$$

Vs.

$$H_1: \sigma_{X_2} \neq \sigma_{X_4}$$

Homogeneity of Variance Test for TOTAL

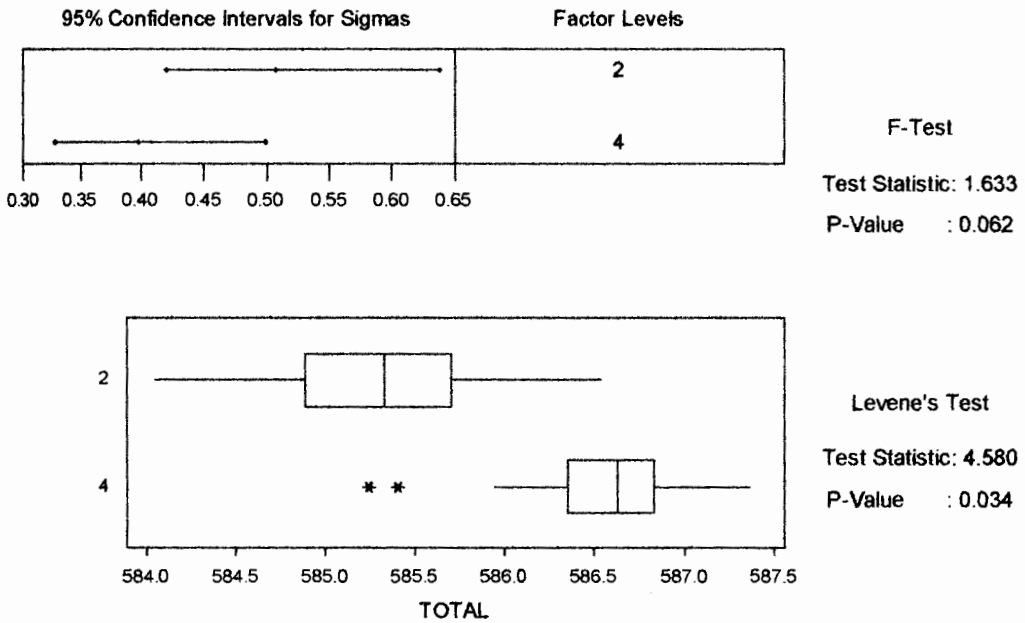


Figura 5.5. Prueba de homogeneidad de Varianzas para X_2 y X_4 .

TABLA 16

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA X2 Y X4.

Homogeneity of Variance

Response TOTAL
 Factors X2 X4
 ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.420695	0.507850	0.638106	60	2
0.329183	0.397379	0.499300	60	4

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.633
 P-Value : 0.062

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 4.580
 P-Value : 0.034

Según el valor p de la prueba de hipótesis "P-Value = 0.062" ($p > 0.05$), se puede afirmar con un 93.8% de confianza que la variación de la variable X2 es diferente a la de X4, al asumir un riesgo alfa del 95%, se acepta la hipótesis nula. Ahora se plantea la prueba de hipótesis para ambas medias.

Ho: $\mu_{X2} - \mu_{X4} = 0$

Vs.

H1: $\mu_{X2} - \mu_{X4} \neq 0$

TABLA 17

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA U_{X2} Y U_{X4} .

Two Sample T-Test and Confidence Interval

Two sample T for X2 vs X4

	N	Mean	StDev	SE Mean
X2	60	585.287	0.508	0.066
X4	60	586.588	0.397	0.051

95% CI for μ X2 - μ X4: (-1.466, -1.136)T-Test μ X2 = μ X4 (vs not =): T = -15.63 P = 0.0000 DF = 118

Both use Pooled StDev = 0.456

Según el valor p de la prueba de hipótesis "P-Value = 0.000" ($p < 0.05$), se rechaza la prueba de hipótesis nula de que ambas medias son iguales con más del 95% de confianza.

El valor nominal 0 (cero) de la diferencia de ambas variables no cae dentro del intervalo de confianza (-1.466, -1.136) con un 95% de confianza.

Por tanto podemos concluir que la condición 3 no se cumple, esto lo podemos confirmar con los resultados presentados en los reportes para X2 y X4 en el apéndice H. Ninguna cumple con las especificaciones de diseño, no se las considera variables críticas ya que su variación de proceso con respecto a la nominal no es muy considerable.

Condición 4: Y3 LISO = Y3 ESTAMPADO

Para probar ésa condición, será necesario una prueba de hipótesis para la diferencia de ambas medias, para ello, es necesario verificar previamente la igualdad de las varianzas.

H₀: $\sigma_{Y3\text{liso}} = \sigma_{Y3\text{estampado}}$.

Vs.

H₁: $\sigma_{Y3\text{liso}} \neq \sigma_{Y3\text{estampado}}$.

Homogeneity of Variance Test for Y3

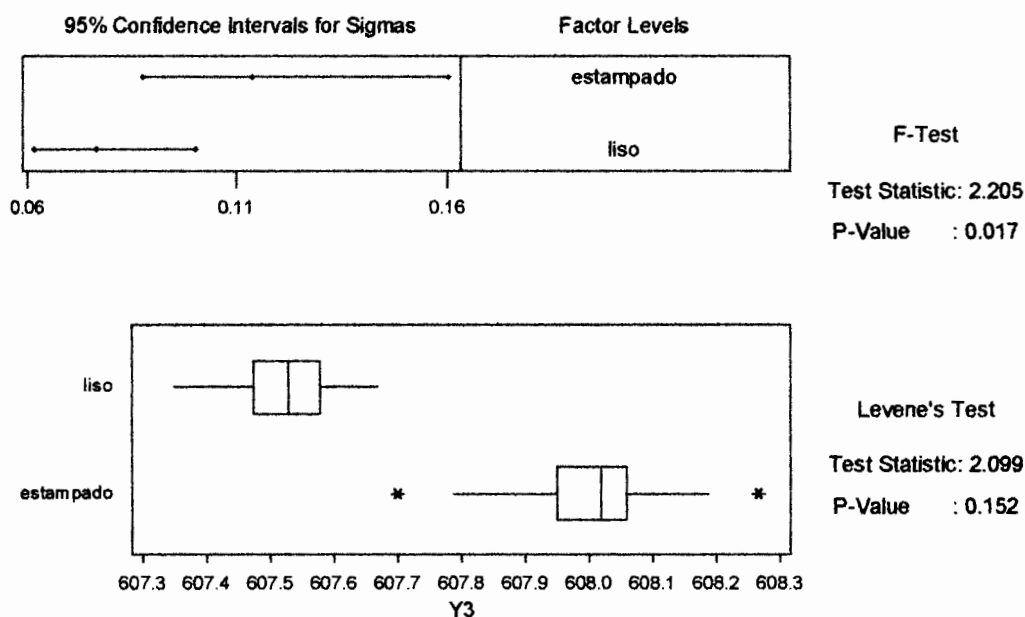


Figura 5.6. Prueba de homogeneidad de Varianzas para Y3.

TABLA 18

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS
PARA Y3 MODELOS LISO Y ESTAMPADO.**

Homogeneity of Variance

Response y3
Factors modelo
ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
8.78E-02	0.113796	0.160060	30	estampado
6.18E-02	0.076632	0.100277	45	liso

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 2.205
P-Value : 0.017

Levene's Test (any continuous distribution)

Según el valor p de la prueba de hipótesis "P-Value = 0.017" ($p < 0.05$), se rechaza la hipótesis nula con más del 95% de confianza, la variación de la variable Y3 liso es diferente a la de Y3 estampado, ahora se plantea la prueba de hipótesis para ambas medias.

H₀: $\mu_{Y3 \text{ liso}} - \mu_{Y3 \text{ estamp.}} = 0$

Vs.

H₁: $\mu_{Y3 \text{ liso}} - \mu_{Y3 \text{ estamp.}} \neq 0$

TABLA 19

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA $U_{Y3 \text{ LISO}}$ Y $U_{Y3 \text{ EST}}$.

Two Sample T-Test and Confidence Interval

Two sample T for Y3 LISO vs Y3 EST

	N	Mean	StDev	SE Mean
Y3 LISO	45	607.5216	0.0766	0.011
Y3 EST	30	608.002	0.114	0.021

95% CI for μ Y3 LISO - μ Y3 EST: (-0.529, -0.433)T-Test μ Y3 LISO = μ Y3 EST (vs not =): T=-20.28 P=0.0000 DF= 46

Según el valor p de la prueba de hipótesis "P-Value = 0.000" ($p < 0.05$), se rechaza la prueba de hipótesis nula de que ambas medias son iguales con mas del 95% de confianza.

El valor nominal 0 (cero) de la diferencia de ambas variables no cae dentro del intervalo de confianza (-0.529, -0.433) con un 95% de confianza.

La condición 4 no se cumple, esto lo podemos confirmar con los resultados presentados en los reportes para Y3 en el apéndice H. Esto se debe a que las matrices son diferentes y se debe unificar las medidas de ambas matrices para obtener un solo resultado que es el nominal.

5.4. Cálculo de Riesgo alfa y beta.

El riesgo alfa y beta son necesarios para determinar el tamaño de las muestras.

La Razón de δ/σ . Prueba de Sensibilidad.

Cuando la razón es alta, la diferencia puede observarse fácilmente, aún sin la estadística.

Si la variación en un proceso es alta, es más difícil determinar si una diferencia es causada simplemente por coincidencia o si verdaderamente hay una diferencia. Son necesarias más muestras para determinar la verdad.

En cualquier momento que tome muestras... Existe "una posibilidad" de llegar a una conclusión equivocada.

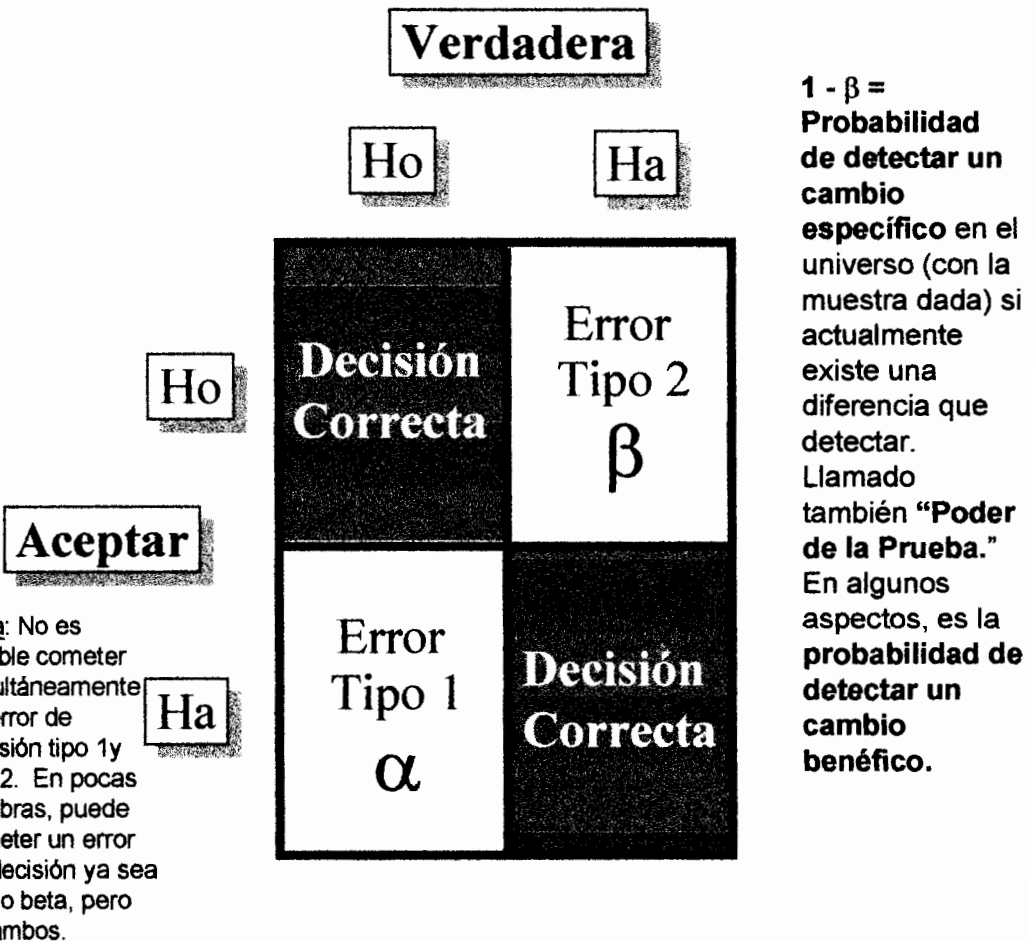
Error Tipo 1 (Error Alfa): Declara una diferencia cuando las cosas son realmente iguales. (Rechazar partes "Buenas")

Riesgo Alfa También conocido como Riesgo del Productor. El riesgo de cometer un Error Tipo 1, (típicamente 5%)

Error Tipo 2 (Error Beta): Declarar que las cosas son iguales cuando realmente hay una diferencia. (Aceptar partes "Malas")

Riesgo Beta: También conocido como Riesgo del Consumidor.

El riesgo de cometer un Error Tipo 2, (típicamente 10%)



1 - α = Confianza de que resultado observado en la muestra es "real"; es decir, el resultado no fue un error en el muestreo aleatorio, por lo tanto, refleja el verdadero estado de cosas en el universo.

Figura 5.7. Riesgo alfa y riesgo beta.

El riesgo alfa y beta pueden ser calculados ya que son una probabilidad, pero generalmente, es considerado un factor de negocio. Para la empresa manufacturera donde se realizó el estudio, los valores de riesgo fueron asumidos en sus valores típicos.

Riesgo alfa = 5 %.

Riesgo beta = 10 %.

Para calcular tamaños de muestras, en el Apéndice J se expone la tabla de tamaño de muestra básica, la cual se ha expuesto como referencia, ya que no fue usada como herramienta para hacer la línea base ya que no existían datos históricos de la media y la varianza de ninguna de las variables.

Minitab, a través del "Resumen Ejecutivo" (ver figura 4.12.) nos permitirá determinar si el tamaño de muestras seleccionado para los subgrupos fue el correcto, sobre esto se comenta en el análisis de resultados preliminares del punto 5.1.

5.5. Herramientas para la obtención de las variables vitales.

Además de las pruebas de hipótesis, existen muchas otras herramientas usadas en la metodología para eliminar X's innecesarias, así tenemos:

- Búsqueda de componentes y comparación de pares.
- Análisis de Varianza.
- Comparación de dos tratamientos.
- Diseño de experimentos.
- Regresión de una variable y múltiple.

Ninguna de estas herramientas fue usada hasta éste punto del estudio, ya que la mayoría son de mayor utilidad en una posterior etapa al diagnóstico del problema, es decir, en una etapa de mejora y control (verificación) de la mejora.

5.6. Redefinición de metas.

El alcance de este estudio es el de dar un diagnóstico de la situación actual.

Una vez analizadas todas las variables, es necesario replantear metas antes de proseguir con medidas correctivas para alcanzar la situación deseada.

No se eliminó ninguna de las variables, por tanto, todas las X's potenciales, son X's vitales que afectan a las Y's.

Será necesario corregir los problemas de centrado y variación de todas las X's involucradas con Y1 y Y2, es decir, X1, X2, X3 y X4. Mientras que será necesario desarrollar un muestreo exhaustivo para Y3 liso y Y3 estampado, ya que el estudio arrojó que los resultados no eran suficientes para tomar ninguna decisión. Sin embargo, el resultado de la variable X5 implica una corrección del problema de centrado y variación.



CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

1. Todas las variables independientes X's potenciales obtenidas del equipo de apoyo técnico, resultaron vitales ya que afectan a las variables dependientes (Y's) ya sea por causa de falta de control, tecnología pobre, centrado o dispersión.
2. Las X's potenciales (ahora también X's vitales) tienen capacidades de proceso críticas, por tener su media desplazada, ya sea con un valor superior o inferior al valor nominal.
3. Uno de los problemas que contribuyó a que todas las X's potenciales se conviertan en X's vitales es la variación del proceso con respecto a las tolerancias de diseño. Todas las tolerancias de diseño son basadas en antecedentes de proceso, no existiendo ninguna referencia objetiva para ello.

4. El control estadístico del proceso no asegura obtener resultados adecuados, al existir un diseño estricto para un proceso con una tecnología pobre. La falta de capacidad de la tecnología generó que en el proceso se den desviaciones, esto a la larga distorsiona la unificación de criterios entre el productor y el control de calidad.
5. Las variables Y1 y Y2 que se refieren al ancho de la estufa en la sección frontal y posterior respectivamente, no reflejan una situación tan deplorable respecto a su capacidad de proceso, tanto en centrado como en variación, cuando era de esperarse todo lo contrario al tener fuentes de variación fuera de proceso, este efecto en particular se da ya que el personal responsable de ensamble hace ajustes en los suples de marco y espaldar de horno (doblarlos) que le permitan que el producto final sea ensamblado y aprobado.
6. Las variables X1 y X3 (perforaciones de ensamble de los laterales con el cuerpo de horno) son las más críticas para la calidad.
7. Las variables X2 y X4 (distancia entre las perforaciones de suples en marco y espaldar de horno) no resultaron críticas para la calidad, sin embargo se deben hacer correcciones en los dispositivos de soldadura de punto que permitan corregir los problemas de centrado de dicha variable.

8. La variable X5 (posición de perforación en soporte de frontal) afecta o tiene influencia directa sobre la variable X6 (distancia entre perforaciones de soportes en frontal), por lo que primero habrá que corregir el problema de centrado de la media de proceso X5 respecto a la nominal.
9. La variable Y3 (ancho interno del frontal) se dividió en dos, para modelos de frontales lisos y para modelos de frontales estampados, ya que existen dos matrices para cada uno de los modelos y los resultados obtenidos son diferentes a un solo diseño nominal. El diseño es estándar para ambos modelos y no pueden existir fluctuaciones tan considerables.

Recomendaciones.

1. Para la selección exitosa de un proyecto Seis Sigma hay que asegurar que se esté enfocando en un tema de negocios real. Este tema puede estar relacionado con los costos reales de un negocio en el presente, como pudieran ser las llamadas de servicio, la pérdida de ventas, el retrabajo, el desperdicio, otras ineficiencias, etc. O se podría tratar de prevenir problemas futuros tales como los que surjan del lanzamiento de nuevos productos, el cambio de un

proveedor, el apego a normas de seguridad, la mejoría de la calidad de los productos, etc.

2. ¿Qué hace exitoso un proyecto Seis Sigma? Un proyecto llevado bajo la metodología Seis Sigma involucra: Especificidad, agregar valor, que sea mensurable y que tenga infraestructura.

2.1. Especificidad. Que el problema esté claramente definido a un nivel primario o raíz de causa y efecto. Que la variable de respuesta esté claramente identificada con los límites de especificación determinados.

2.2. Agregar valor. Financieramente el proyecto debe estar justificado. Esto es, los beneficios deben ser mayores a los costos. Se debe mejorar entre otras cosas, las partes por millón de defectos, la confiabilidad, el rendimiento del proceso, el retrabajo, el desperdicio, la recuperación de la cartera, etc.

2.3. Ser mensurable. Es recomendable tener datos históricos del comportamiento de la variable de respuesta, o se debe obtener dicha información en el corto plazo. Los mejores datos son los de variables continuas, las variables discretas

deberán en la medida de lo posible, transformarse en varias continuas. Los proyectos basados en datos imposibles de obtener tienen resultados imposibles.

2.4. **Infraestructura.** Para asegurar el éxito del proyecto debemos tener los adecuados apoyos en términos de recursos humanos, materiales y conocimientos técnicos. Como por ejemplo: laboratorios de pruebas, talleres de prototipos, recursos de tecnología de la información, herramientas de medición y equipo técnico de apoyo para llevar a cabo las mediciones.

¡La buena definición del problema es el primer paso para el éxito del proyecto!

3. El tema del proyecto debe estar claramente definido en el nivel de causalidad correcto. Esta tarea es responsabilidad de quien desarrolla el proyecto y su Equipo de Apoyo Técnico. Este nivel de causalidad deberá ser aquel nivel de relación causa-efecto en el que el proyecto Seis Sigma tenga una mayor contribución al negocio. La variable de respuesta debe estar claramente identificada, debe ser medible, cuantificable y con los límites de

especificación determinados. El Dueño del Proceso deberá estar de acuerdo con la definición del problema.

4. La situación actual debe describir el problema como está, no debe contener causas, no debe incluir soluciones y debe ser lo más específico posible.
5. La situación deseada debe indicar qué se desea al resolver el problema, no debe contener causas ni debe incluir soluciones, debe ser lo mas específico posible e incluir metas mensurables. Respecto a la selección del equipo de apoyo técnico, no se espera que quien ejecuta el proyecto sea un experto técnico en los procesos relacionados con el proyecto Seis Sigma. Por lo que una vez que se ha definido el área del proyecto, se deberá seleccionar un equipo técnico de apoyo el cuál estará formado por personas clave que puedan añadir valor a tu proyecto. Es decir, por personas que, por sus conocimientos y experiencia técnica, contribuyan a tomar decisiones para encausar positivamente el proyecto. Este equipo brindará apoyo durante todo el tiempo que dure el mismo. Definitivamente no será el encargado de ejecutar el proyecto.

6. **Análisis financiero de la posible mejora.** Para que un proyecto de Seis Sigma esté financieramente justificado, los beneficios deben ser mayores a los costos. Se debe mejorar entre otras cosas, las partes por millón de defectos, la confiabilidad, el rendimiento del proceso, el retrabajo, el desperdicio, la recuperación de cartera, etc. Este análisis financiero es responsabilidad de quien desarrolla el proyecto apoyado de una persona de finanzas o productividad.

7. **MAPA DE PROCESO.** En caso de existir áreas de retrabajo, incluirlas en el mapa de proceso correspondiente (scrap, tiempo extra, capacidad, costos, desperdicio, \$ tiempo extra, % del programa, % del tiempo de entrega, costos). Es conveniente el análisis por mapeo de los puntos claves del negocio, que pueden ser las áreas de:
 - Pérdidas por reprocesos, retrabajos o desperdicio.
 - Mejoras en el tiempo de ciclo.
 - Mejoras de la calidad.
 - Mejoras en el flujo de la producción.

8. **Consejos para hacer subgrupos racionales.**
 - A. No modifique el proceso de manera intencional.

- B. Diseñe el plan para capturar cuánta variación de Causa Asignable entre subgrupos (“Ruido Negro”) sea posible (Ejemplo: tome subgrupos durante diferentes turnos con diferentes operadores y después de que la remesa de acero haya sido cambiada).
- C. Diseñe su muestreo de tal forma que el tamaño del subgrupo no sea tan grande para evitar que arrastre ruido negro. **(Regla de Oro:** subgrupos de 5, tomados en forma secuencial durante un corto período de tiempo capturan sólo “Ruido Blanco” dentro del subgrupo.
- D. Documente cuanta información sea posible acerca del muestreo. Registre los días, turnos, nombres de operadores, número de remesas de acero, etc.
9. Para mejorar las capacidades de proceso a corto y largo plazo usando el análisis de las capacidades de proceso (resumen ejecutivo, minitab):
- Enfoque en reducir la variación para mejorar la capacidad a corto plazo.
 - Enfoque en reducir la variación y mejorar el centrado para mejorar la capacidad a largo plazo.
10. Regla de oro para aplicar Z.SHIFT

- Si solamente los datos a largo plazo están disponibles (datos históricos), el desplazamiento debe “asumirse” que es de 1.5 para calcular $Z.st$.
- $Z.st = Z.lt + 1.5$
- Si solamente los datos a corto plazo están disponibles (ejemplo: pruebas de calificación de herramientas), se puede asumir un desplazamiento de 1.5 para calcular $Z.lt$.
- $Z.lt = Z.st + 1.5$
- Se debe asumir $Z.shift = 1.5$ con precaución.

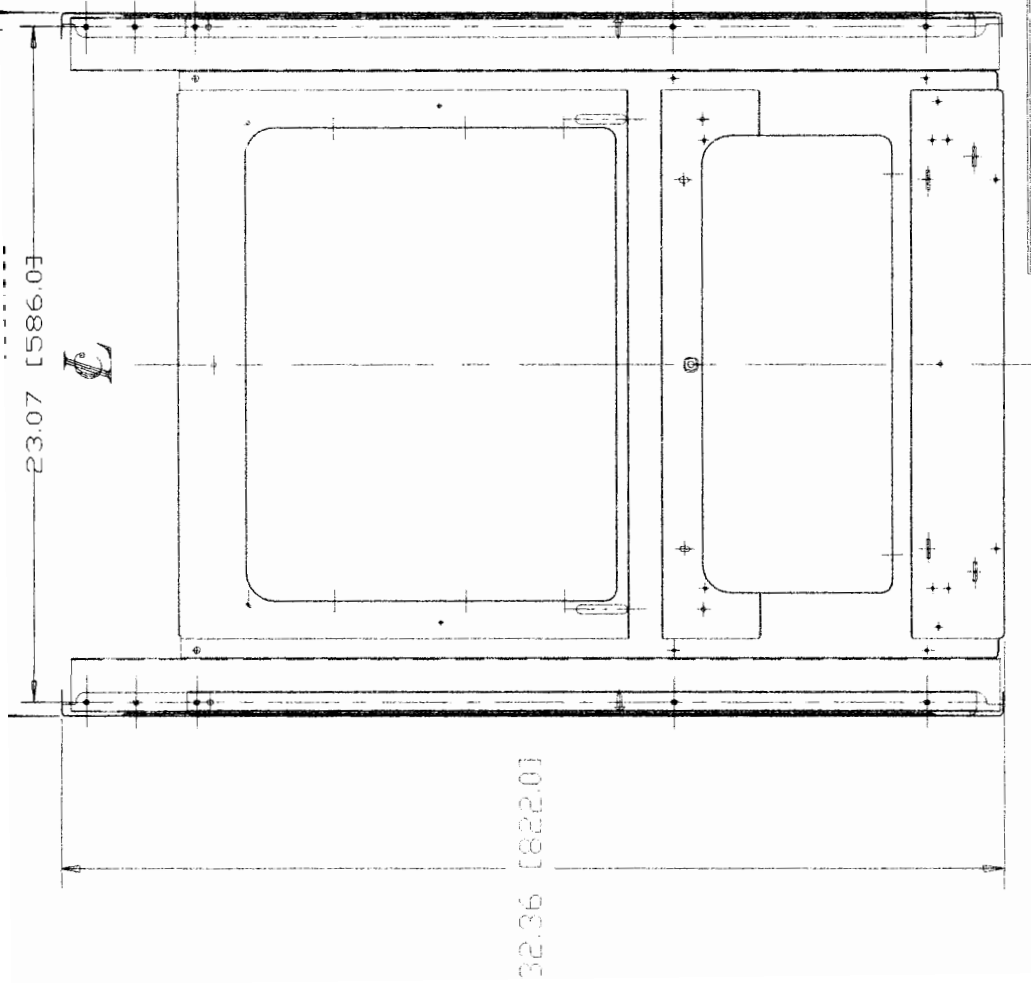
11. Para corregir los problemas de desplazamiento de la media de proceso, es necesario apuntar a la calidad en el origen, trabajar con el personal de montaje de matrices de los procesos de embutido, perforado y troquelado, hacer mediciones validadas a través de Gages R&R de las posiciones de los perforadores de las matrices y corregir la ubicación de las mismas, para posteriormente hacer pruebas piloto antes de hacer una corrección definitiva aplicada a producción.

12. Es necesario corregir las medidas de las matrices de los frontales tanto para modelos liso y estampado y unificar especificaciones

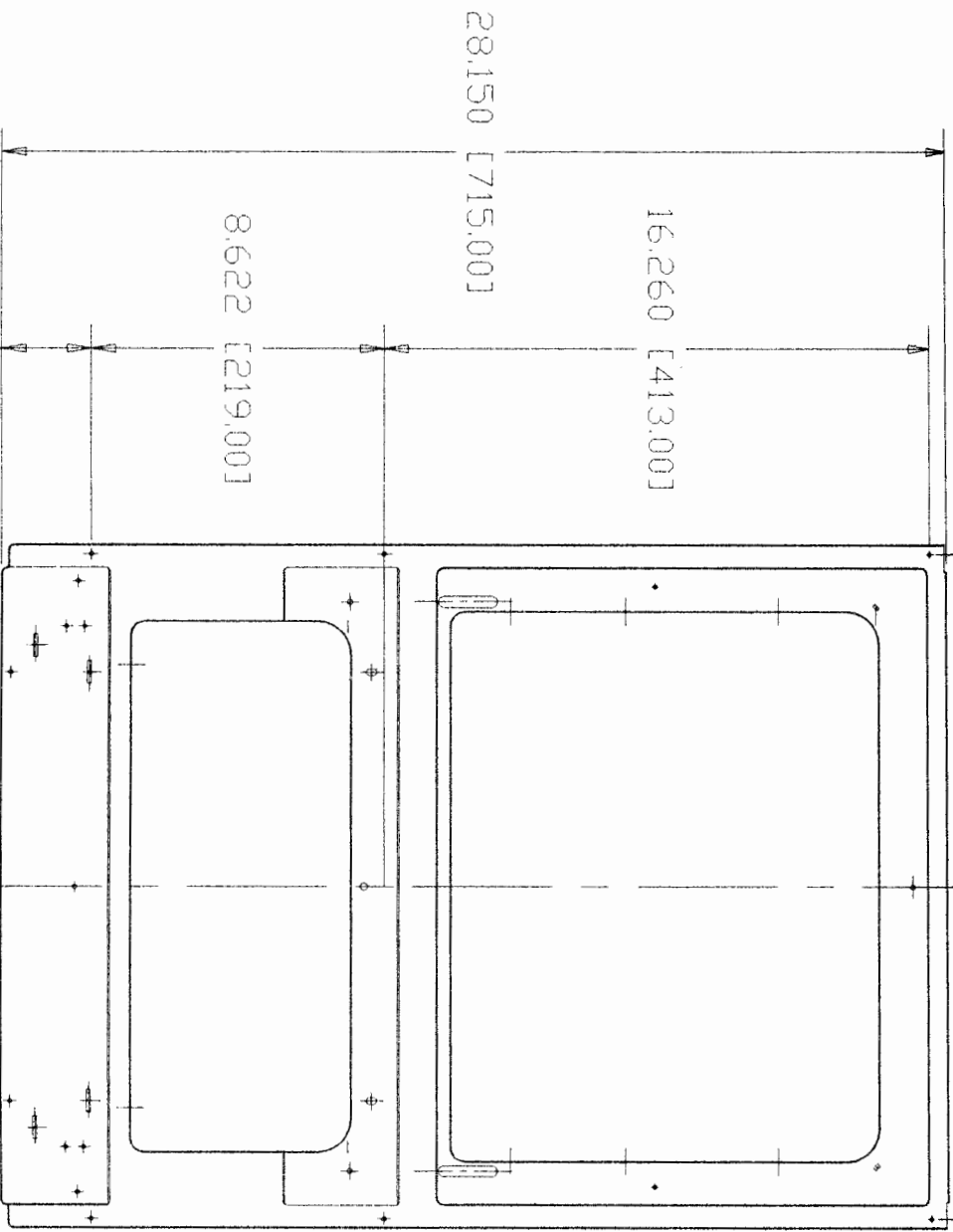
respecto al ancho interno, se deben hacer pruebas con cambios en la longitud de la carrera de la prensa y en la presión.

13. Se recomienda pruebas piloto mínimo de 150 a 200 muestras.
14. Es indispensable, previo a una etapa de correcciones y mejoras de procesos, sincerar los diseños respecto a las tolerancias de procesos, además de unificar criterios de calidad, pensando en que la calidad de un producto la determina quien lo fabrica y no quien inspecciona.
15. El control estadístico de proceso es sobre la marcha y no al final del proceso, de aquí la tendencia a que el propio operador lleve el control de su proceso, y no un inspector de calidad.

PLANOS



FIMCP - ESPOL PROYECTO METODOLOGIA SEIS SIGMA EN ENSAMBLE DE ESTUFAS		FECHA:	NOMBRE:
		DIBUJOS 21/01/02	P. ALVAREZ
		REVISAS:	ING. BUQUE
		PLANO No. 1	
ESCALA:	CONTIENE:	MASA (kg):	
1/6	ENSAMBLE DE COCINA		
MATERIALES:		ACEPO COMERCIAL	



FIMCP - ESPOL

PROYECTO:

METODOLOGIA SEIS SIGMA EN ENSAMBLE DE ESTUFAS

ESCALA

1/6

CONTIENE:

MARCO DE HORNO

MATERIALES:

ACERO COMERCIAL

PLANO No:

2

DIBUJO

21/01/02

P. ALVAREZ

REVISO

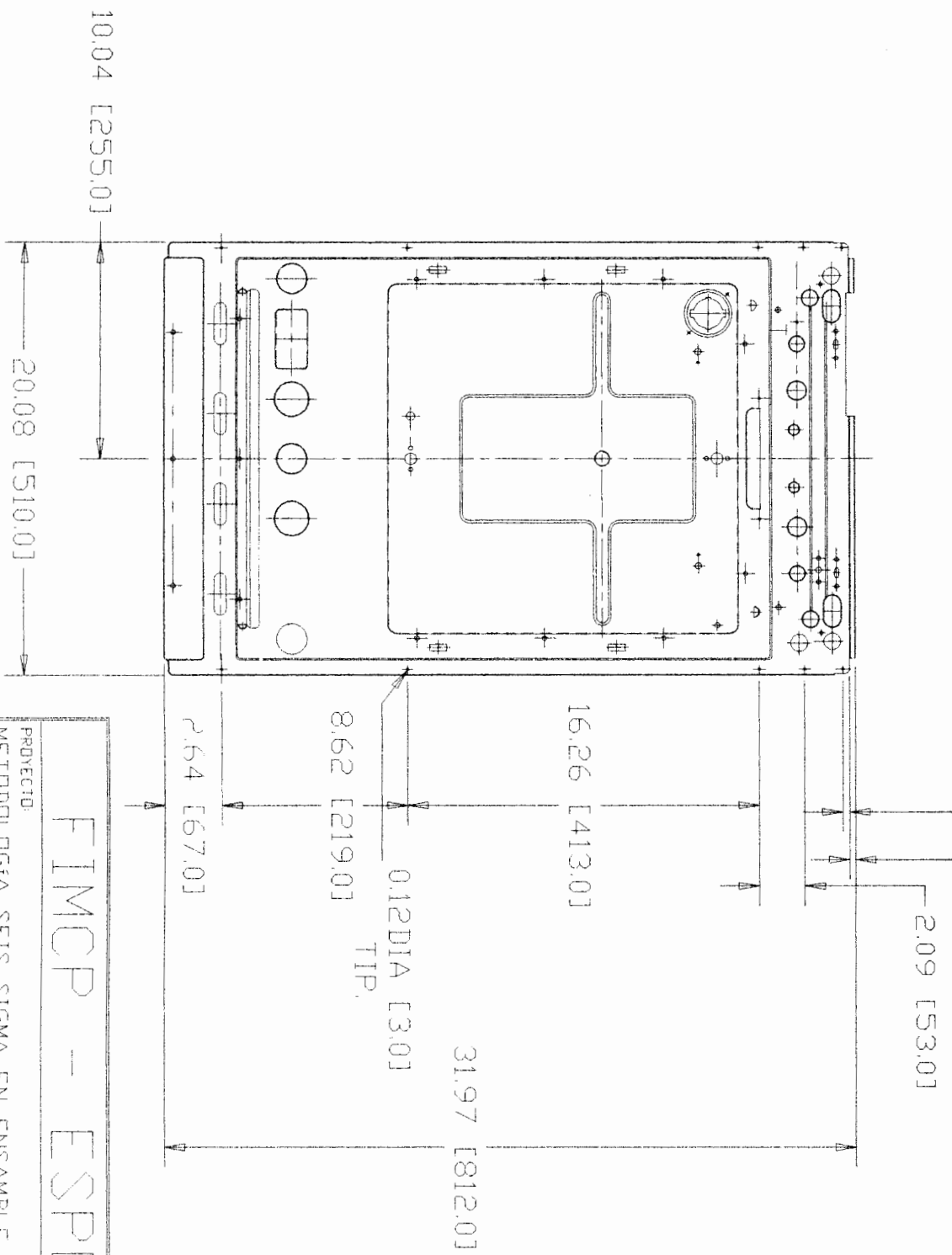
21/01/02

ING. DUQUE

FECHA

NOMBRE

MASA (Kg):



FIMCP - ESPOL

PROYECTO: METODOLOGIA SEIS SIGMA EN ENSAMBLE DE ESTUFAS

ESCALA:

1/8

CONTIENE:

ESPALDAR DE HORNO

MATERIALES:

ACERO COMERCIAL

PLANO No:

3

DIBUJO	FECHA	NOMBRE
21/01/02	21/01/02	P. ALVAREZ
REVISO	21/01/02	ING. DUBUE

MASA (Kg.)

APENDICES

APENDICE A

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO EN FRIO.

Trabajado en frío.

El metal trabajado en frío se conforma a la configuración mediante la aplicación de presión a temperaturas inferiores a la temperatura crítica y, en su mayor parte, nominalmente, a temperatura ambiente. El trabajo en frío se efectúa principalmente para mantener tolerancias estrechas y producir acabados superficiales buenos pero también para incrementar las propiedades físicas del material.

Cuando una pieza de metal se somete inicialmente a un esfuerzo (stress), resiente una tensión (strain) manifestada de manera elástica, como queda ilustrado por la línea oy de la figura A1. La aplicación de un esfuerzo adicional ocasiona la deformación permanente o inelástica a lo largo de la línea yL. El punto y se denomina el punto de cesión (yield point). Los esfuerzos y tensiones que pasan mas allá de ese punto están situados en la región en donde es forzoso que se efectúe el trabajo en frío para con el fin de cambiar la forma de un objeto.

El diagrama situado a la izquierda es característico de un material dúctil, es decir, un material que puede resistir una tensión considerable entre su punto de cesión, y, y el de ruptura, L. Esta es la clase de material apropiado para hacer trabajo en frío. El diagrama de la derecha es indicativo de un material

quebradizo que se rompe antes que deformarse apreciablemente, como sucede con el hierro colado.

Tomemos en cuenta que el trabajo en frío aplica un esfuerzo sobre un material dúctil y motiva una tensión plástica sobre el punto y' en la figura A1.

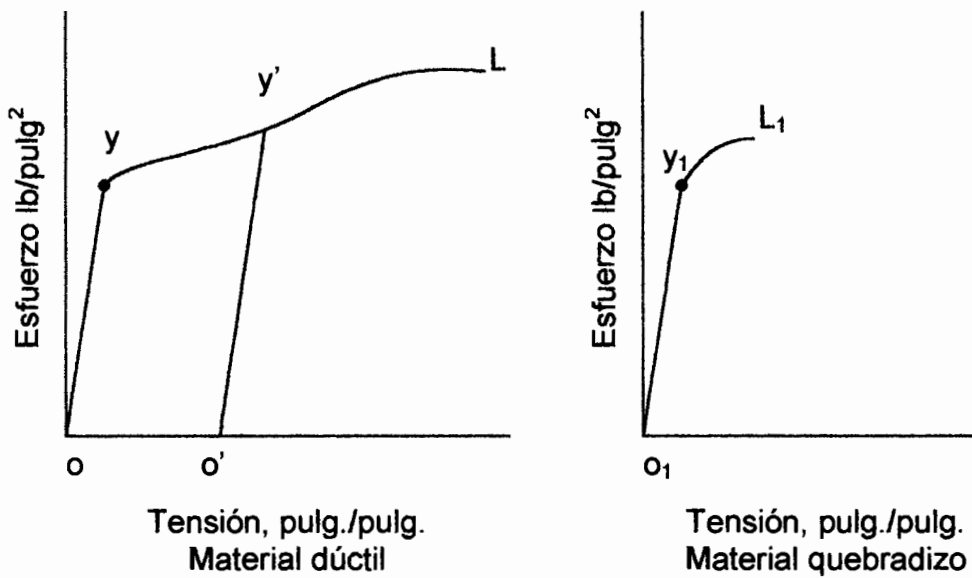


Figura A1. Ilustración del efecto del trabajo en frío sobre un metal. Se describen las relaciones de esfuerzo-tensión típicas a temperatura ambiente.

Supongamos ahora que un material ha sido trabajado en frío y dejado hasta el punto o' en la figura A1. Si se repite sobre el material el esfuerzo aplicado de la misma manera, será su punto de cesión el representado por y'

presentándose un esfuerzo plástico adicional a lo largo del trayecto y'L. En el estado que confiere el trabajo en frío exhibe este una nueva relación de esfuerzo a tensión a lo largo de o'y'L. Vemos entonces, que el material adquiere un punto de cesión más alto, es mas duro y menos dúctil que antes del trabajado en frío original. El material en frío tanto mas se aproximarán sus propiedades a las de un material quebradizo ilustrado en la figura anterior.

El efecto natural de la mayoría de las operaciones de trabajado en frío consiste en aplicar mucho más esfuerzo en una dirección que en otras.

Las tensiones que ocurren en direcciones diferentes u opuestas en el interior de la misma pieza, con frecuencia reaccionan recíprocamente cuando dejan de manifestarse las fuerzas y los esfuerzos aplicables. Éste fenómeno impide que el material regrese hasta una condición completamente exenta de esfuerzos y origina lo que se conoce como esfuerzos residuales.

El endurecimiento por tensión tiene que aliviarse en algunos casos. Esta no es una propiedad conveniente en muchos productos.

Para efectuar el trabajo en frío es necesario aplicar fuerzas relativamente intensas. Esto significa que el equipo que se utiliza tiene que ser

proporcionalmente fuerte y potente, especialmente cuando la producción es veloz. Aún así hay muchos productos que pueden terminarse mediante el trabajo en frío hasta límites de tolerancia estrechos impartiendo un buen acabado, a menor costo, que por otros medios. Los procesos de trabajo en frío desempeñan un papel importante y fundamental en la mayoría de las industrias de alta producción.

APENDICE B

CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE PRENSAS

PRENSAS.

Las prensas son las máquinas que realizan operaciones para el conformado de metales. La capacidad de una prensa depende de los siguientes factores:

1. Dimensiones entre las que se incluye:
 - a) Espacio suficiente para acomodar las herramientas.
 - b) Una longitud de carrera para impulsar un punzón hasta la distancia necesaria.
 - c) Aberturas para poder introducir y sacar fácilmente de la prensa el material, las piezas terminadas y el desperdicio.
2. Resistencia para suministrar la fuerza necesaria para cada carrera.
3. Una fuente de energía para mantener la fuerza durante el ciclo de la carrera.
4. Velocidad para suministrar el número de carreras por minuto que se exige.

5. Potencia para mantener la salida de energía a la velocidad de operación.
6. Resistencia y durabilidad para mantener las aleaciones, guardar las tolerancias y producir económicamente durante un tiempo prolongado.

Toda prensa está constituida por ciertas unidades básicas como se indica en la figura B1. Esas son el bastidor y la bancada, arietes o deslizaderas, la impulsión para el ariete y la fuente de poder, así como la transmisión. Mediante la combinación de varias clases y tamaños de prensas se construye una gran diversidad de prensas para satisfacer muchos propósitos.

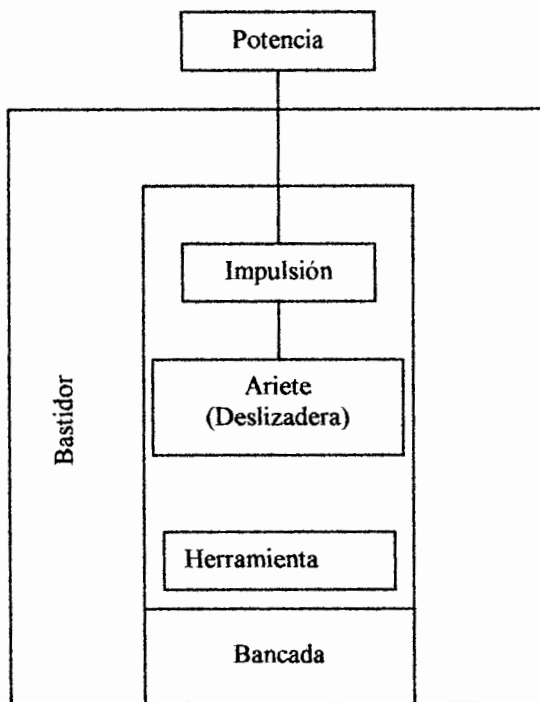


Figura B1. Los elementos de una prensa.

Cada unidad determina parte de la capacidad física de la prensa.

Bastidor y bancada. La parte inferior del bastidor de una prensa sobre el que se coloca el dado se conoce como la bancada o lecho. El lecho está reforzado fuertemente con nervaduras para darle fuerza y hueco para dar acomodo a accesorios como descargas de desperdicio metálico y albergar muelles de presión.

El marco contiene el mecanismo motriz y medios para guiar el ariete recíprocante sin que se salga de una trayectoria fija. Los bastidores para prensas se hacen tanto de hierro como de acero. Tienen que ser fuertes y rígidos para mantener la fidelidad de la alineación entre los punzones y dados. Una prensa se clasifica nominalmente, primero, por la toneladas de fuerza que puede ejercer sin resentir esfuerzos indebidos. Con el fin de mantener pequeñas las deflexiones, siempre se escogen prensas con valor nominal 50% a 100% superior a la fuerza que ha de desplegarse en la operación.

La mayoría de las prensas con capacidad desde una fracción de tonelada hasta 200 toneladas, tienen bastidores tipo C. Este tipo de bastidor permite el acceso libre, desde tres lados, al espacio ocupado por los dados, esta característica acelera la producción porque es posible poner el dado de

muchas maneras y alimentarle el material. Una desventaja inherente al diseño es que la parte superior y la inferior de un bastidor en C tiende a alejarse bajo los efectos de la carga. Ésta característica afecta desfavorablemente la alineación de la prensa y es perjudicial para la precisión del trabajo y la vida útil de las herramientas, razón por la cual, en la planta se utiliza éste tipo de prensa para la elaboración de accesorios, los tipos de prensa donde se realizan las embuticiones son de Bastidores rectos.

Los bastidores de prensas que tienen dos o mas columnas como los tipos de lados rectos de la figura B2. están mas balanceadas y son más rígidas que los bastidores tipo C. El diseño es apropiado para lechos amplios y carreras largas.

Pilón o Ariete de prensa. El ariete de una prensa impulsa el punzón durante la operación. La mayoría de las prensas mecánicas tienen una longitud de carreras fija pero algunas son ajustables.

La alineación determina en con cuánta precisión pueden ajustarse entre sí los punzones y dados en laprensa. Es indispensable mantener entre cada punzón y la abertura de dado en donde penetre un claro definido y, frecuentemente, diminuto. De otra manera no resultará uniforme en toda la

circunferencia la acción de corte o conformado y no resulta buena la calidad de los productos.

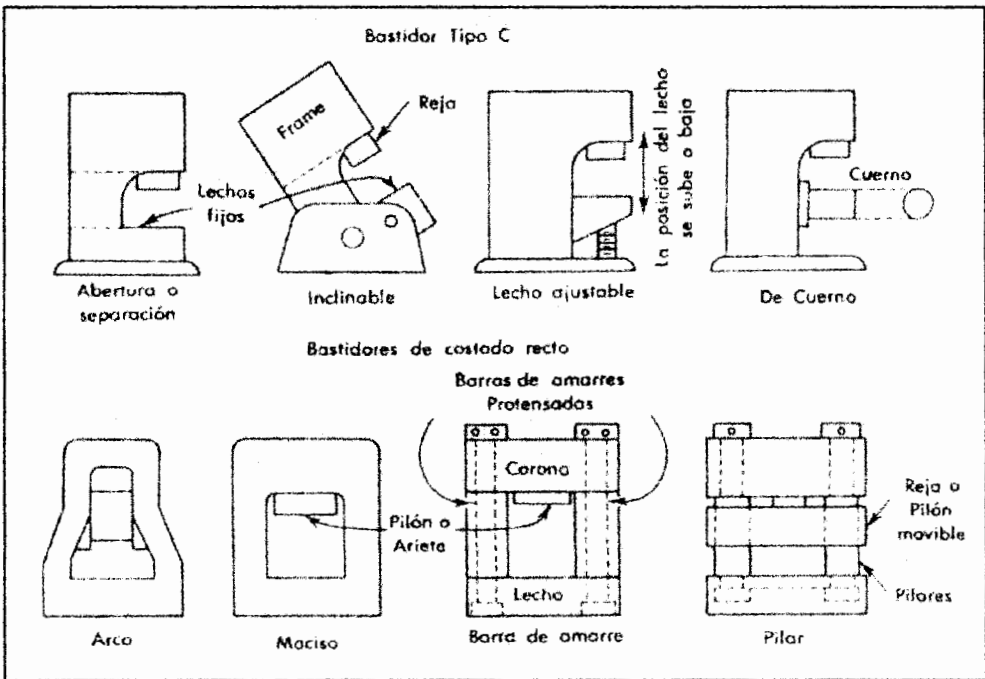


Figura B2. Tipos comunes de bastidores de prensas.

Impulsiones de prensas. La impulsión de una prensa es el medio utilizado para aplicar la fuerza al ariete. Se emplean sistemas motrices mecánicos e hidráulicos. Los dispositivos mecánicos que se usan ahora son la manivela, excéntrico, leva, palanca acodillada, junta acodillada y piñón y cremallera, como se ilustra en la figura B3.

El pilón de una prensa hidráulica es activado por medio de presión de aceite aplicada sobre un pistón dentro de un cilindro.

Se utilizarán los dos tipos de prensas para las embuticiones de los componentes de la estufa. Para las prensas mecánicas, el tipo de impulsión es de palanca acodillada.

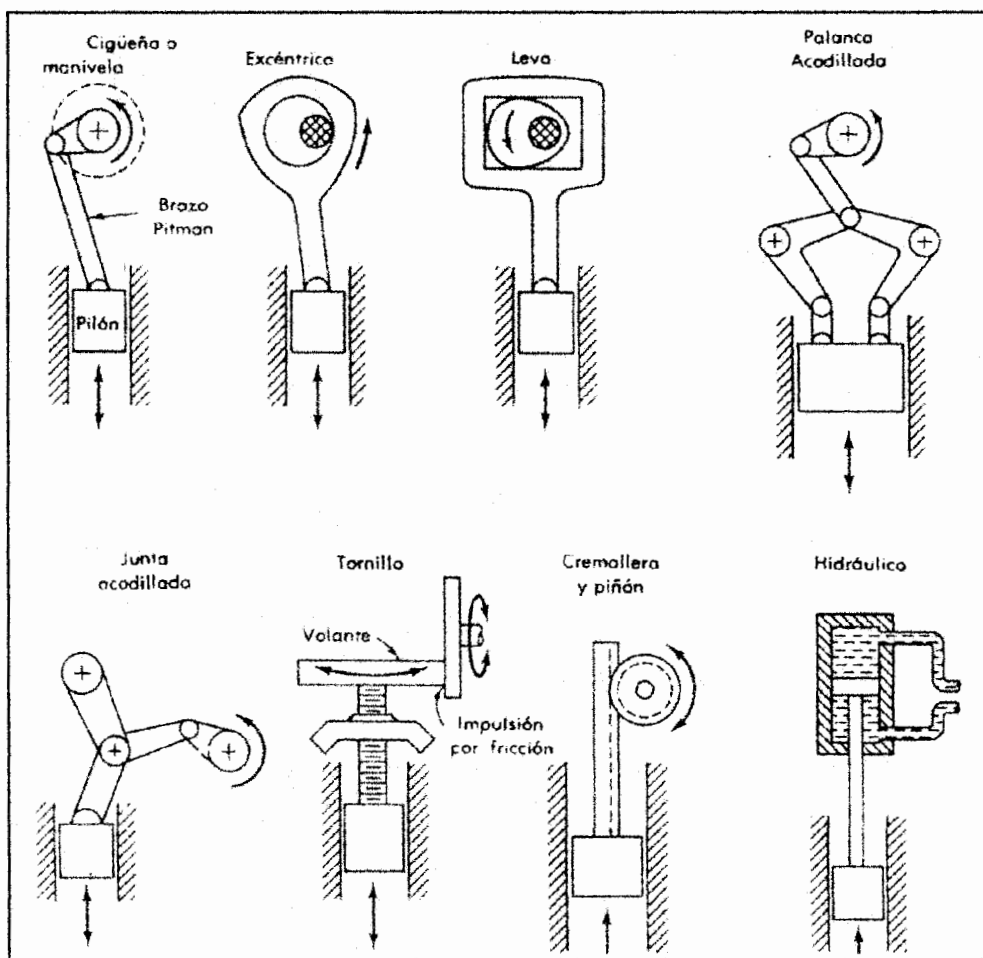


Figura B3. Principales clases de impulsiones para prensas.

APENDICE C

MAPEO DE LOS PROCESOS INVOLUCRADOS CON EL ESTUDIO.

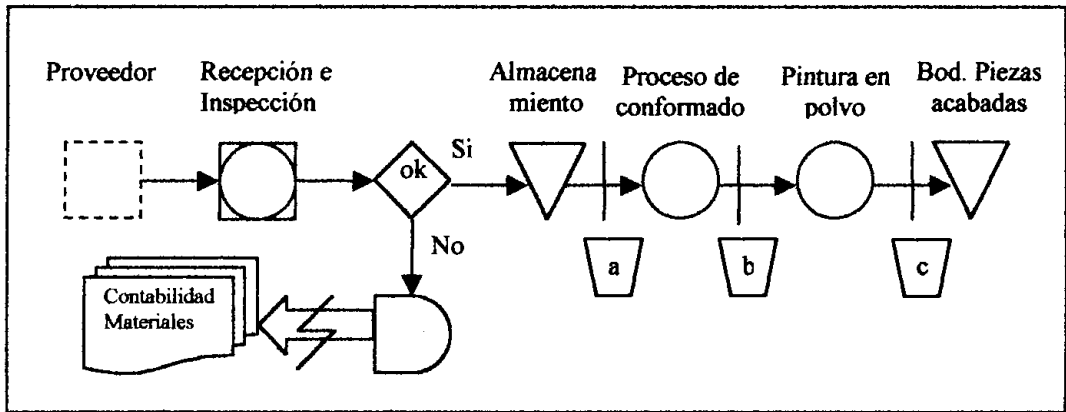


Figura C1. Mapa de proceso general, lateral estándar.

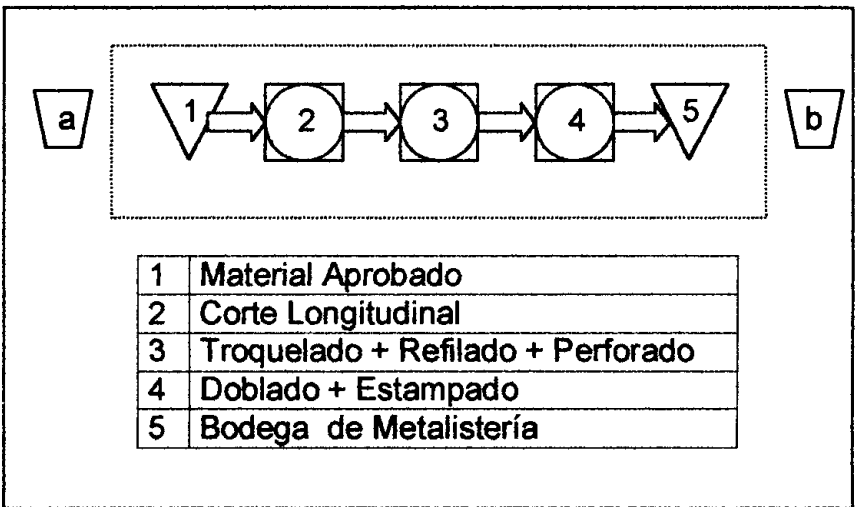


Figura C2. Proceso de metalistería, lateral estándar.

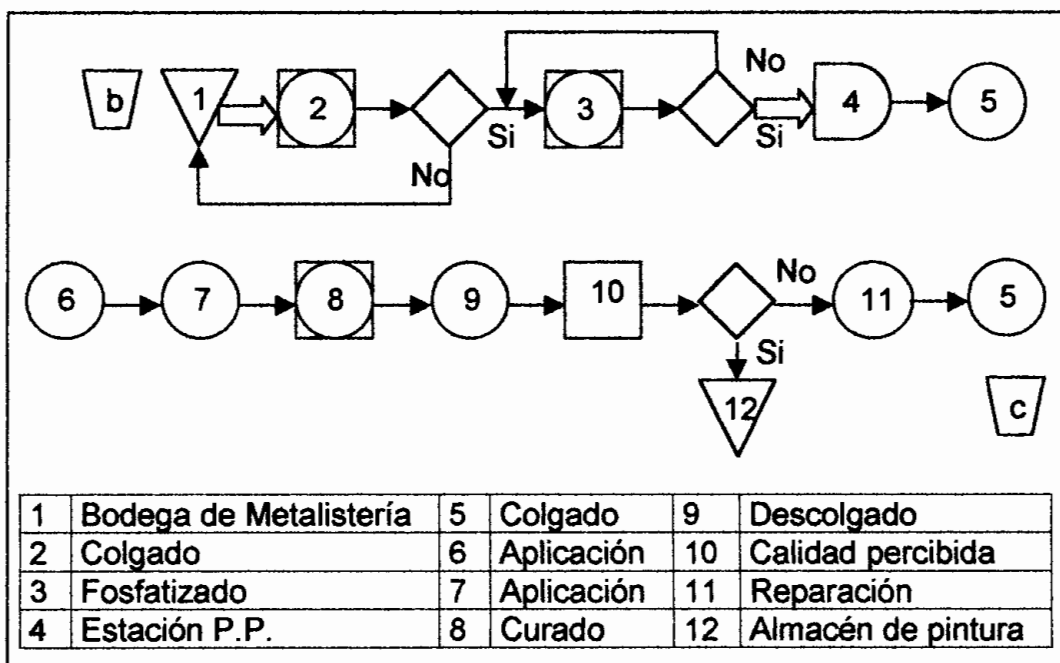


Figura C3. Proceso de acabados, lateral estándar.

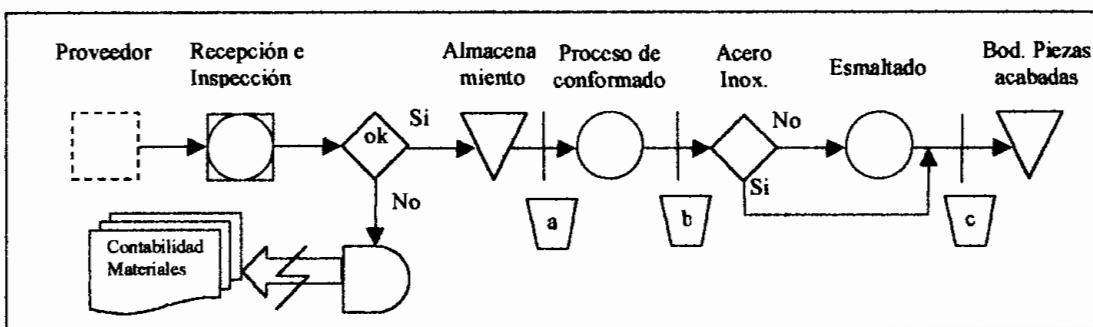


Figura C4. Mapa de proceso general, cubiertas.

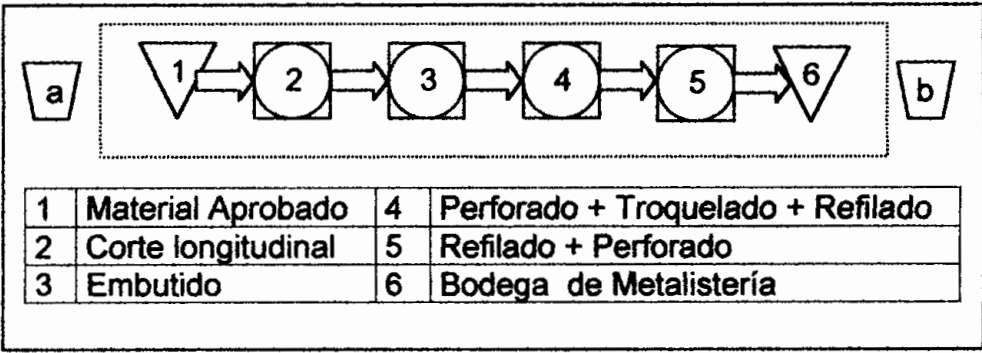


Figura C5. Proceso de metalistería, cubiertas.

1	Bodega de Metalistería	10	Lavado	19	Filetear perforaciones
2	Llenado de canastas	11	Colgado	20	Colgado
3	Decapado	12	Curado	21	Lavado
4	Colgado	13	Descolgado	22	Curado
5	Aplicación	14	Almacenamiento	23	Descolgado
6	Colgado	15	Pulido de granos	24	Calidad percibida
7	Refuerzo	16	Colgado	25	Reparación
8	Secado	17	Aplicación	26	Almacén de acabados
9	Espesor de capa	18	Secado		

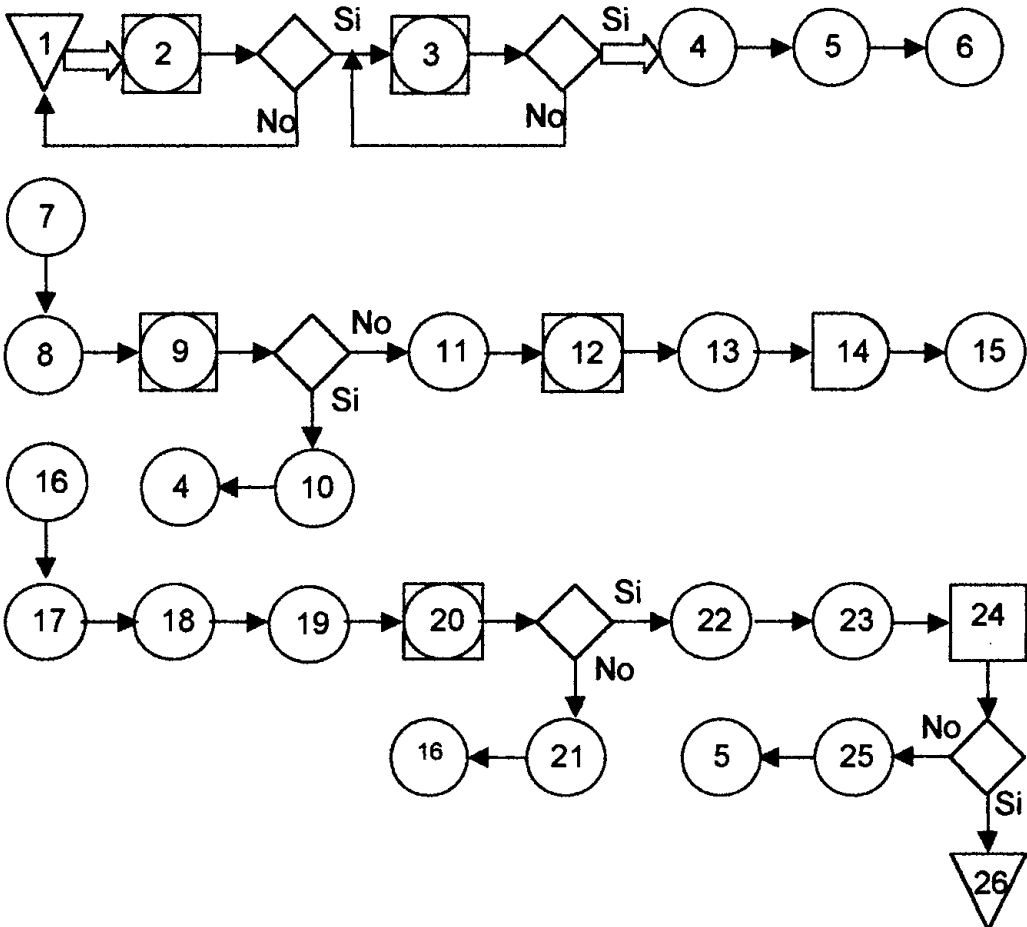


Figura C6. Proceso de acabados, cubiertas.

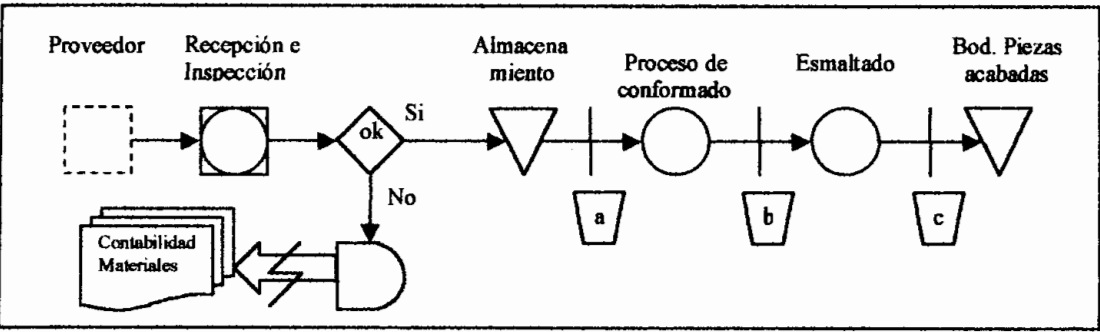


Figura C7. Mapa de proceso general, frente de perillas.

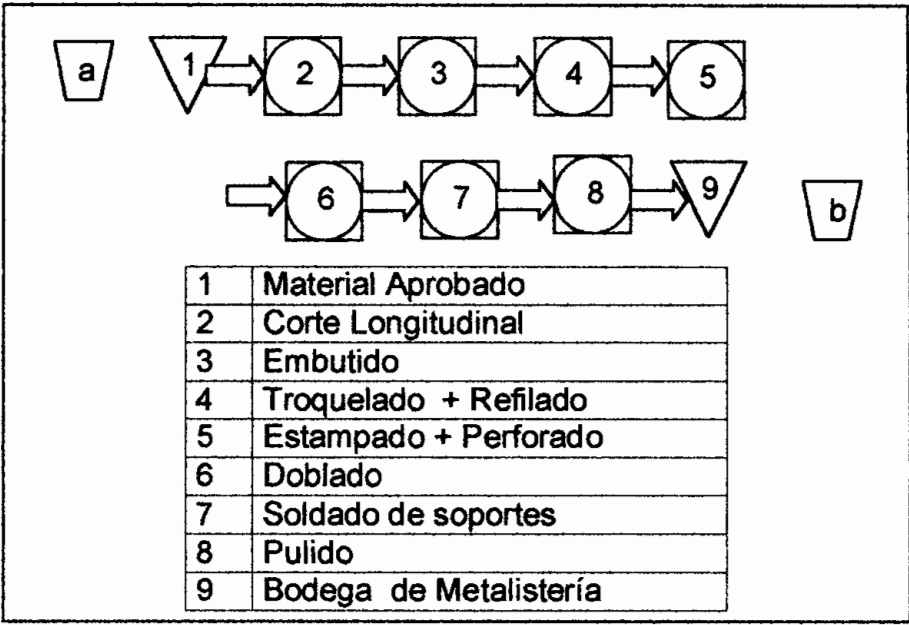
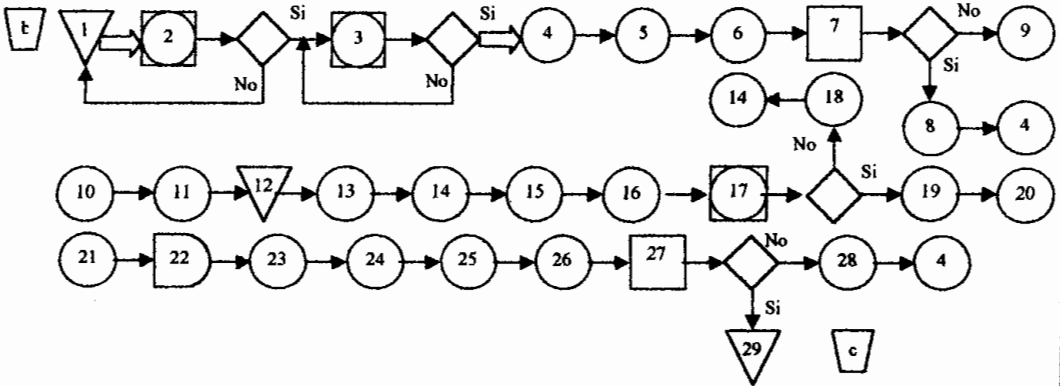


Figura C8. Proceso de metalistería, frente de perillas.



1	Almacén de Metalistería	16	Secado de esmalte
2	Llenado de canastas	17	Transferencia
3	Decapado	18	Lavado de esmalte
4	Aplicación por aspersión	19	Colgado de frontal
5	Colgado de frontal	20	Cuadro de esmalte
6	Secado de esmalte	21	Descolgado de frontal
7	Espesor de capa	22	Estación de serigrafía
8	Lavado de base	23	Aplicación de serigrafía
9	Colgado de frontal	24	Colgado de frontal
10	Curado de esmalte	25	Curado de serigrafía
11	Descolgado de frontal	26	Descolgado de frontal
12	Almacenamiento	27	Inspección de C.P.
13	Pulido de grumos	28	Retrabajo
14	Colgado y limpieza	29	Bodega esmaltado
15	Aplicación de esmalte		

Figura C9. Proceso de acabados, frente de perillas.

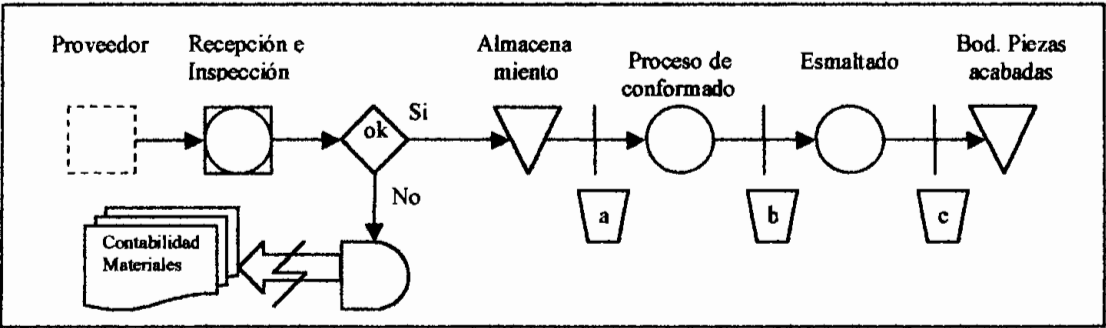


Figura C10. Mapa de proceso general, hornos.

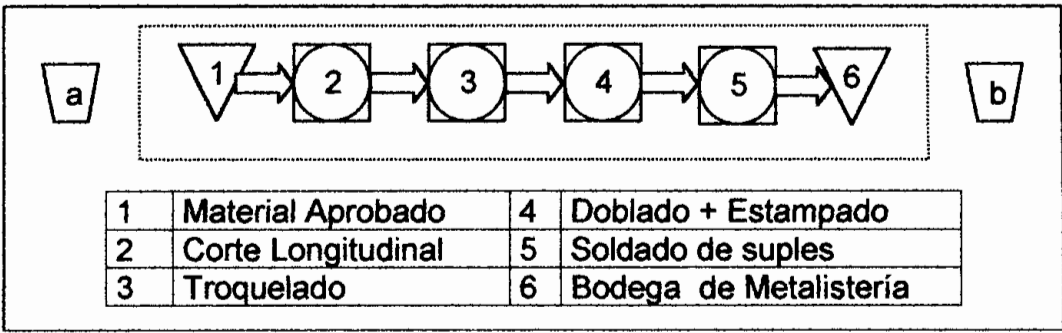


Figura C11. Proceso de metalistería, marco de horno.

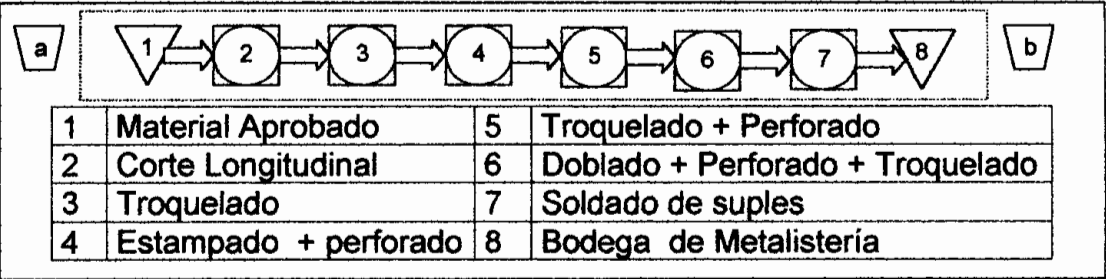


Figura C12. Proceso de metalistería, espaldar de horno.

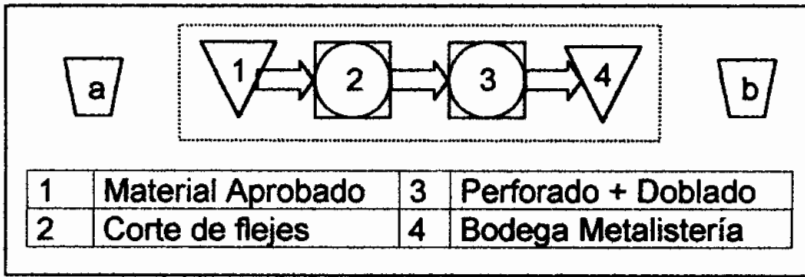


Figura C13. Proceso de metalistería, suples de horno.

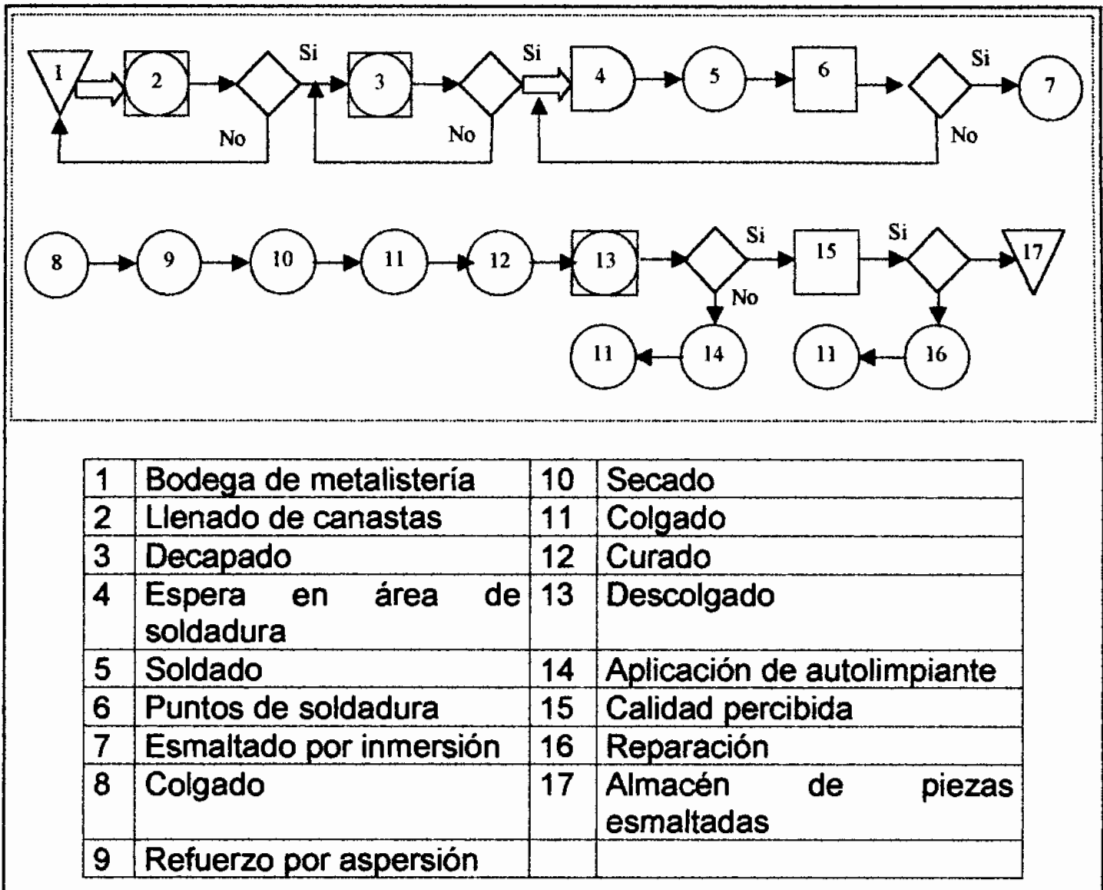


Figura C14. Proceso de acabado, horno.

APENDICE D

PREGUNTAS MAS FRECUENTES ACERCA DE LA MEDICIÓN.

¿Qué es un Sistema de Medición?

Un sistema de medición es todo lo asociado con la toma de medidas: la gente, la herramienta de medición, el material, el método y el ambiente, todo conocido como: "El sistema de medición".

El objetivo es usar un sistema de medición que arroje al sistema la menor cantidad de error causado por la medición.

¿Qué es una medición?

Una medición es una comparación entre una cantidad desconocida y una cantidad conocida.

Necesitamos datos de medición para tomar decisiones acerca de la aceptación de productos o los procesos de control, al hacernos preguntas como: ¿Acepto la pieza o no?, ¿El proceso está bien o necesita algún ajuste?.

¿Qué se espera de los datos de medición?

Exactitud.- Es la diferencia entre el promedio observado de las mediciones y el promedio real. Nos da la certeza de que los datos son un reflejo de la realidad.

Repetibilidad.- Es la variación de la medición cuando una persona usa el mismo instrumento para medir la misma parte. Se da cuando una persona al volver a medir obtiene el mismo valor.

Reproducibilidad.- Es la variación en el promedio de las mediciones obtenidas cuando dos o mas personas usan el mismo instrumento para medir las mismas partes. Si la parte se mide por una persona u otra, no se esperan resultados diferentes, es decir, los resultados son independientes del operador.

¿Qué es un Gage?

Un gage es cualquier instrumento usado para medir, el cual debe tener resolución. El instrumento de Medición deberá tener una resolución menor o igual al 10% de la especificación o variación del proceso.

La resolución es definida como la cantidad más pequeña que el instrumento de medición es capaz de leer.

¿Qué es un operador?

Es aquella persona o dispositivo que usa un Gage para hacer una medición.

APÉNDICE E

**VALIDACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA LAS VARIABLES
DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.**

TRADUCCIÓN DE LA NOMENCLATURA USADA POR EL SOFTWARE

MINITAB, EN LA TABLA DEL GAGE R&R MÉTODO ANOVA

Nomenclatura MINITAB	Traducción
Gage R&R Study – ANOVA Method	Estudio Gage R&R – Método Anova
Two-Way ANOVA With Interaction	ANOVA dos vías con interacción
Source	Fuente
DF (Degree Free)	Grados de libertad
SS (Sum Square)	Suma cuadrática
MS (Mean Square)	Media cuadrática
F	Estadístico F
P	Estadístico P
Part	Parte
Operator	Operador
Operator*Part	Operador y Parte
Repeatability	Repetibilidad
Reproducibility	Reproducibilidad
Part to part	Parte a Parte
Total Variation	Total de variación
Varcomp	Varianza
StdDev	Desviación estándar
% Contribution	% de Contribución
% Study Var	% de Estudio de Variación
% Tolerance	% de Tolerancia
Number of Distinct Categories	Número de distintas categorías

Y1: ANCHO DE LA COCINA EN SU SECCION FRONTAL.

Tabla E1. Datos para validar el sistema de medición de Y1.

	Operador	Parte	Medición
1	1	1	611.26
2	1	2	610.39
3	1	3	610.81
4	1	4	610.53
5	1	5	612.05
6	1	6	609.95
7	1	7	611.18
8	1	8	610.11
9	1	9	611.30
10	1	10	609.78
11	2	1	611.28
12	2	2	610.36
13	2	3	610.84
14	2	4	610.53
15	2	5	611.99
16	2	6	609.99
17	2	7	611.20
18	2	8	610.20
19	2	9	611.23
20	2	10	609.81
21	1	1	611.22
22	1	2	610.35
23	1	3	610.81
24	1	4	610.54
25	1	5	611.99
26	1	6	609.95
27	1	7	611.13
28	1	8	610.11
29	1	9	611.23
30	1	10	609.75
31	2	1	611.27
32	2	2	610.29
33	2	3	610.91
34	2	4	610.59
35	2	5	612.03
36	2	6	609.90
37	2	7	611.12
38	2	8	610.15
39	2	9	611.22
40	2	10	609.80

Tabla E2. Método Anova para validar el Sistema de Medición de Y1.

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage name: **Ancho del frente de la cocina**
 Date of study: 26 de Octubre / 2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
 Instrumento: Calibrador Vernier 24"

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parte	9	17.6808	1.96453	1276.36	0.00000
Operador	1	0.0018	0.00182	1.18	0.30481
Operador*Parte	9	0.0139	0.00154	1.30	0.29876
Repeatability	20	0.0237	0.00119		
Total	39	17.7202			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parte	9	17.6808	1.96453	1515.10	0.0000
Operador	1	0.0018	0.00182	1.41	0.2454
Repeatability	29	0.0376	0.00130		
Total	39	17.7202			

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.00132	0.036372	0.18732
Repeatability	0.00130	0.036009	0.18545
Reproducibility	0.00003	0.005128	0.02641
Operator	0.00003	0.005128	0.02641
Part-To-Part	0.49081	0.700578	3.60798
Total Variation	0.49213	0.701522	3.61284

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.27	5.18	9.37
Repeatability	0.26	5.13	9.27
Reproducibility	0.01	0.73	1.32
Operator	0.01	0.73	1.32
Part-To-Part	99.73	99.87	180.40
Total Variation	100.00	100.00	180.64

Number of Distinct Categories = 27

Análisis de resultados del estudio Gage R&R, método ANOVA.

Source	P
Parte	0.00000
Operador	0.30481

Se puede afirmar con un 100% de confianza, que las partes contribuyen significativamente con el total de la variación ya que el valor $p = 0$ para las partes, lo cual es ideal.

No podemos afirmar lo mismo de los operadores que efectuaron la medición, con un 70% de confianza, no existe la suficiente evidencia estadística para hacerlo, ya que $p = 0.30481$ es mayor que 0.05.

Se descarta la influencia de los operadores en la variación de la medición.

Gage name: Ancho frente de cocina
 Date of study: 26 de Octubre / 2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
 Mac: Calibrador Vernier grande

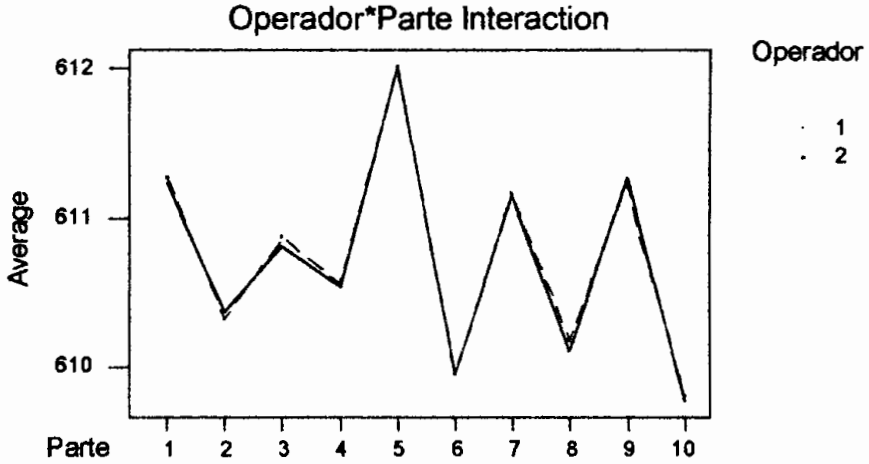


Figura E1. Interacción de las mediciones de ambos operadores.

Gage name: Ancho frente de cocina
 Date of study: 26 de Octubre / 2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
 Mac: Calibrador Vernier grande

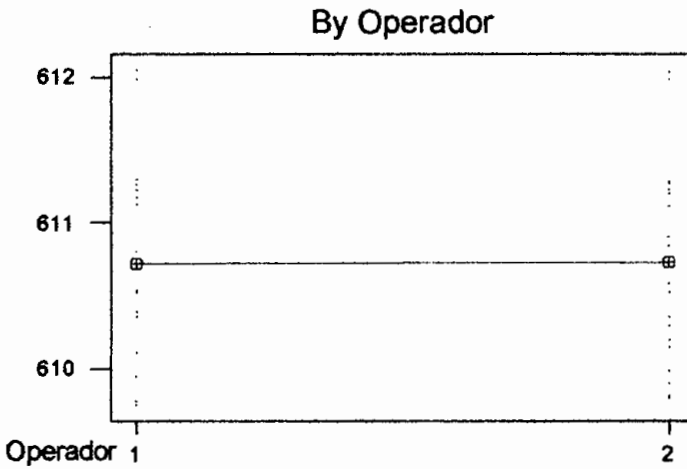


Figura E2. Promedio de las mediciones de los operadores.

Gage name: Ancho frente de cocina
 Date of study: 26 de Octubre / 2001
 Reported by: Patricia Alvarez
 Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
 Mec: Calibrador Vernier grande

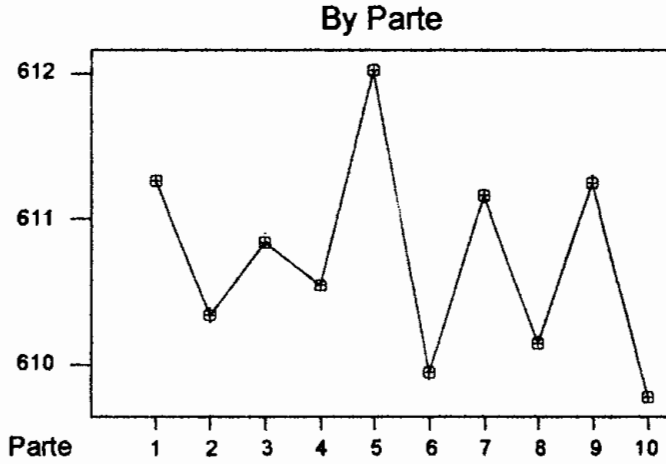


Figura E3. Variación de las partes.

No existe mucha variación entre ambas mediciones.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.27	5.18	9.37
Part-To-Part	99.73		
Total Variation	00.00		

El % de Contribución del Gage, del Estudio de variación y de la tolerancia son Aceptables.

Gage name: Ancho frente de cocina
 Date of study: 26 de Octubre / 2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
 Misc: Calibrador Vernier grande

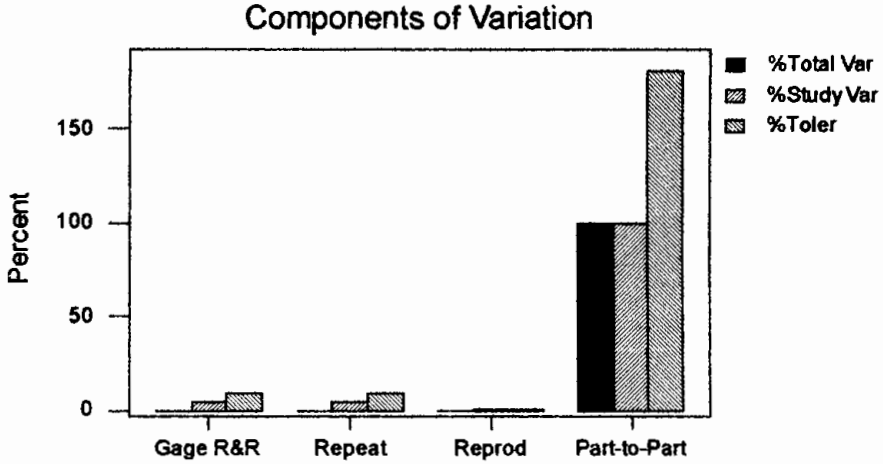


Figura E4. Contribución del Gage R&R.

Gage name: Ancho frente de cocina
 Date of study: 26 de Octubre / 2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
 Misc: Calibrador Vernier grande

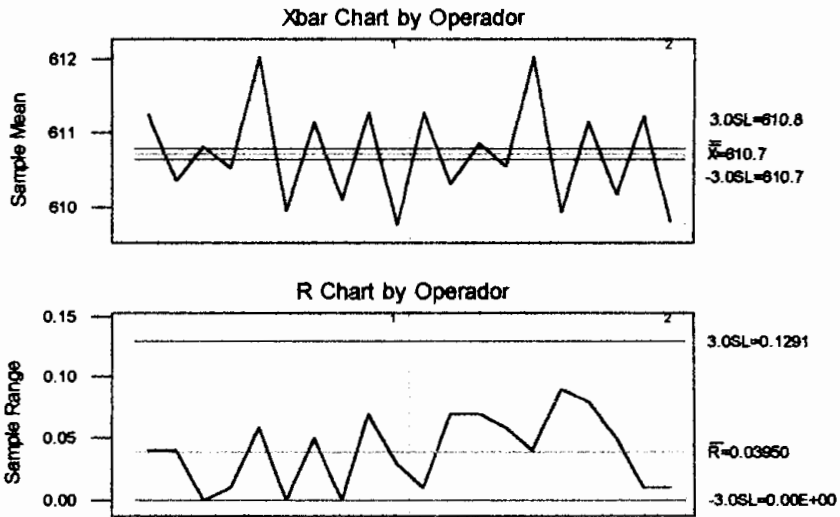


Figura E5. Carta de la media y del rango.

La tolerancia es muy estrecha, no se podrá diferenciar piezas buenas de malas. Pese a que el valor del % de tolerancia es aceptable, habrá que cambiar las especificaciones de diseño. (ver figura E5. Xbar chart)

Number of Distinct Categories = **27**

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

CONCLUSION FINAL DEL GAGE: SISTEMA DE MEDICIÓN ACEPTADO.

Y2: ANCHO DE LA COCINA EN SU SECCIÓN POSTERIOR.

Tabla E3. Datos para validar el sistema de medición de Y2.

	operador	parte	medición
1	1	1	613.07
2	1	2	611.58
3	1	3	612.31
4	1	4	611.84
5	1	5	610.98
6	1	6	611.91
7	1	7	611.85
8	1	8	610.52
9	1	9	610.73
10	1	10	612.13
11	2	1	613.05
12	2	2	611.68
13	2	3	612.3
14	2	4	611.85
15	2	5	611.09
16	2	6	612.08
17	2	7	611.97
18	2	8	610.72
19	2	9	610.62
20	2	10	612.24
21	1	1	613.01
22	1	2	611.56
23	1	3	612.21
24	1	4	611.81
25	1	5	610.83
26	1	6	611.94
27	1	7	611.82
28	1	8	610.62
29	1	9	610.76
30	1	10	612.27
31	2	1	612.92
32	2	2	611.37
33	2	3	612.33
34	2	4	611.75
35	2	5	611.08
36	2	6	612.05
37	2	7	611.97
38	2	8	610.66
39	2	9	611.02
40	2	10	612.44

Tabla E4. Método Anova para validar el Sistema de Medición de Y2.

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage name: **Ancho posterior de la cocina**
 Date of study: 30/Oct/2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
 Instrumento: Calibrador Vernier grande + dispositivo

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	20.1395	2.23772	301.896	0.00000
operador	1	0.0518	0.05184	6.994	0.02671
operador*parte	9	0.0667	0.00741	0.745	0.66553
Repeatability	20	0.1991	0.00995		
Total	39	20.4571			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	20.1395	2.23772	244.136	0.00000
operador	1	0.0518	0.05184	5.656	0.02420
Repeatability	29	0.2658	0.00917		
Total	39	20.4571			

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.01130	0.106299	0.54744
Repeatability	0.00917	0.095739	0.49305
Reproducibility	0.00213	0.046192	0.23789
operador	0.00213	0.046192	0.23789
Part-To-Part	0.55714	0.746417	3.84405
Total Variation	0.56844	0.753948	3.88283

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	1.99	14.10	27.37
Repeatability	1.61	12.70	24.65
Reproducibility	0.38	6.13	11.89
operador	0.38	6.13	11.89
Part-To-Part	98.01	99.00	192.20
Total Variation	100.00	100.00	194.14

Number of Distinct Categories = 10

Análisis de resultados del Estudio Gage R&R.

Source	P
parte	0.00000
operador	0.02671

Se puede afirmar con un 100% de confianza, que las partes contribuyen significativamente con la variación de la medición y con un 98% de confianza, que el operador contribuye significativamente en el total de la variación de la medición.

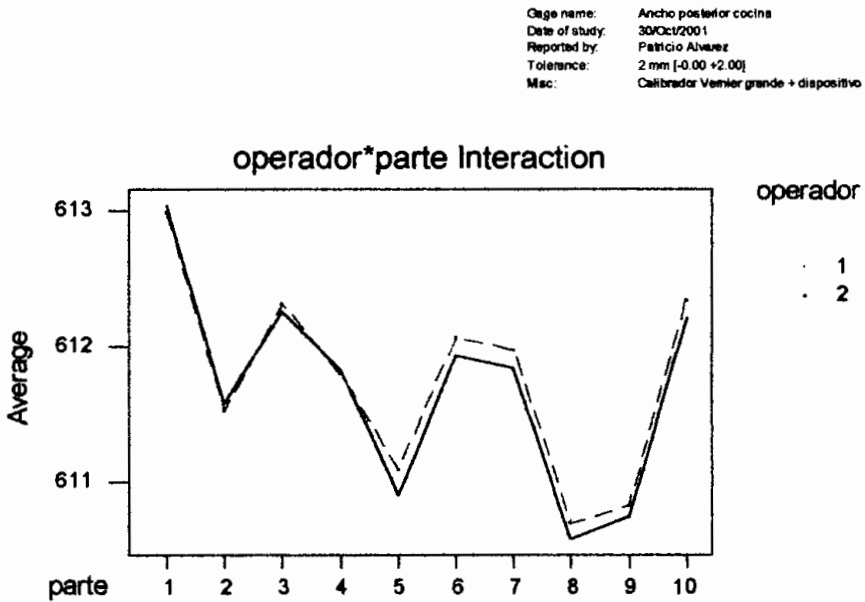


Figura E6. Interacción de las mediciones de ambos operadores.

Gage name: Ancho posterior cocina
Date of study: 30/Oct/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
Misc: Calibrador Vernier grande + dispositivo

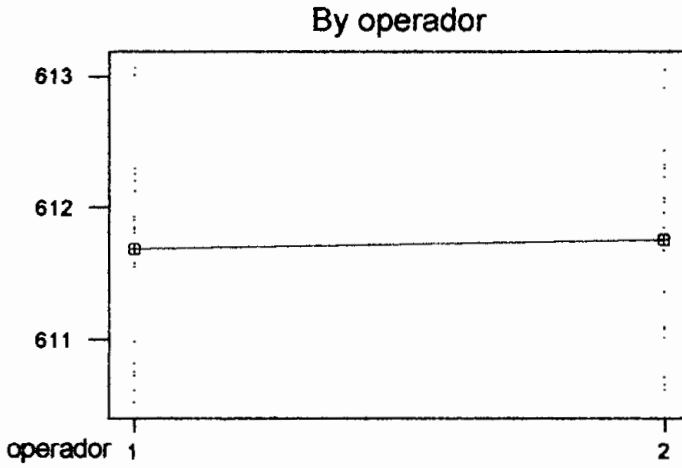


Figura E7. Promedio de las mediciones de los operadores.

Gage name: Ancho posterior cocina
Date of study: 30/Oct/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
Misc: Calibrador Vernier grande + dispositivo

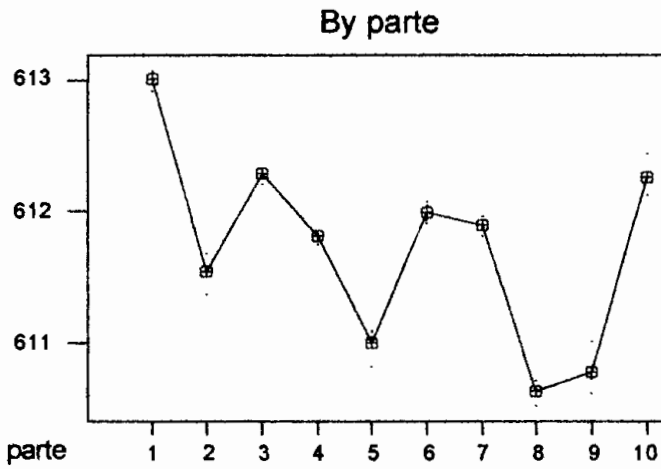


Figura E8. Variación de las partes.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	1.99	14.10	27.37
Part-To-Part	98.01		
Total Variation	100.00		

La contribución del Gage y el % del estudio de variación son aceptables. Descartan la contribución del operador en la variación de los datos. El % de tolerancia es condicional. Habrá que considerar incrementar la tolerancia, según se puede apreciar en la figura E10. (Xbar chart), casi todos los valores caen fuera de los límites de especificación.

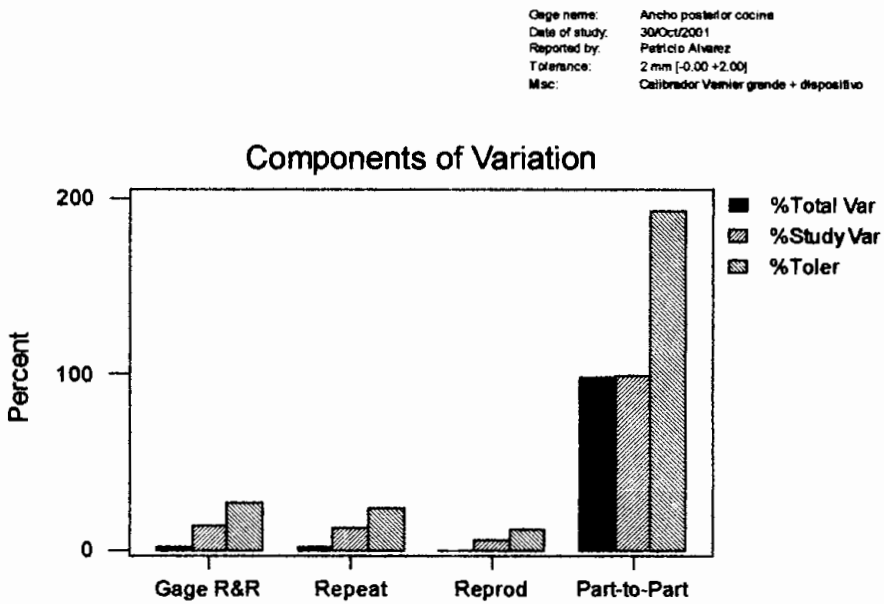


Figura E9. Contribución del Gage R&R.

Gage name: Ancho posterior cocina
Date of study: 30/Oct/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 2 mm [-0.00 +2.00]
Masc: Calibrador Vernier grande + dispositivo

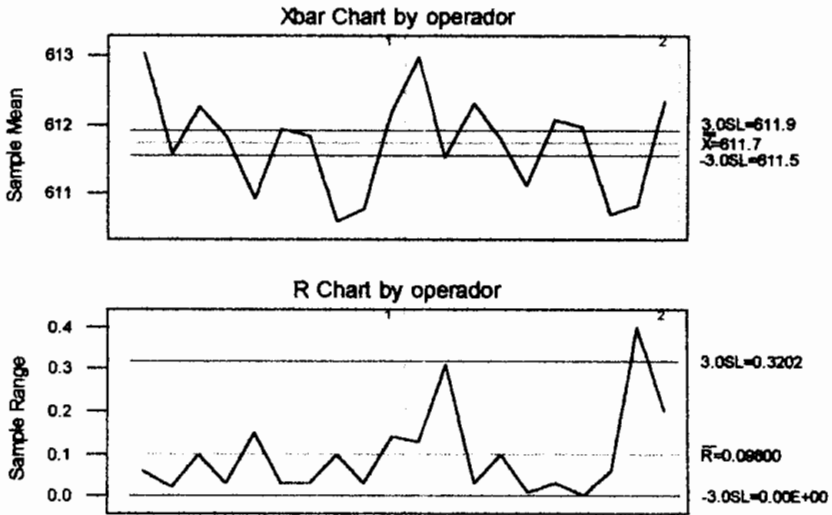


Figura E10. Carta de la media y del rango.

Number of Distinct Categories = 10

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

CONCLUSION FINAL DEL GAGE: SISTEMA DE MEDICIÓN ACEPTADO.

Y3: ANCHO INTERNO DEL FRONTAL.

Tabla E5. Datos para validar el sistema de medición de Y3.

	operador	parte	medición
1	1	1	607.51
2	1	2	606.88
3	1	3	607.10
4	1	4	606.87
5	1	5	607.33
6	1	6	607.54
7	1	7	607.20
8	1	8	607.27
9	1	9	607.33
10	1	10	607.94
11	2	1	607.42
12	2	2	606.93
13	2	3	607.13
14	2	4	606.96
15	2	5	607.30
16	2	6	607.57
17	2	7	607.15
18	2	8	607.38
19	2	9	607.32
20	2	10	607.95
21	1	1	607.51
22	1	2	606.90
23	1	3	607.17
24	1	4	606.88
25	1	5	607.28
26	1	6	607.51
27	1	7	607.14
28	1	8	607.29
29	1	9	607.36
30	1	10	608.03
31	2	1	607.50
32	2	2	606.88
33	2	3	607.21
34	2	4	606.96
35	2	5	607.26
36	2	6	607.57
37	2	7	607.24
38	2	8	607.41
39	2	9	607.34
40	2	10	607.97

Tabla E6. Método Anova para validar el Sistema de Medición de Y3.

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for: Frente de Perillas
 Date of study: 30/Oct/2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerancia: 1 mm
 Instrumento: Calibrador Vernier

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	3.57192	0.396880	146.857	0.00000
operador	1	0.00420	0.004203	1.555	0.24387
operador*parte	9	0.02432	0.002703	2.229	0.06505
Repeatability	20	0.02425	0.001212		
Total	39	3.62470			

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.00203	0.045083	0.23218
Repeatability	0.00121	0.034821	0.17933
Reproducibility	0.00082	0.028636	0.14747
operador	0.00008	0.008660	0.04460
operador*parte	0.00075	0.027295	0.14057
Part-To-Part	0.09854	0.313918	1.61668
Total Variation	0.10058	0.317139	1.63326

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	2.02	14.22	23.22
Repeatability	1.21	10.98	17.93
Reproducibility	0.82	9.03	14.75
operador	0.07	2.73	4.46
operador*parte	0.74	8.61	14.06
Part-To-Part	97.98	98.98	161.67
Total Variation	100.00	100.00	163.33

Number of Distinct Categories = 10

Análisis de resultados del Gage R&R.

Source	P
parte	0.00000
operador	0.24387

Se puede afirmar con un 100% de confianza que las partes son las únicas variables significativas que contribuyen en la variación de los datos. Un 76% de confianza no es suficiente para afirmar lo mismo de los operadores, éstos no contribuyen con la variación.

Ancho interno Frente de Perillas

Gage name: Frente de Perillas
Date of study: 10/Octubre/2001
Reported by: Patricio Alvarez S.
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador Vernier

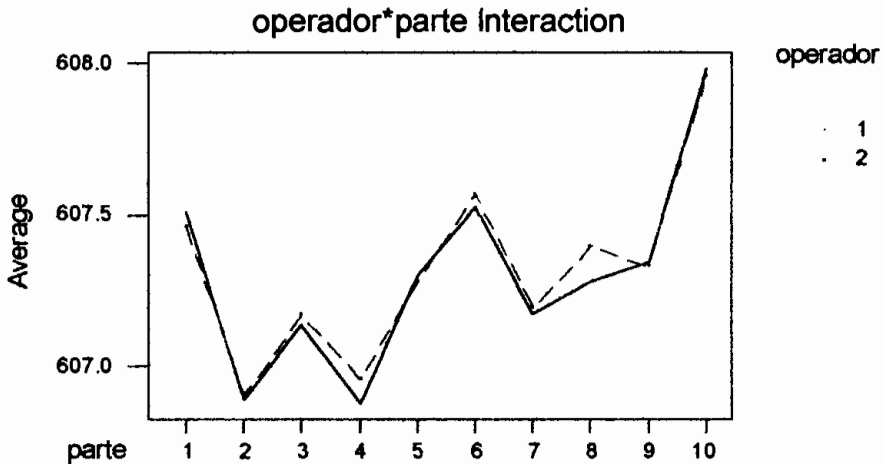


Figura E11. Interacción de las mediciones de ambos operadores.

Ancho interno Frente de Perillas

Gage name: Frente de Perillas
Date of study: 10/Octubre/2001
Reported by: Patricio Alvarez S.
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador Vernier

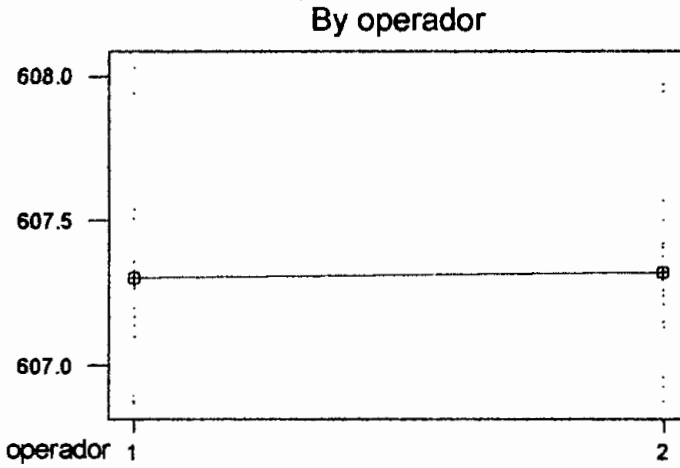


Figura E12. Promedio de las mediciones de los operadores.

Ancho interno Frente de Perillas

Gage name: Frente de Perillas
Date of study: 10/Octubre/2001
Reported by: Patricio Alvarez S.
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador Vernier

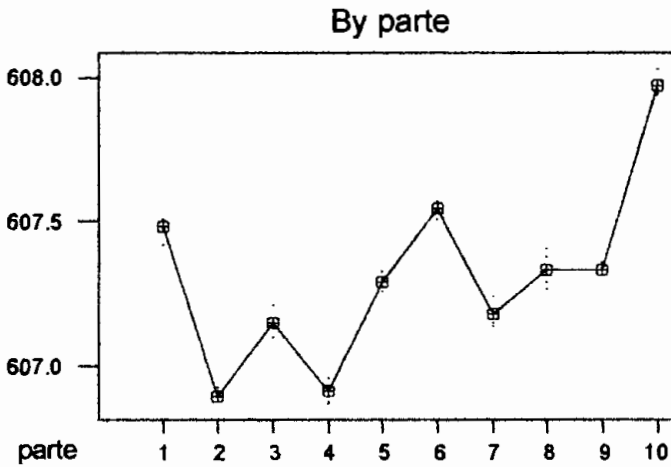


Figura E13. Variación de las partes.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	2.02	14.22	23.22
Part-To-Part	97.98		
Total Variation	100.00		

La contribución del Gage y el % del estudio de variación son aceptables. Descartan la contribución del operador en la variación de los datos. El % de tolerancia es condicional. Habrá que considerar incrementar la tolerancia.

Ancho interno Frente de Perillas

Gage name: Frente de Perillas
 Date of study: 10/Octubre/2001
 Reported by: Patricia Alvarez S.
 Tolerance: 1 mm
 Mtrc: Calibrador Vernier

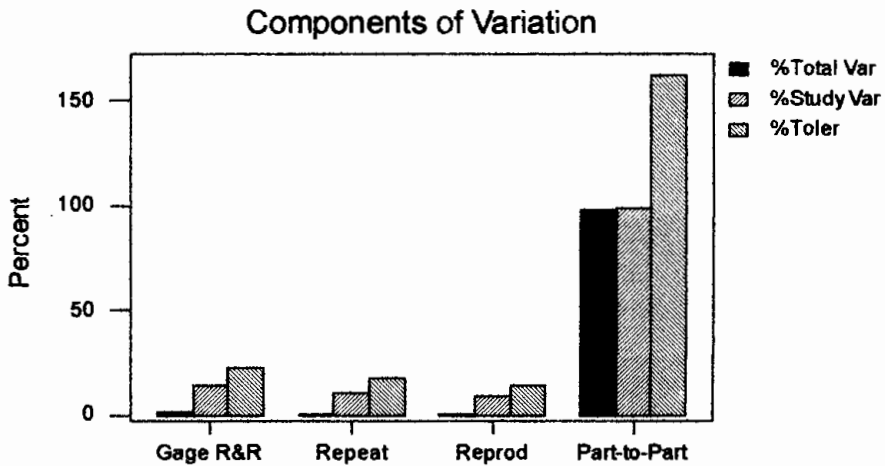


Figura E14. Contribución del Gage R&R.

Ancho interno Frente de Perillas

Gage name: Frente de Perillas
Date of study: 10/Octubre/2001
Reported by: Patricio Alvarez S.
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador Vernier

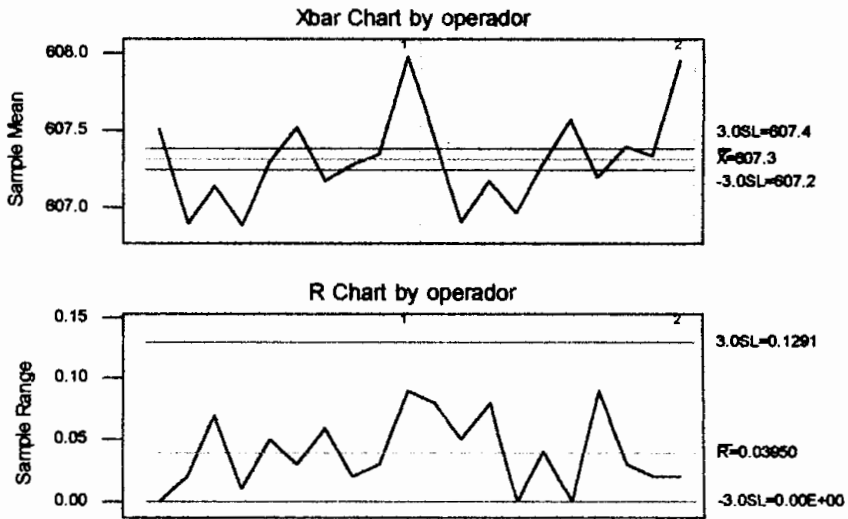


Figura E15. Carta de la media y del rango.

Number of Distinct Categories = 10

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

CONCLUSION FINAL DEL GAGE: SISTEMA DE MEDICIÓN ACEPTADO.

X1 Y X3: Posición de la perforación (izquierda y derecha) de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

Tabla E7. Datos para validar el sistema de medición de X1 y X3.

	operador	parte	medición (mm)
1	1	1	10.98
2	1	2	11.19
3	1	3	11.15
4	1	4	11.22
5	1	5	11.21
6	1	6	11.15
7	1	7	11.05
8	1	8	11.10
9	1	9	11.19
10	1	10	10.92
11	2	1	10.97
12	2	2	11.16
13	2	3	11.14
14	2	4	11.19
15	2	5	11.18
16	2	6	11.12
17	2	7	11.02
18	2	8	11.02
19	2	9	11.18
20	2	10	10.87
21	1	1	10.97
22	1	2	11.14
23	1	3	11.11
24	1	4	11.19
25	1	5	11.21
26	1	6	11.16
27	1	7	11.02
28	1	8	11.09
29	1	9	11.20
30	1	10	10.90
31	2	1	10.97
32	2	2	11.12
33	2	3	11.13
34	2	4	11.19
35	2	5	11.18
36	2	6	11.12
37	2	7	11.00
38	2	8	11.07
39	2	9	11.18
40	2	10	10.91

Tabla E8. Método Anova para validar el Sistema de Medición de X1 y X3

Gage R&R Study - ANOVA Method					
Gage name:	Perforaciones Laterales				
Tolerancia:	1 mm				
Instrumento:	Medidor de altura				
Two-Way ANOVA Table With Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	0.377852	4.20E-02	175.541	0.00000
operador	1	0.004623	4.62E-03	19.328	0.00173
operador*parte	9	0.002153	2.39E-04	0.742	0.66795
Repeatability	20	0.006450	3.23E-04		
Total	39	0.391077			
Two-Way ANOVA Table Without Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	0.377852	4.20E-02	141.531	0.00E+00
operador	1	0.004623	4.62E-03	15.583	4.61E-04
Repeatability	29	0.008603	2.97E-04		
Total	39	0.391077			
Gage R&R					
Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma		
Total Gage R&R	0.000513	0.022648	0.116637		
Repeatability	0.000297	0.017223	0.088699		
Reproducibility	0.000216	0.014707	0.075741		
operador	0.000216	0.014707	0.075741		
Part-To-Part	0.010422	0.102087	0.525748		
Total Variation	0.010935	0.104569	0.538530		
Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance		
Total Gage R&R	4.69	21.66	11.66		
Repeatability	2.71	16.47	8.87		
Reproducibility	1.98	14.06	7.57		
operador	1.98	14.06	7.57		
Part-To-Part	95.31	97.63	52.57		
Total Variation	100.00	100.00	53.85		
Number of Distinct Categories = 6					

Tabla E8. Método Anova para validar el Sistema de Medición de X1 y X3

Gage R&R Study - ANOVA Method						
Gage name:	Perforaciones Laterales					
Tolerancia:	1 mm					
Instrumento:	Medidor de altura					
Two-Way ANOVA Table With Interaction						
Source	DF	SS	MS	F	P	
parte	9	0.377852	4.20E-02	175.541	0.00000	
operador	1	0.004623	4.62E-03	19.328	0.00173	
operador*parte	9	0.002153	2.39E-04	0.742	0.66795	
Repeatability	20	0.006450	3.23E-04			
Total	39	0.391077				
Two-Way ANOVA Table Without Interaction						
Source	DF	SS	MS	F	P	
parte	9	0.377852	4.20E-02	141.531	0.00E+00	
operador	1	0.004623	4.62E-03	15.583	4.61E-04	
Repeatability	29	0.008603	2.97E-04			
Total	39	0.391077				
Gage R&R						
Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma			
Total Gage R&R	0.000513	0.022648	0.116637			
Repeatability	0.000297	0.017223	0.088699			
Reproducibility	0.000216	0.014707	0.075741			
operador	0.000216	0.014707	0.075741			
Part-To-Part	0.010422	0.102087	0.525748			
Total Variation	0.010935	0.104569	0.538530			
Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance			
Total Gage R&R	4.69	21.66	11.66			
Repeatability	2.71	16.47	8.87			
Reproducibility	1.98	14.06	7.57			
operador	1.98	14.06	7.57			
Part-To-Part	95.31	97.63	52.57			
Total Variation	100.00	100.00	53.85			
Number of Distinct Categories = 6						

Análisis de resultados del Estudio Gage R&R.

Source	P
parte	0.00000
operador	0.00173

Se puede afirmar con un 100% de confianza que la parte y el operador contribuyen significativamente en el total de la variación.

Perforaciones Laterales

Gage name: Perforaciones Laterales 2
Date of study: 25/Sept./2001
Reported by: Patricia Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Medidor de altura

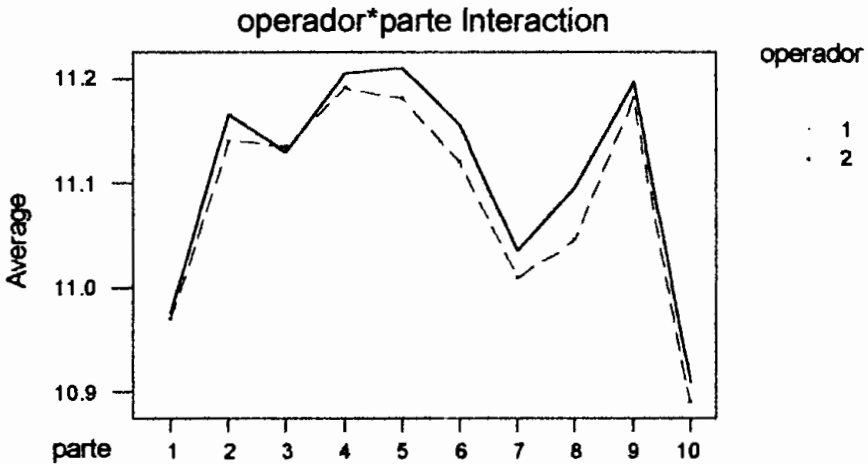


Figura E16. Interacción de las mediciones de ambos operadores.

Perforaciones Laterales

Gage name: Perforaciones Laterales 2
Date of study: 25/sept/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Medidor de altura



Figura E17. Promedio de las mediciones de los operadores.

Perforaciones Laterales

Gage name: Perforaciones Laterales 2
Date of study: 25/sept/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Medidor de altura

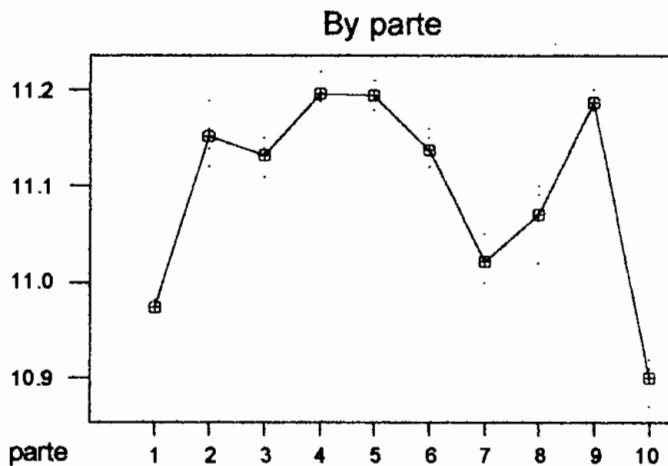


Figura E18. Variación de las partes.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	4.69	21.66	11.66
Part-To-Part	95.31		
Total Variation	100.00		

La contribución del Gage y el % de Tolerancia son aceptables. Se descarta la contribución del operador en la variación de los datos. El % del estudio de variación es condicional, pero mínimo.

Perforaciones Laterales

Gage name: Perforaciones Laterales 2
 Date of study: 26/Sept/2001
 Reported by: Patricia Alvarez
 Tolerance: 1 mm
 Misc: Medidor de altura

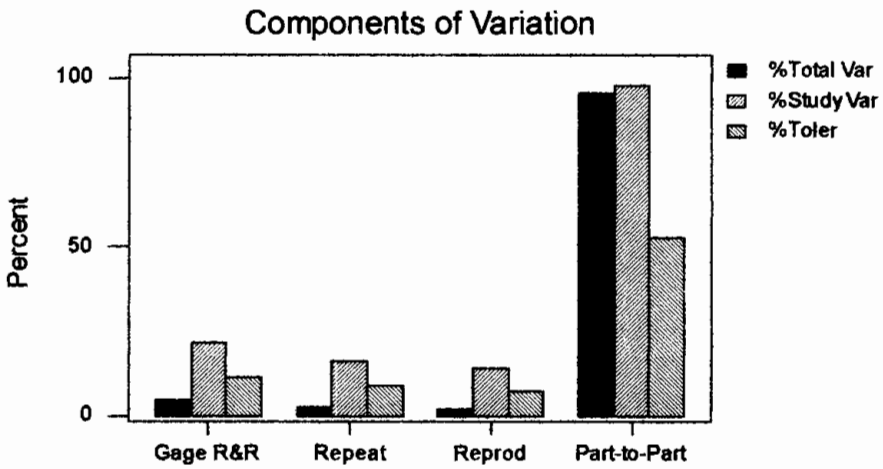


Figura E19. Contribución del Gage R&R.

Perforaciones Laterales

Clase name: Perforaciones Laterales 2
Date of study: 25/sept/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Mec: Medidor de altura

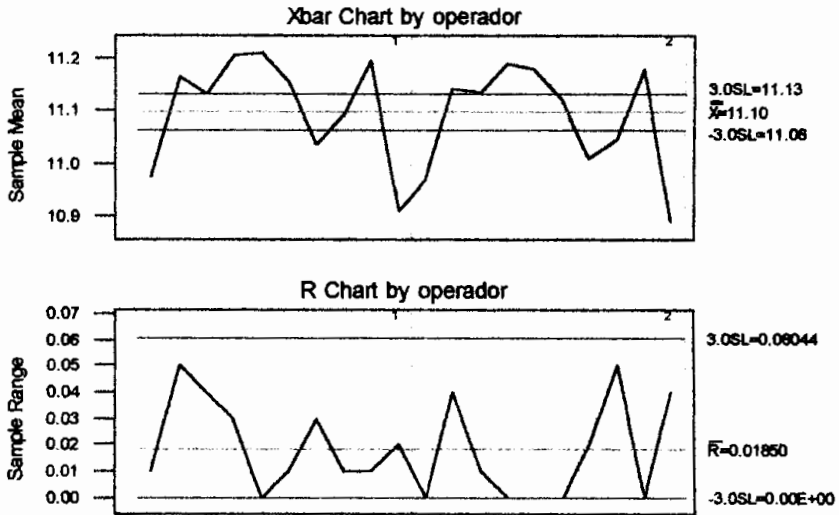


Figura E20. Carta de la media y del rango.

Number of Distinct Categories = 6

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

CONCLUSION FINAL DEL GAGE : SISTEMA DE MEDICIÓN ACEPTADO.

X2 : Dist. entre perforac. de ensamble de suples del marco de horno.

Tabla E9. Datos para validar el sistema de medición de X2.

	operador	parte	medición (mm)
1	1	1	586.05
2	1	2	586.33
3	1	3	584.85
4	1	4	586.29
5	1	5	583.61
6	1	6	585.39
7	1	7	586.01
8	1	8	584.78
9	1	9	586.70
10	1	10	585.34
11	2	1	586.04
12	2	2	586.25
13	2	3	584.86
14	2	4	586.48
15	2	5	583.70
16	2	6	585.33
17	2	7	586.00
18	2	8	584.81
19	2	9	586.52
20	2	10	585.18
21	1	1	586.09
22	1	2	586.27
23	1	3	584.98
24	1	4	586.43
25	1	5	583.39
26	1	6	585.45
27	1	7	585.88
28	1	8	584.85
29	1	9	586.73
30	1	10	585.24
31	2	1	585.99
32	2	2	586.31
33	2	3	584.80
34	2	4	586.44
35	2	5	583.68
36	2	6	585.26
37	2	7	585.88
38	2	8	584.87
39	2	9	586.69
40	2	10	585.19

Tabla E10. Método Anova para validar el sistema de medición de X2.

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage name: Perforaciones suples marco horno
 Date of study: 28/Sept/2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 1 mm
 Instrumento: Medidor de altura con carátula.

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	31.3866	3.48740	339.167	0.00000
operador	1	0.0036	0.00361	0.351	0.56808
operador*parte	9	0.0925	0.01028	2.165	0.07217
Repeatability	20	0.0950	0.00475		
Total	39	31.5777			

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.00752	0.086696	0.44648
Repeatability	0.00475	0.068920	0.35494
Reproducibility	0.00277	0.052594	0.27086
operador	0.00000	0.000000	0.00000
operador*parte	0.00277	0.052594	0.27086
Part-To-Part	0.86928	0.932351	4.80161
Total Variation	0.87679	0.936373	4.82232

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.86	9.26	44.65
Repeatability	0.54	7.36	35.49
Reproducibility	0.32	5.62	27.09
operador	0.00	0.00	0.00
operador*parte	0.32	5.62	27.09
Part-To-Part	99.14	99.57	480.16
Total Variation	100.00	100.00	482.23

Number of Distinct Categories = 15

Análisis de resultados del estudio Gage R&R.

Source	P
parte	0.00000
operador	0.56808

Se puede afirmar con un 100% de confianza que las partes son las únicas variables significativas que contribuyen en la variación de los datos.

Perforaciones Suples Marco Homo

Gage name: Perforaciones suples marco homo
Date of study: 28/Sept/2001
Reported by: Patricia Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador de altura con reloj

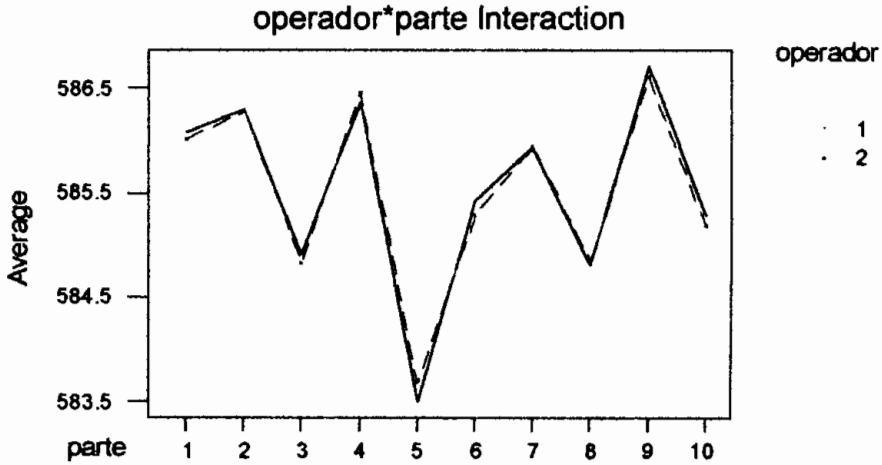


Figura E21. Interacción de las mediciones de ambos operadores.

Perforaciones Suples Marco Homo

Gege name: Perforaciones suples marco homo
Date of study: 28/Sep/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador de altura con reloj

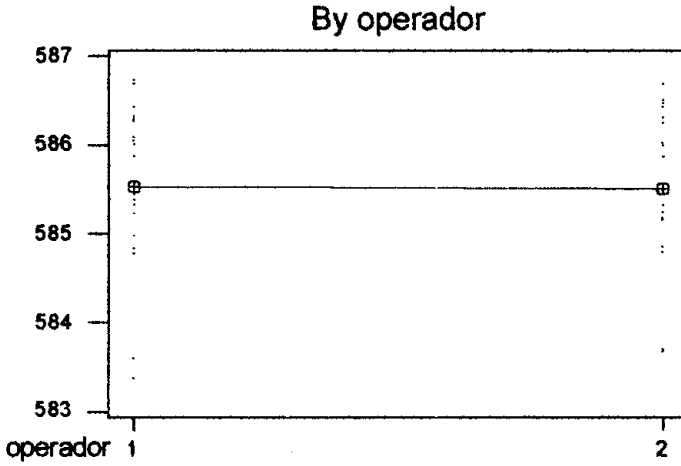


Figura E22. Promedio de las mediciones de los operadores.

Perforaciones Suples Marco Homo

Gege name: Perforaciones suples marco homo
Date of study: 28/Sep/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador de altura con reloj

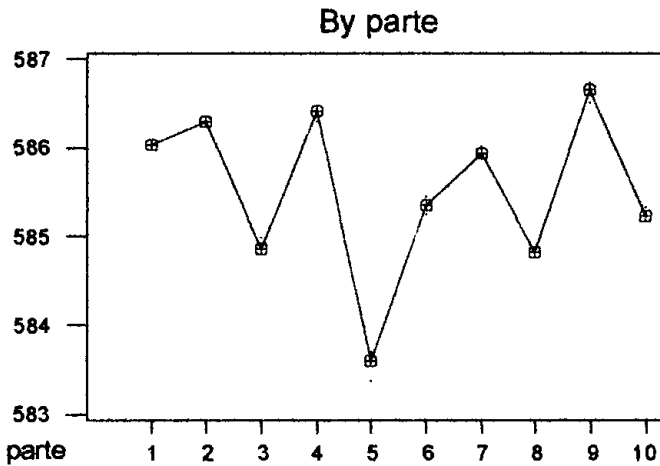


Figura E23. Variación de las partes.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.86	9.26	44.65
Part-To-Part	99.14		
Total Variation	100.00		

La contribución del Gage y el % del Estudio de Variación son aceptables. Se descarta la contribución del operador en la variación de los datos. El % del Tolerancia es condicional. Habrá que analizar la alternativa de incrementar las tolerancias. Según la figura E25. todos los puntos están fuera de control, el sistema no reconoce piezas buenas de malas, ya que la tolerancia es muy estrecha.

Perforaciones Suples Marco Homo

Gage name: Perforaciones suples marco homo
 Date of study: 28/Sep/2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 1 mm
 Misc: Calibrador de altura con reloj

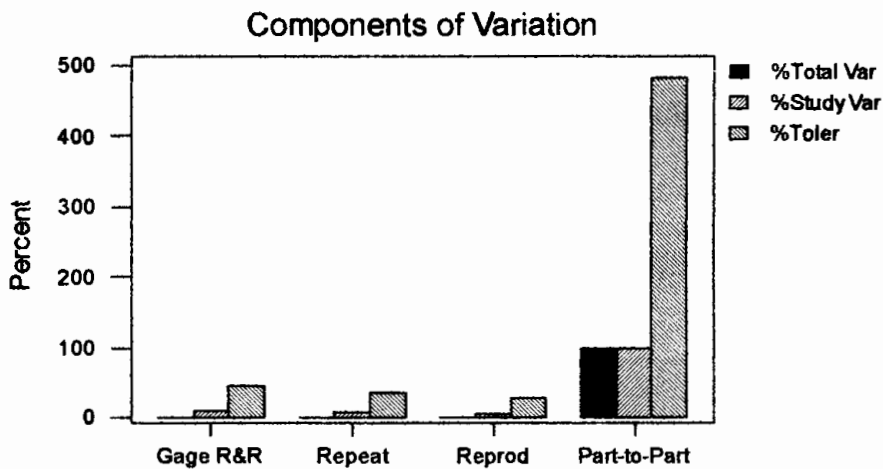


Figura E24. Contribución del Gage R&R.

Perforaciones Suples Marco Homo

Gage name: Perforaciones suples marco homo
Date of study: 28/Sep/2001
Reported by: Patricia Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador de altura con reloj

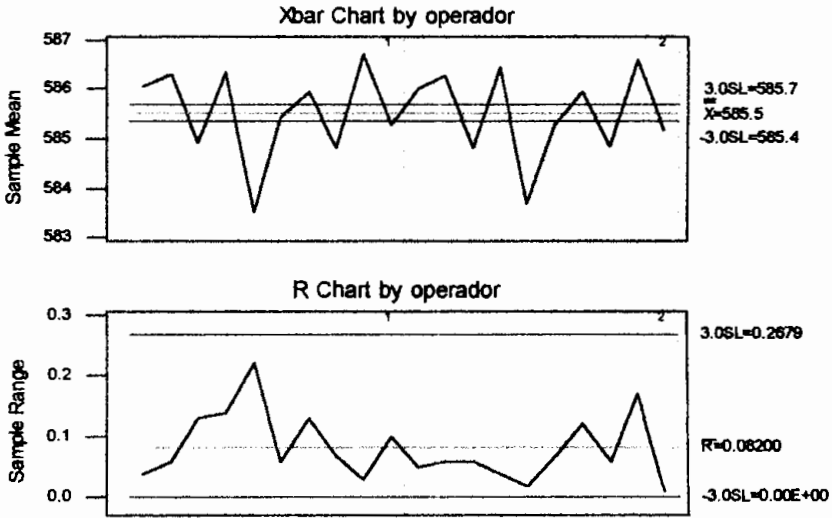


Figura E25. Carta de la media y del rango.

Number of Distinct Categories = 15

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

CONCLUSION FINAL DEL GAGE : SISTEMA DE MEDICIÓN ACEPTADO.

X4 : Dist. entre perf. de ensamble de los suples del espaldar de horno.

Tabla E11. Datos para validar el sistema de medición de X4.

	operador	parte	medición(mm)
1	1	1	587.38
2	1	2	587.34
3	1	3	588.06
4	1	4	587.68
5	1	5	587.11
6	1	6	586.71
7	1	7	588.21
8	1	8	586.48
9	1	9	587.73
10	1	10	586.60
11	2	1	587.45
12	2	2	587.23
13	2	3	588.04
14	2	4	587.70
15	2	5	587.14
16	2	6	586.81
17	2	7	587.65
18	2	8	586.54
19	2	9	587.84
20	2	10	587.11
21	1	1	587.34
22	1	2	587.31
23	1	3	588.03
24	1	4	587.75
25	1	5	587.22
26	1	6	586.61
27	1	7	587.68
28	1	8	586.6
29	1	9	587.63
30	1	10	586.99
31	2	1	587.29
32	2	2	587.24
33	2	3	588.05
34	2	4	587.82
35	2	5	586.96
36	2	6	586.78
37	2	7	587.66
38	2	8	586.59
39	2	9	587.75
40	2	10	587.02

Tabla E12. Método Anova para validar el sistema de medición de X4.

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage name: Suples Espaldar de Horno
 Date of study: 28/Sept/2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 1 mm.
 Misc: Calibrador de Altura con reloj

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	8.97980	0.997756	42.4733	0.00000
operador	1	0.00110	0.001102	0.0469	0.83332
operador*parte	9	0.21142	0.023491	1.6198	0.17647
Repeatability	20	0.29005	0.014503		
Total	39	9.48238			

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.01900	0.137829	0.70982
Repeatability	0.01450	0.120426	0.62020
Reproducibility	0.00449	0.067041	0.34526
operador	0.00000	0.000000	0.00000
operador*parte	0.00449	0.067041	0.34526
Part-To-Part	0.24357	0.493524	2.54165
Total Variation	0.26256	0.512409	2.63891

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	7.24	26.90	70.98
Repeatability	5.52	23.50	62.02
Reproducibility	1.71	13.08	34.53
operador	0.00	0.00	0.00
operador*parte	1.71	13.08	34.53
Part-To-Part	92.76	96.31	254.16
Total Variation	100.00	100.00	263.89

Number of Distinct Categories = 5

Análisis de resultados del estudio Gage R&R.

Source	P
parte	0.00000
operador	0.83332

Se puede afirmar con un 100% de confianza que las partes son las únicas variables significativas que contribuyen en la variación de los datos. No así con respecto al operador.

Perforaciones suples espaldar

Gage name: Suples Espaldar
Date of study: 28/Sep/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Mtec: Calibrador de Altura con reloj

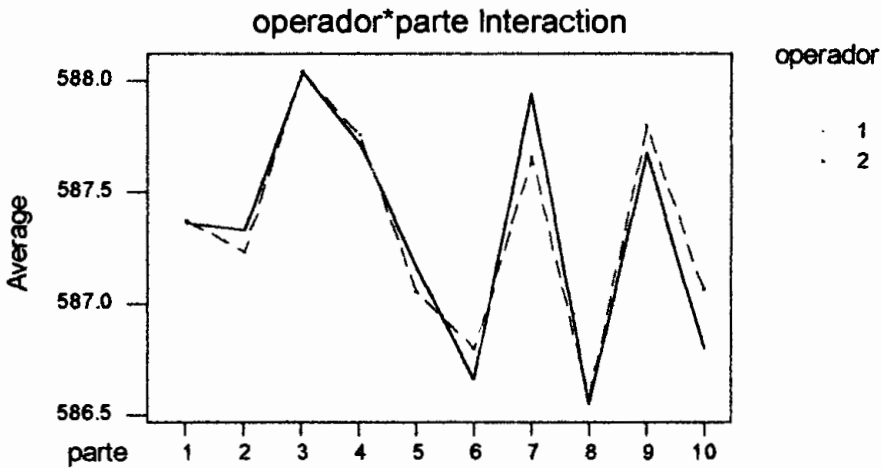


Figura E26. Interacción de las mediciones de ambos operadores.

Perforaciones suples espaldar

Gage name: Suples Espaldar
Date of study: 28/Sept/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador de Altura con reloj

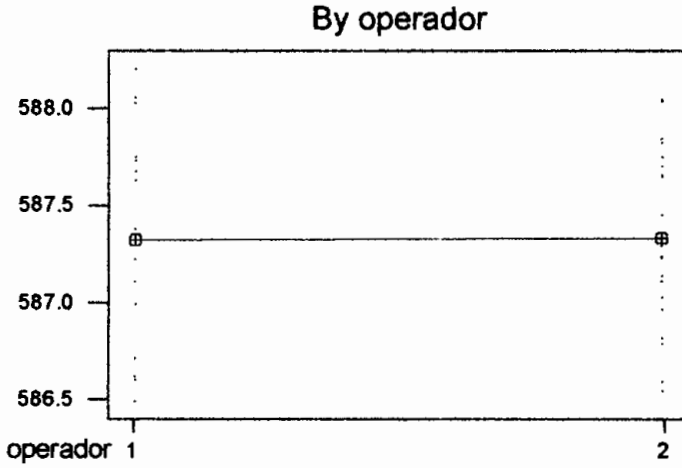


Figura E27. Promedio de las mediciones de los operadores.

Perforaciones suples espaldar

Gage name: Suples Espaldar
Date of study: 28/Sept/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador de Altura con reloj

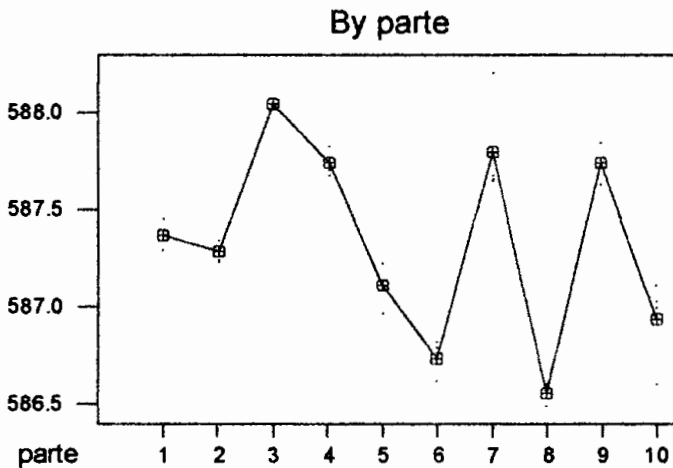


Figura E28. Variación de las partes.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	7.24	26.90	70.98
Part-To-Part	92.76		
Total Variation	100.00		

El % de Contribución del Gage es el único aceptable, el % del Estudio de variación está Condicional y el % de tolerancia no es Aceptable. Se hicieron varios intentos, pero la dificultad de la medición no permitió mejorar el sistema de medición. Habrá que hacer cambios en las especificaciones de diseño respecto a las tolerancias.

Perforaciones suples espaldar

Gage name: Suples Espalder
 Date of study: 28/Sep/2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 1 mm.
 Misc: Calibrador de Altura con reloj

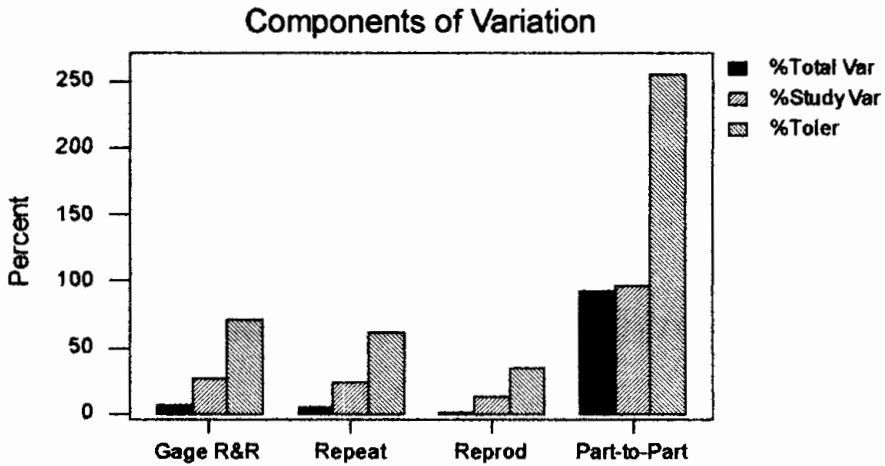


Figura E29. Contribución del Gage R&R.

Perforaciones suples espaldar

Gage name: Suples Espaldar
Date of study: 28/Sep/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm.
Misc: Calibrador de Altura con reloj

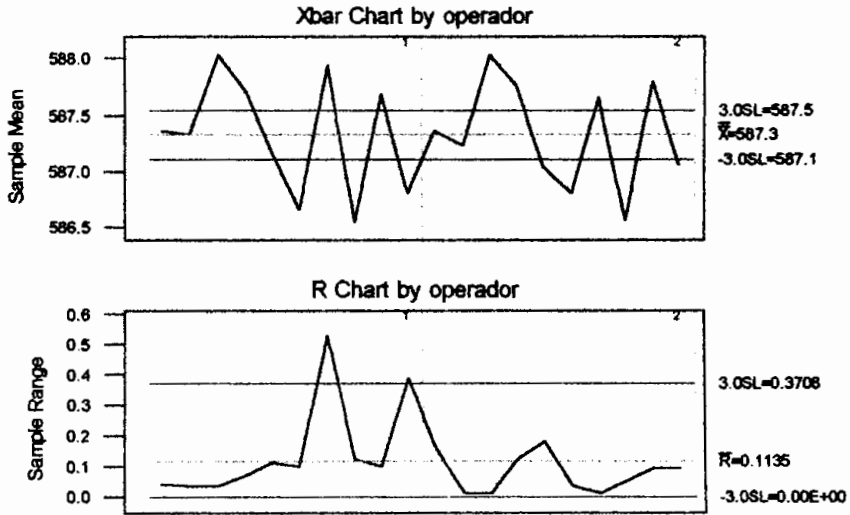


Figura E30. Carta de la media y del rango.

Number of Distinct Categories = 5

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

**CONCLUSION FINAL DEL GAGE : SISTEMA DE MEDICIÓN
ACEPTADO.**

X5: Posición de Perforación de soporte en frontal.**Tabla E13. Datos para validar el sistema de medición de X5.**

	operador	parte	Medición
1	1	1	11.95
2	1	2	11.35
3	1	3	10.91
4	1	4	11.05
5	1	5	11.55
6	1	6	11.80
7	1	7	10.71
8	1	8	10.95
9	1	9	10.98
10	1	10	11.00
11	2	1	11.95
12	2	2	11.32
13	2	3	10.69
14	2	4	11.07
15	2	5	11.67
16	2	6	11.91
17	2	7	10.55
18	2	8	10.92
19	2	9	10.92
20	2	10	11.07
21	1	1	11.96
22	1	2	11.32
23	1	3	10.70
24	1	4	11.04
25	1	5	11.62
26	1	6	11.79
27	1	7	10.53
28	1	8	10.95
29	1	9	10.95
30	1	10	10.98
31	2	1	11.97
32	2	2	11.32
33	2	3	10.68
34	2	4	11.08
35	2	5	11.79
36	2	6	11.83
37	2	7	10.53
38	2	8	10.91
39	2	9	10.97
40	2	10	11.00

Tabla E14. Método Anova para validar el sistema de medición de X5.

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage name: Perforación en soporte frontal
 Date of study: 14/Dic/2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: ± 0.5 mm
 Instrumento: Medidor de altura

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	7.90731	0.878590	151.597	0.00000
operador	1	0.00009	0.000090	0.016	0.90357
operador*parte	9	0.05216	0.005796	2.048	0.08729
Repeatability	20	0.05660	0.002830		
Total	39	8.01616			

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.00431	0.065672	0.33821
Repeatability	0.00283	0.053198	0.27397
Reproducibility	0.00148	0.038507	0.19831
operador	0.00000	0.000000	0.00000
operador*parte	0.00148	0.038507	0.19831
Part-To-Part	0.21820	0.467117	2.40565
Total Variation	0.22251	0.471711	2.42931

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	1.94	13.92	33.82
Repeatability	1.27	11.28	27.40
Reproducibility	0.67	8.16	19.83
operador	0.00	0.00	0.00
operador*parte	0.67	8.16	19.83
Part-To-Part	98.06	99.03	240.57
Total Variation	100.00	100.00	242.93

Number of Distinct Categories = 10

Análisis de resultados del estudio Gage R&R.

Source	P
parte	0.00000
operador	0.90357

Las partes son las únicas variables significativas que contribuyen en la variación de los datos. Se supone que así debe ser siempre.

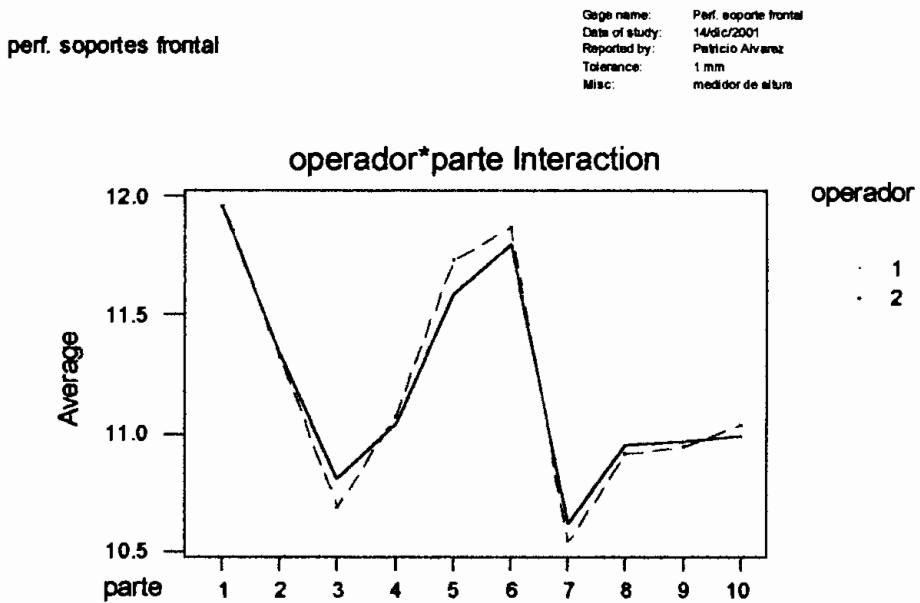


Figura E31. Interacción de las mediciones de ambos operadores.

perf. soportes frontal

Gage name: Perf. soporte frontal
Date of study: 14/dic/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Mec: medidor de altura

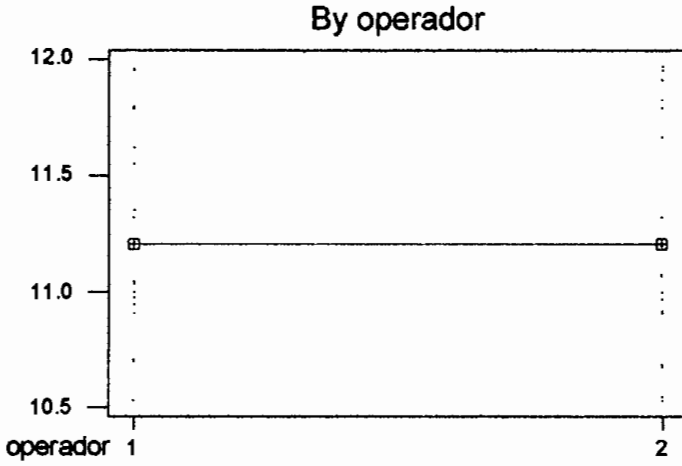


Figura E32. Promedio de las mediciones de los operadores.

perf. soportes frontal

Gage name: Perf. soporte frontal
Date of study: 14/dic/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Mec: medidor de altura

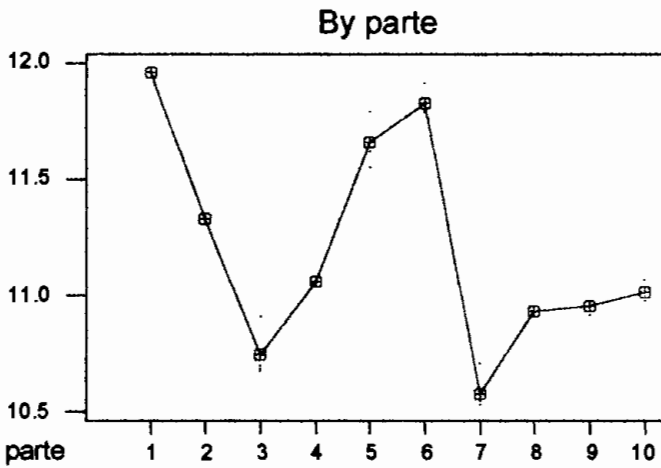


Figura E33. Variación de las partes.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	1.94	13.92	33.82
Part-To-Part	98.06		
Total Variation	100.00		

El % de Contribución del Gage y el % del Estudio de Variación son aceptables, el % de tolerancia está condicional. Habrá que hacer cambios en las especificaciones de diseño según se puede apreciar en la gráfica "Xbar Chart by operador", ya que las tolerancias están muy pequeñas.

perf. soportes frontal

Gage name: Perf. soporte frontal
 Date of study: 14/01/2001
 Reported by: Patricia Alvarez
 Tolerance: 1 mm
 Misc: medidor de altura

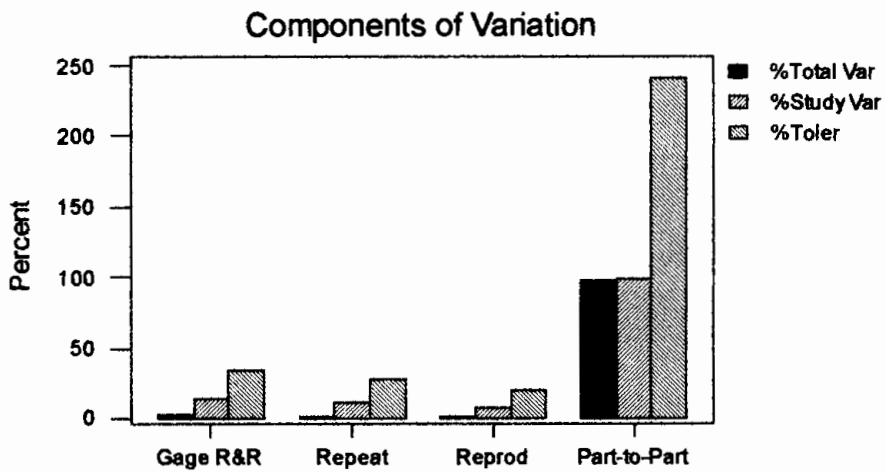


Figura E34. Contribución del Gage R%R.

perf. soportes frontal

Gage name: Perf. soporte frontal
Date of study: 14/3/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: medidor de altura

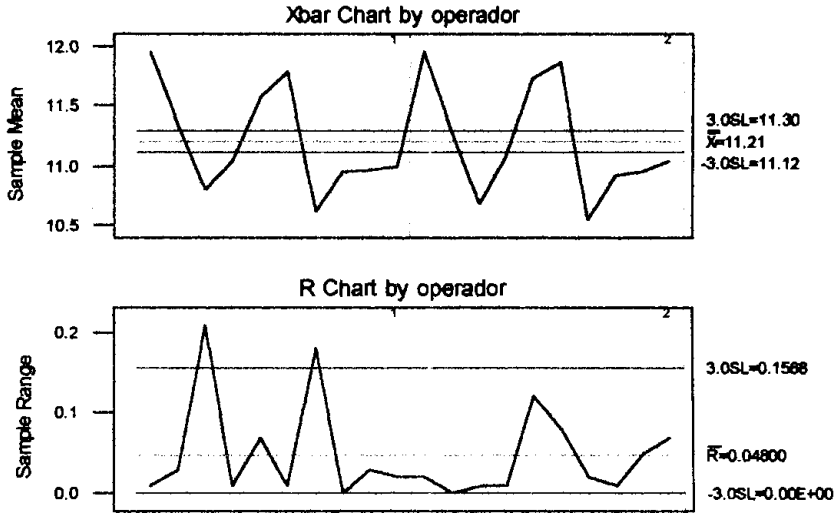


Figura E35. Carta de la media y del rango.

Number of Distinct Categories = 10

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

CONCLUSION FINAL DEL GAGE: SISTEMA DE MEDICIÓN ACEPTADO.

X6 : Distancia entre perforaciones de soportes en el frontal.

Tabla E15. Datos para validar el sistema de medición de X6.

	Operador	Parte	Medicion
1	1	1	570.4
2	1	2	584.11
3	1	3	586.2
4	1	4	584.59
5	1	5	570.68
6	1	6	570.93
7	1	7	584.66
8	1	8	585.11
9	1	9	584.6
10	1	10	585.18
11	2	1	570.5
12	2	2	584.47
13	2	3	586.27
14	2	4	584.68
15	2	5	570.62
16	2	6	570.52
17	2	7	584.88
18	2	8	585.38
19	2	9	584.97
20	2	10	585.67
21	1	1	570.58
22	1	2	584.16
23	1	3	586.26
24	1	4	584.48
25	1	5	570.66
26	1	6	570.8
27	1	7	584.79
28	1	8	585.43
29	1	9	584.84
30	1	10	585.32
31	2	1	570.73
32	2	2	584.3
33	2	3	586.23
34	2	4	584.55
35	2	5	570.66
36	2	6	570.81
37	2	7	584.55
38	2	8	585.43
39	2	9	584.52
40	2	10	585.18

Tabla E16. Método Anova para validar el sistema de medición de X6.

Gage R&R Study - ANOVA Method					
Gage name:	Distancia entre perf. de soportes frontal.				
Reported by:	Patricio Alvarez				
Tolerancia:	± 0.5 mm				
Instrumento:	Medidor de altura				
Two-Way ANOVA Table With Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
Parte	9	1745.56	193.951	12214.4	0.00000
Operador	1	0.03	0.032	2.0	0.18638
Operador*Parte	9	0.14	0.016	0.6	0.75659
Repeatability	20	0.50	0.025		
Total	39	1746.24			
Two-Way ANOVA Table Without Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
Parte	9	1745.56	193.951	8718.80	0.0000
Operador	1	0.03	0.032	1.46	0.2366
Repeatability	29	0.65	0.022		
Total	39	1746.24			
Gage R&R					
Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma		
Total Gage R&R	0.023	0.15086	0.7769		
Repeatability	0.022	0.14915	0.7681		
Reproducibility	0.001	0.02263	0.1166		
Operador	0.001	0.02263	0.1166		
Part-To-Part	48.482	6.96292	35.8590		
Total Variation	48.505	6.96455	35.8674		
Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance		
Total Gage R&R	0.05	2.17	77.69		
Repeatability	0.05	2.14	76.81		
Reproducibility	0.00	0.32	11.66		
Operador	0.00	0.32	11.66		
Part-To-Part	99.95	99.98	3585.90		
Total Variation	100.00	100.00	3586.74		
Number of Distinct Categories = 65					

Análisis de resultados del estudio Gage R&R.

Source	P
parte	0.00000
operador	0.18638

Se puede determinar con un 100% de confianza, que las partes son variables significativas que contribuyen en la variación de los datos. No así los operadores.

Distancia Soportes Frontal

Gage name: Distancia entre perf. soportes f
Date of study: Vie/14/Dic/2001
Reported by: Tanya Villanar/Patricia Alvarez
Tolerance: ± 0.5 MM
Misc: Medidor de altura

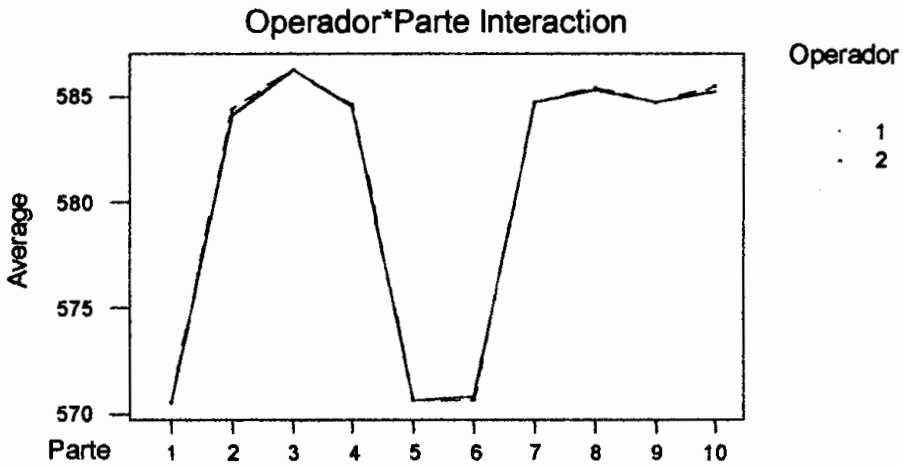


Figura E36. Interacción de las mediciones de ambos operadores.

Distancia Soportes Frontal

Gage name: Distancia entre perf. soportes f
Date of study: Vie/14/Dic/2001
Reported by: Tanya Villanar/Patricio Alvarez
Tolerance: ± 0.5 MM
Misc: Medidor de altura

By Operator

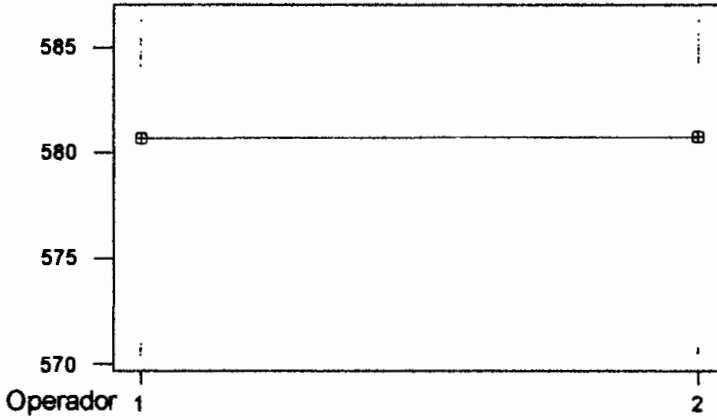


Figura E37. Promedio de las mediciones de los operadores.

Distancia Soportes Frontal

Gage name: Distancia entre perf. soportes f
Date of study: Vie/14/Dic/2001
Reported by: Tanya Villanar/Patricio Alvarez
Tolerance: ± 0.5 MM
Misc: Medidor de altura

By Parte

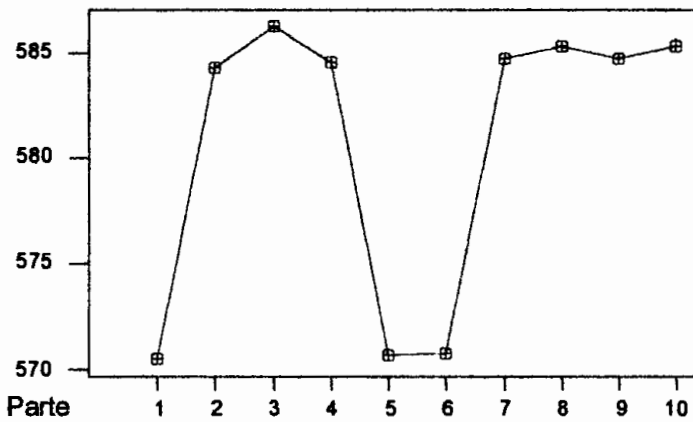


Figura E38. Variación de las partes.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.05	2.17	77.69
Part-To-Part	99.95		
Total Variation	100.00		

El % de Contribución del Gage y el % del Estudio de Variación son aceptables, % de tolerancia no es Aceptable. Se puede apreciar en la figura "Xbar chart by operador" que el sistema tiene una tolerancia muy pequeña, solo reconoce piezas malas, por lo que es necesario incrementar la tolerancia. Habrá que hacer cambios en las especificaciones de diseño.

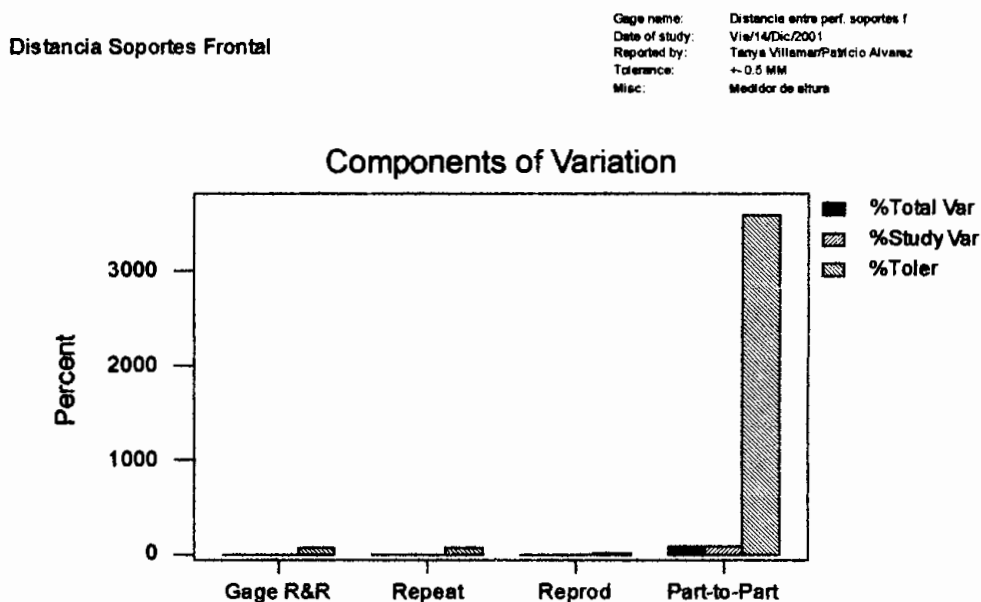


Figura E39. Contribución del Gage R%R.

Distancia Soportes Frontal

Gage name: Distancia entre perf. soportes f
Date of study: Vie/14/Dic/2001
Reported by: Tanya Villamar/Patricio Alvarez
Tolerance: ± 0.5 MM
Misc: Medidor de altura

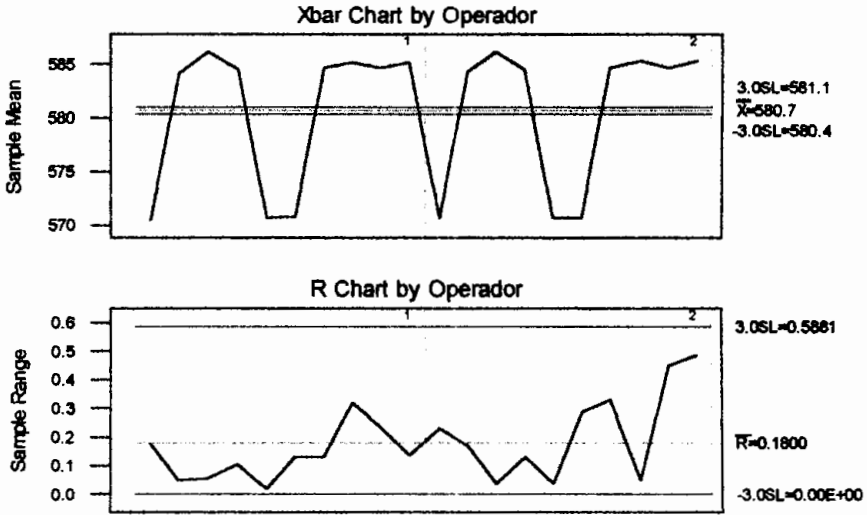


Figura E40. Carta de la media y del rango.

Number of Distinct Categories = 65.

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

CONCLUSION FINAL DEL GAGE: SISTEMA DE MEDICIÓN ACEPTADO.

X7: ANCHO DE LA CUBIERTA.

Tabla E17. Datos para validar el sistema de medición de X7.

	operador	parte	medición
1	1	1	607.87
2	1	2	608.71
3	1	3	608.93
4	1	4	609.82
5	1	5	606.95
6	1	6	609.27
7	1	7	608.4
8	1	8	609.7
9	1	9	608.91
10	1	10	607.34
11	2	1	607.84
12	2	2	608.71
13	2	3	608.96
14	2	4	609.81
15	2	5	607.05
16	2	6	609.22
17	2	7	608.39
18	2	8	609.87
19	2	9	608.97
20	2	10	607.27
21	1	1	607.84
22	1	2	608.74
23	1	3	608.85
24	1	4	609.72
25	1	5	606.93
26	1	6	609.18
27	1	7	608.37
28	1	8	609.84
29	1	9	608.94
30	1	10	607.29
31	2	1	607.86
32	2	2	608.84
33	2	3	608.97
34	2	4	609.78
35	2	5	607.02
36	2	6	609.27
37	2	7	608.44
38	2	8	609.81
39	2	9	608.98
40	2	10	607.36

Tabla E18. Método Anova para validar el sistema de medición de X7.

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for: **Ancho de la Cubierta**
 Tolerancia: 1 mm
 Instrumento: Calibrador Vernier

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	33.4238	3.71375	3449.31	0.00000
operador	1	0.0168	0.01681	15.61	0.00335
operador*parte	9	0.0097	0.00108	0.50	0.85913
Repeatability	20	0.0433	0.00216		
Total	39	33.4936			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
parte	9	33.4238	3.71375	2032.44	0.000000
operador	1	0.0168	0.01681	9.20	0.005062
Repeatability	29	0.0530	0.00183		
Total	39	33.4936			

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.00258	0.050758	0.26140
Repeatability	0.00183	0.042746	0.22014
Reproducibility	0.00075	0.027370	0.14096
operador	0.00075	0.027370	0.14096
Part-To-Part	0.92798	0.963318	4.96109
Total Variation	0.93056	0.964654	4.96797

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.28	5.26	26.14
Repeatability	0.20	4.43	22.01
Reproducibility	0.08	2.84	14.10
operador	0.08	2.84	14.10
Part-To-Part	99.72	99.86	496.11
Total Variation	100.00	100.00	496.80

Number of Distinct Categories = 27

Análisis de Resultados del estudio Gage R&R.

Source	P
parte	0.00000
operador	0.00335

Se puede afirmar con un 100% de confianza que la parte y el operador contribuyen significativamente en el total de la variación de la medición.

Ancho cubierta

Gage name: Ancho de la cubierta
Date of study: 25/sep/2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm
Misc: Calibrador Vernier

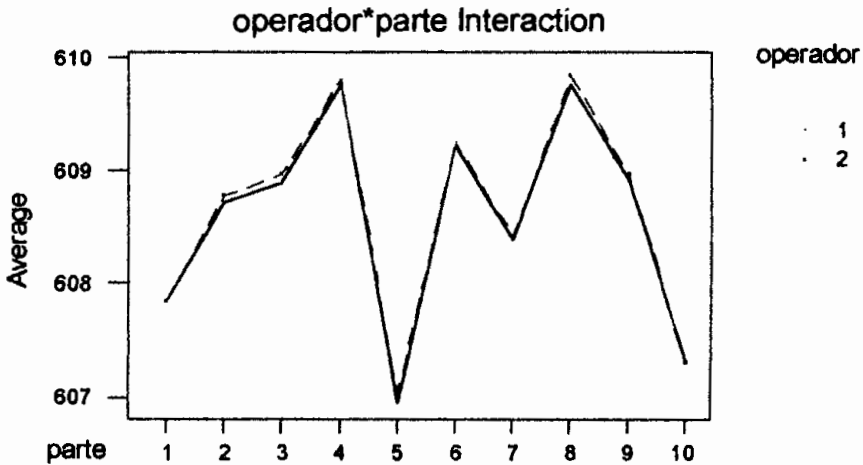


Figura E41. Interacción de las mediciones de ambos operadores.



Gage name: Ancho de la cubierta
Date of study: 25/sept./2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm.
Misc: Calibrador Vernier

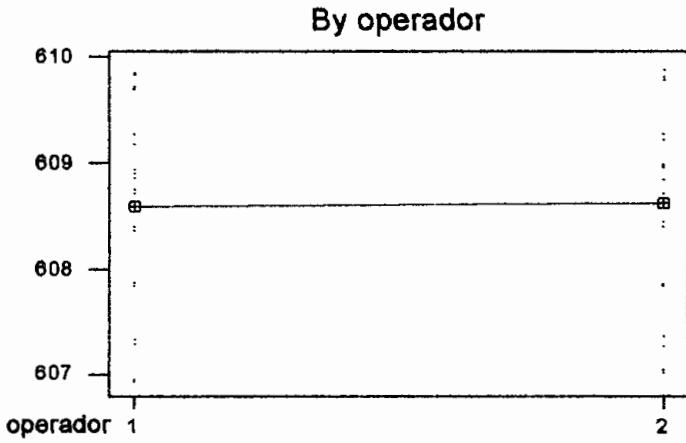


Figura E42. Promedio de las mediciones de los operadores.

Gage name: Ancho de la cubierta
Date of study: 25/sept./2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm.
Misc: Calibrador Vernier

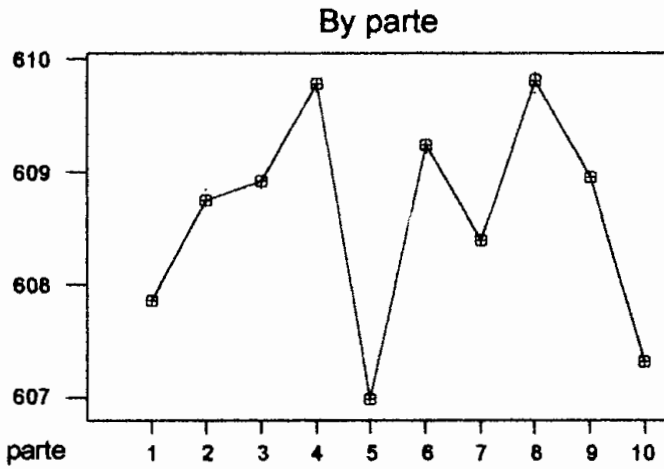


Figura E43. Variación de las partes.

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.28	5.26	26.14
Part-To-Part	99.72		
Total Variation	100.00		

La contribución del Gage y el % del estudio de variación son aceptables. Descartan la contribución del operador en la variación de los datos. El % de tolerancia es condicional. Habrá que considerar incrementar la tolerancia, según se puede apreciar en la figura E45., todos los puntos están fuera de control, el sistema no reconoce las piezas buenas de las malas.

Gage name: Ancho de la cubierta
 Date of study: 25/Sept./2001
 Reported by: Patricio Alvarez
 Tolerance: 1 mm.
 Msc: Calibrador Vernier

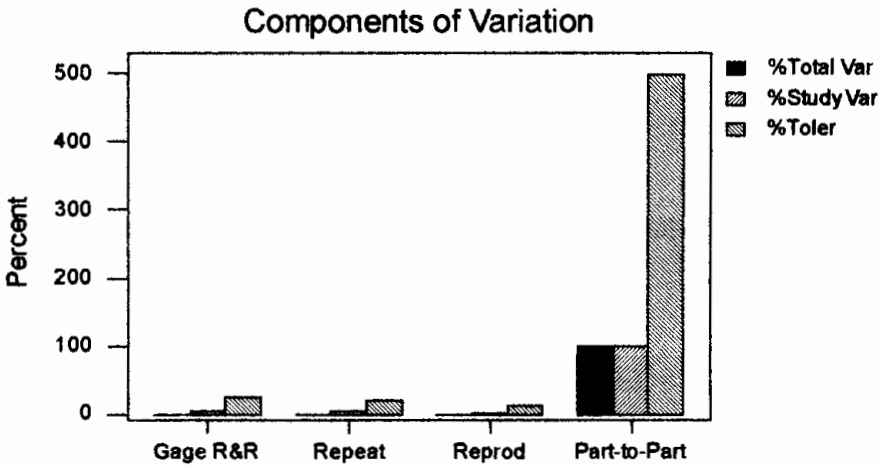


Figura E44. Contribución del Gage R%R.

Gage name: Ancho de la cubierta
Date of study: 25/sept./2001
Reported by: Patricio Alvarez
Tolerance: 1 mm.
Mec: Calibrador Vernier

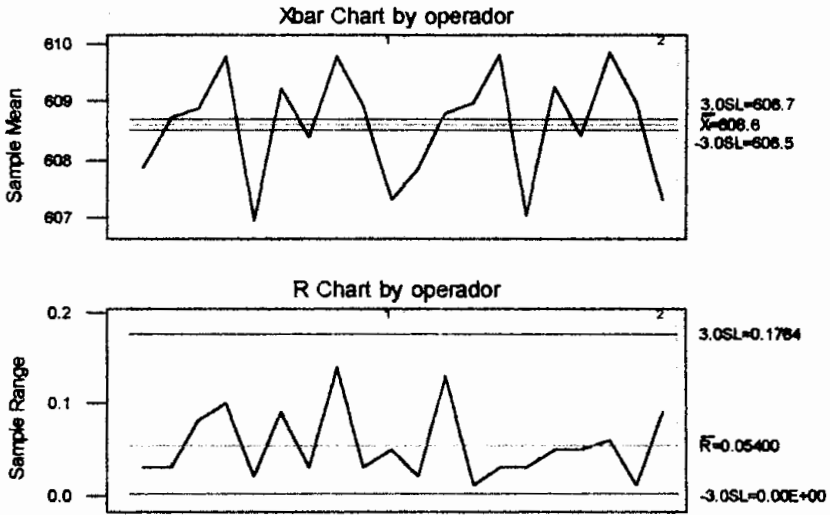


Figura E45. Carta de la media y del rango.

Number of Distinct Categories = 27

Número de categorías > 4: el sistema es válido, tiene suficiente resolución.

CONCLUSION FINAL DEL GAGE: SISTEMA DE MEDICIÓN ACEPTADO.

APÉNDICE F

**DATOS USADOS PARA ELABORAR LA LINEA BASE, OBTENER
CAPACIDADES DE PROCESO Y DETERMINAR TIPO DE PROBLEMA
PARA CADA VARIABLE.**

tipo horno	orden	línea	Y1	Y2
Autolimpiante	1	1	611.44	610.98
			610.31	611.62
			610.70	610.98
			611.63	611.21
			610.87	611.77
Estándar	3	2	609.96	611.00
			611.66	610.20
			611.08	610.67
			610.39	611.04
			611.91	611.81
Autolimpiante	1	1	611.22	609.42
			611.59	611.23
			611.17	610.94
			610.25	611.96
			610.92	610.12
Autolimpiante	1	2	612.18	610.78
			611.68	610.27
			611.36	610.19
			611.19	610.36
			610.32	610.37
Estándar	1	1	611.26	610.66
			610.18	612.12
			611.14	611.84
			611.15	609.36
			610.92	611.18
Autolimpiante	1	2	610.67	610.93
			612.17	610.27
			610.08	610.90
			610.80	611.06
			611.92	610.56
Autolimpiante	1	2	610.12	610.27
			611.72	609.53
			611.00	610.50
			611.16	610.41
			611.63	611.51
Estándar	1	3	610.30	610.62
			610.39	610.85
			611.10	610.37
			610.31	610.13
			609.68	610.81

tipo horno	orden	línea	Y1	Y2
Autolimpiante	2	2	610.24	611.34
			610.42	610.04
			610.25	610.50
			609.89	610.93
			609.87	610.80
Autolimpiante	3	2	610.43	609.63
			610.81	610.32
			611.38	609.57
			610.79	609.47
			610.82	610.12
Estándar	1	2	610.42	610.83
			611.29	610.50
			611.14	609.72
			610.95	610.51
			610.68	610.44
Autolimpiante	2	2	609.47	610.11
			608.98	609.84
			608.96	610.36
			609.15	610.15
			608.61	609.97
Estándar	3	3	610.20	611.28
			608.37	610.59
			610.07	610.87
			609.73	610.54
			609.72	611.78
Autolimpiante	1	2	609.95	610.00
			610.04	612.07
			610.75	611.18
			609.53	610.71
			610.66	608.87
Estándar	1	3	611.25	611.29
			609.23	610.08
			610.31	610.07
			610.16	610.46
			610.53	610.26
Autolimpiante	2	2	609.98	611.50
			610.11	611.42
			609.67	610.20
			610.03	612.42
			609.98	612.03

turno	orden	tipo	Y3
1	3	estampado	608.19
			608.03
			608.27
			608.05
			608.08
1	1		607.96
			607.93
			608.02
			607.93
			608.07
1	1		608.04
			608.06
			608.12
			607.97
			608.09
1	2		608.01
			608.07
			608.06
			608.01
			607.99
1	2	608.02	
		607.96	
		608.05	
		608.06	
		607.96	
1	1	607.85	
		607.79	
		607.87	
		607.70	
		607.86	

turno	orden	tipo	Y3
1	3	liso	607.61
			607.61
			607.55
			607.64
			607.67
1	3		607.63
			607.58
			607.48
			607.55
			607.53
1	1		607.54
			607.58
			607.43
			607.54
			607.56
1	2		607.58
			607.59
			607.49
			607.54
			607.55
2	3		607.47
			607.65
			607.56
			607.44
			607.56
2	3	607.47	
		607.49	
		607.48	
		607.50	
		607.52	
2	2	607.45	
		607.51	
		607.47	
		607.52	
		607.35	
2	2	607.52	
		607.59	
		607.35	
		607.49	
		607.48	

turno	orden	tipo	Y3
1	3	liso	607.43
			607.41
			607.61
			607.54
			607.36

turno	orden	X1	X3
1	1	12.24	11.30
		12.49	11.32
		12.21	11.32
		12.19	11.21
		12.45	11.11
2	1	12.27	11.62
		12.37	11.30
		12.35	11.39
		12.31	11.30
		12.43	11.14
2	1	12.33	11.60
		12.32	11.47
		12.20	11.51
		12.23	11.45
		12.25	11.57
1	1	12.27	11.58
		12.35	11.51
		12.37	11.46
		12.48	11.66
		12.35	11.52
1	1	12.03	11.81
		12.35	11.60
		12.41	11.69
		12.08	11.58
		12.35	11.42
2	1	12.36	11.47
		12.35	11.30
		12.34	11.27
		12.28	11.16
		12.37	11.18
2	2	12.16	11.45
		12.43	11.28
		12.32	11.42
		12.20	11.48
		12.14	11.49
1	1	12.36	11.29
		12.30	11.10
		12.29	11.38
		12.43	11.39
		12.24	11.42

turno	orden	X1	X3
1	1	12.16	11.17
		12.40	11.69
		12.38	11.38
		12.30	11.38
		12.33	11.76
1	2	12.38	11.64
		12.57	11.15
		12.40	11.23
		12.10	11.50
		12.42	11.23
2	2	12.23	11.36
		12.32	11.49
		12.30	11.56
		12.18	11.55
		12.25	11.57
1	1	12.35	11.77
		12.30	11.70
		12.53	11.65
		12.45	11.29
		12.44	11.73
1	2	12.08	11.69
		12.29	11.78
		12.45	11.84
		12.46	11.89
		12.03	11.67
2	1	12.39	11.65
		12.34	11.65
		12.39	11.71
		12.33	11.69
		12.50	11.50
2	2	12.34	11.84
		12.31	11.64
		12.30	11.77
		12.34	11.78
		12.18	11.06
2	1	12.33	11.36
		12.28	11.49
		12.50	11.32
		12.45	11.42
		12.43	11.39

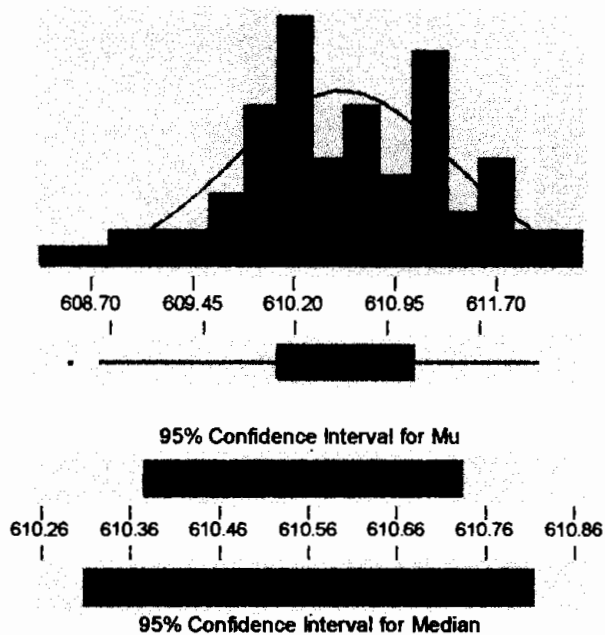
turno	orden	X1	X3
2	2	12.35	11.42
		12.39	11.36
		12.41	11.35
		12.33	11.50
		12.42	11.45
2	1	12.50	11.38
		12.24	11.06
		12.54	11.29
		12.38	11.43
		12.65	11.44
2	1	12.50	11.53
		12.58	11.59
		12.58	11.65
		12.31	11.57
		12.54	11.17

tipo horno	turno	X2	X4
Estándar	1	585.33	586.77
		586.20	586.39
		585.56	586.37
		585.72	586.79
		585.85	586.54
Estándar	1	585.78	585.95
		585.10	586.43
		585.53	586.71
		585.89	585.41
		584.57	586.86
Autolimpiante	1	586.54	587.05
		584.57	586.50
		584.57	586.70
		585.36	587.12
		584.86	586.70
Autolimpiante	2	584.54	587.29
		585.70	586.71
		585.79	587.19
		585.74	586.73
		585.01	586.52
Autolimpiante	2	584.05	586.11
		585.40	586.66
		585.76	586.97
		585.40	587.00
		585.44	586.83
Autolimpiante	2	585.39	586.56
		585.48	586.86
		585.14	586.43
		584.94	586.64
		584.42	585.25
Estándar	1	584.96	587.02
		585.44	586.30
		584.64	586.36
		584.77	587.06
		585.28	587.37
Autolimpiante	1	585.37	586.63
		586.19	586.65
		585.22	587.00
		584.76	586.79
		584.59	586.66

tipo horno	turno	X2	X4
Estándar	3	584.50	586.02
		585.76	586.68
		585.54	586.25
		585.75	586.35
		584.73	586.28
Estándar	1	585.70	586.01
		586.03	586.32
		585.24	586.84
		585.23	586.17
		585.59	586.56
Estándar	1	585.33	587.04
		584.97	586.58
		584.77	586.28
		585.21	586.60
		584.87	586.33
Estándar	2	585.22	586.95
		585.08	586.80
		585.58	586.56
		585.96	586.57
		585.28	586.19

Variable Y1: Ancho de la estufa, sección frontal.

Descriptive Statistics



Variable: Y1

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.301
P-Value: 0.571

Mean 610.554
StDev 0.806
Variance 0.649870
Skewness -2.8E-01
Kurtosis -2.7E-02
N 80

Minimum 608.370
1st Quartile 610.048
Median 610.480
3rd Quartile 611.158
Maximum 612.180

95% Confidence Interval for Mu
610.375 610.734

95% Confidence Interval for Sigma
0.698 0.955

95% Confidence Interval for Median
610.308 610.812

p = 0.571, los datos son normales.

Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
Y1	80	610.55	610.48	610.57	0.81	0.09

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
Y1	608.37	612.18	610.05	611.16

turno	orden	X5	X6
1	3	585.55	11.51
		585.60	11.79
		585.62	11.75
		585.60	12.20
		585.40	11.89
1	2	585.99	12.22
		585.31	11.16
		586.11	12.04
		585.51	11.18
		585.25	11.45
1	1	586.04	11.86
		585.35	12.57
		586.22	11.38
		586.24	11.29
		586.04	12.07
1	1	586.04	11.73
		585.76	12.08
		585.83	12.12
		585.60	12.71
		585.76	12.08
1	2	585.04	12.01
		585.41	12.09
		585.61	11.97
		585.45	12.07
		585.35	12.05
1	2	584.60	12.21
		585.43	12.08
		585.52	12.00
		585.40	12.07
		585.17	12.23
1	1	585.11	11.76
		584.88	11.82
		585.29	11.75
		585.37	11.51
		585.15	11.89
1	3	585.31	11.55
		585.79	11.22
		585.59	12.15
		585.52	11.61
		585.14	11.73

turno	orden	X5	X6
1	3	585.10	11.75
		584.90	11.80
		585.27	11.75
		585.31	11.51
		585.14	11.73
1	3	585.13	12.27
		585.39	12.10
		585.58	11.79
		584.96	12.17
		585.15	11.99
1	1	584.66	12.01
		584.52	11.93
		584.57	11.73
		584.62	11.64
		584.81	12.01
1	2	584.79	11.63
		584.75	11.90
		584.74	11.81
		584.87	11.58
		584.95	12.26
2	3	584.72	11.82
		584.63	11.91
		584.66	11.77
		584.75	11.61
		584.88	12.13
2	3	584.42	12.24
		584.82	11.89
		584.93	11.88
		584.85	11.85
		584.63	11.78
2	2	584.36	11.89
		584.42	11.80
		584.43	11.86
		584.40	11.76
		584.83	11.84
2	2	584.35	11.85
		584.33	11.83
		584.38	11.81
		584.90	11.84
		584.81	11.75

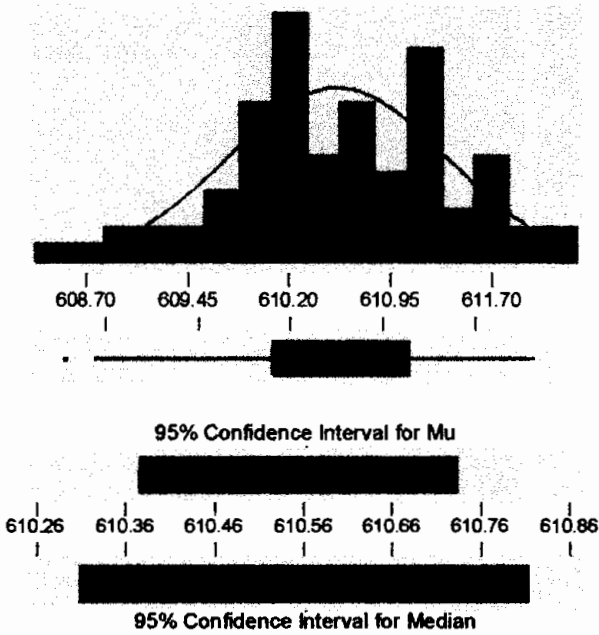
turno	orden	X5	X6
1	3	584.13	12.09
		584.49	11.57
		585.14	11.65
		584.29	11.99
		584.69	11.65
1	1	584.92	11.69
		585.08	11.67
		584.15	11.69
		584.52	11.63
		584.52	11.90

APÉNDICE G

PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA CADA VARIABLE.

Variable Y1: Ancho de la estufa, sección frontal.

Descriptive Statistics



Variable: Y1

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.301
P-Value: 0.571

Mean 610.554
StDev 0.808
Variance 0.649870
Skewness -2.8E-01
Kurtosis -2.7E-02
N 80

Minimum 608.370
1st Quartile 610.048
Median 610.480
3rd Quartile 611.158
Maximum 612.180

95% Confidence Interval for Mu
610.375 610.734

95% Confidence Interval for Sigma
0.698 0.955

95% Confidence Interval for Median
610.308 610.812

$p = 0.571$, los datos son normales.

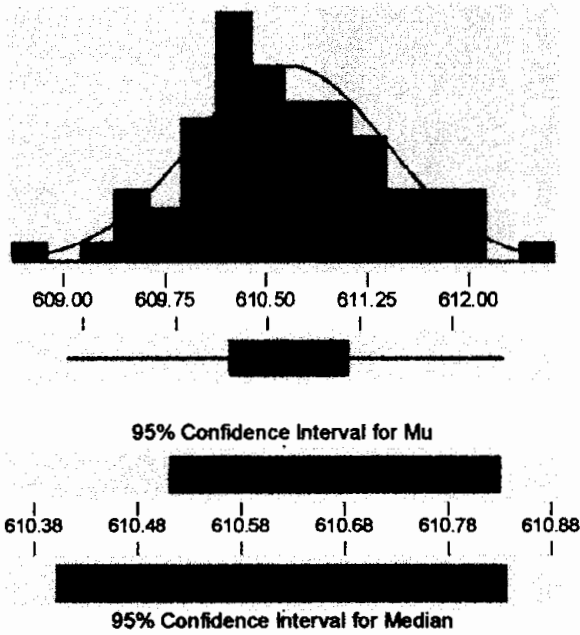
Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
Y1	80	610.55	610.48	610.57	0.81	0.09

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
Y1	608.37	612.18	610.05	611.16

Variable Y2: Ancho de la estufa, sección posterior.

Descriptive Statistics



Variable: Y2

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.384
P-Value: 0.388

Mean 610.670
StDev 0.718
Variance 0.515626
Skewness 0.189855
Kurtosis -1.1E-01
N 80

Minimum 608.870
1st Quartile 610.193
Median 610.575
3rd Quartile 611.150
Maximum 612.420

95% Confidence Interval for Mu
610.510 610.829

95% Confidence Interval for Sigma
0.621 0.851

95% Confidence Interval for Median
610.401 610.834

$p = 0.388$, los datos son normales.

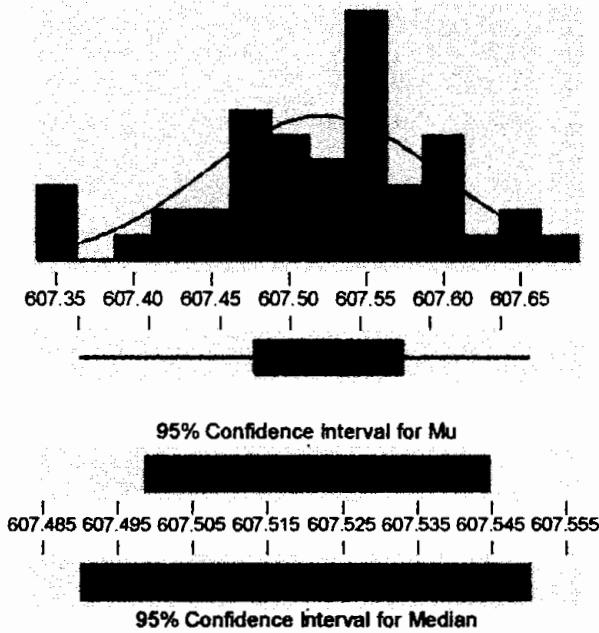
Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
Y2	80	610.67	610.58	610.66	0.72	0.08

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
Y2	608.87	612.42	610.19	611.15

Variable Y3: Ancho interno del frontal (modelo liso)

Descriptive Statistics



Variable: Y3 LISO

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.284
P-Value: 0.684

Mean: 607.522
StDev: 0.077
Variance: 5.87E-03
Skewness: -3.7E-01
Kurtosis: -6.1E-02
N: 45

Minimum: 607.350
1st Quartile: 607.475
Median: 607.530
3rd Quartile: 607.580
Maximum: 607.870

95% Confidence Interval for Mu
607.499 607.545

95% Confidence Interval for Sigma
0.083 0.097

95% Confidence Interval for Median
607.490 607.550

p = 0.684, los datos son normales.

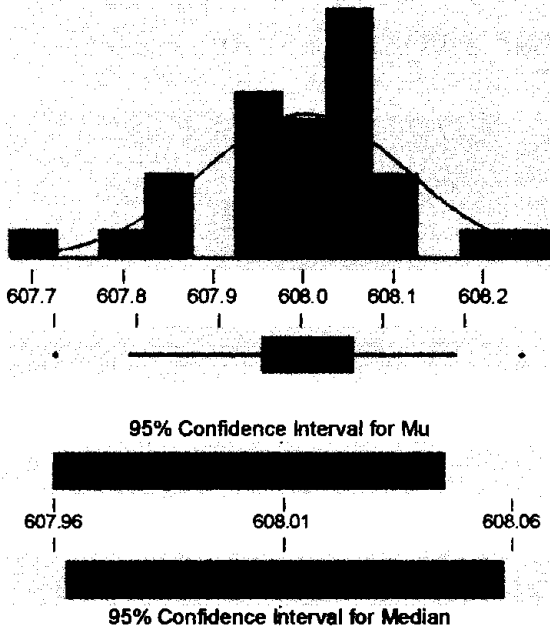
Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
Y3 LISO	45	607.52	607.53	607.52	0.08	0.01

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
Y3 LISO	607.35	607.67	607.47	607.58

Variable Y3: Ancho interno del frontal (modelo estampado)

Descriptive Statistics



Variable: Y3 ESTAMPADO

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.620
P-Value: 0.097

Mean: 608.002
StDev: 0.114
Variance: 1.29E-02
Skewness: -4.2E-01
Kurtosis: 1.33175
N: 30

Minimum: 607.700
1st Quartile: 607.953
Median: 608.020
3rd Quartile: 608.063
Maximum: 608.270

95% Confidence Interval for Mu
607.960 608.045

95% Confidence Interval for Sigma
0.091 0.153

95% Confidence Interval for Median
607.962 608.058

$p = 0.097$, los datos son normales.

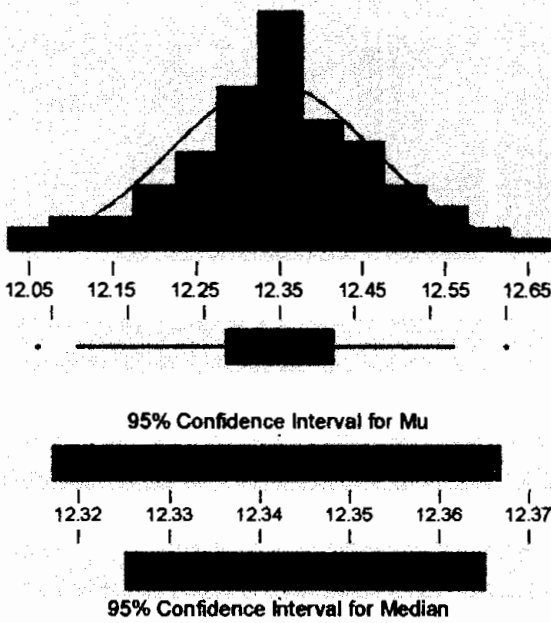
Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
Y3 ESTAMP.	30	608.00	608.02	608.00	0.11	0.02

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
Y3 ESTAMP.	607.70	608.27	607.95	608.06

Variable X1: Posición de la perforación izquierda de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

Descriptive Statistics



Variable: X1

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.450
P-Value: 0.271

Mean 12.3419
StDev 0.1221
Variance 1.49E-02
Skewness -2.1E-01
Kurtosis 0.303651
N 95

Minimum 12.0300
1st Quartile 12.2800
Median 12.3500
3rd Quartile 12.4200
Maximum 12.6500

95% Confidence Interval for Mu
12.3170 12.3668

95% Confidence Interval for Sigma
0.1068 0.1424

95% Confidence Interval for Median
12.3250 12.3650

p = 0.271, los datos son normales.

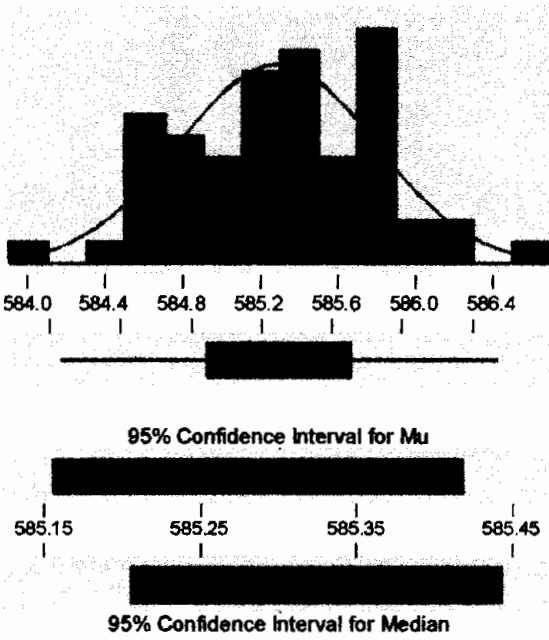
Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
X1	95	12.342	12.350	12.344	0.122	0.013

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
X1	12.030	12.650	12.280	12.420

Variable X2: Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del marco de horno.

Descriptive Statistics



Variable: X2

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.292
P-Value: 0.594

Mean 585.287
StDev 0.508
Variance 0.257911
Skewness -6.2E-02
Kurtosis -2.7E-01
N 60

Minimum 584.050
1st Quartile 584.888
Median 585.330
3rd Quartile 585.700
Maximum 586.540

95% Confidence Interval for Mu
585.155 585.418

95% Confidence Interval for Sigma
0.430 0.619

95% Confidence Interval for Median
585.205 585.443

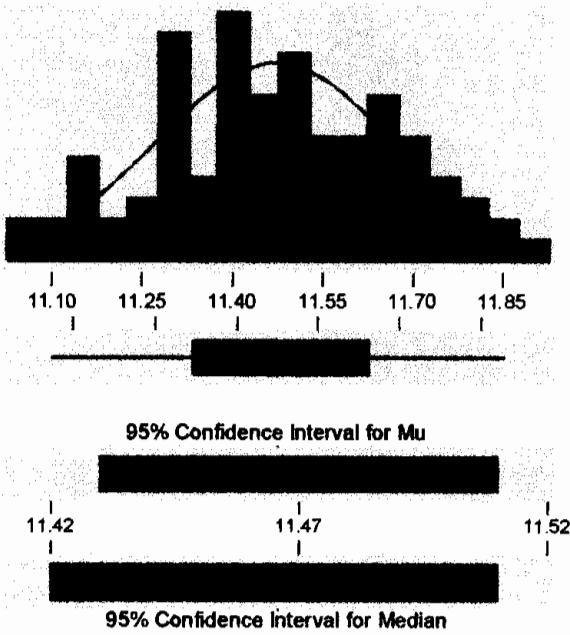
p = 0.594, los datos son normales.

Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
X2	60	585.29	585.33	585.28	0.51	0.07
Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3		
X2	584.05	586.54	584.89	585.70		

Variable X3: Posición de la perforación derecha de ensamble del lateral con cuerpo de horno.

Descriptive Statistics



Variable: X3

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.255
P-Value: 0.722

Mean 11.4700
StDev 0.1968
Variance 3.87E-02
Skewness -3.8E-02
Kurtosis -6.5E-01
N 95

Minimum 11.0600
1st Quartile 11.3200
Median 11.4700
3rd Quartile 11.6400
Maximum 11.8900

95% Confidence Interval for Mu
11.4299 11.5101

95% Confidence Interval for Sigma
0.1723 0.2296

95% Confidence Interval for Median
11.4200 11.5100

p = 0.722, los datos son normales.

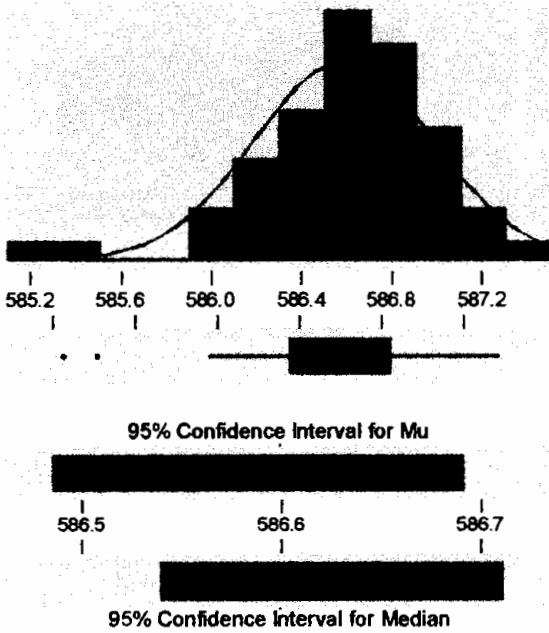
Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
X3	95	11.470	11.470	11.471	0.197	0.020

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
X3	11.060	11.890	11.320	11.640

Variable X4: Distancia entre perforaciones de ensamble de los suples del espaldar de horno.

Descriptive Statistics



Variable: X4

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared:	0.554
P-Value:	0.147
Mean	586.588
StDev	0.397
Variance	0.157910
Skewness	-8.9E-01
Kurtosis	1.95554
N	60

Minimum	585.250
1st Quartile	586.352
Median	586.635
3rd Quartile	586.838
Maximum	587.370

95% Confidence Interval for Mu	586.485	586.690
--------------------------------	---------	---------

95% Confidence Interval for Sigma	0.337	0.485
-----------------------------------	-------	-------

95% Confidence Interval for Median	586.539	586.710
------------------------------------	---------	---------

p = 0.147, los datos son normales.

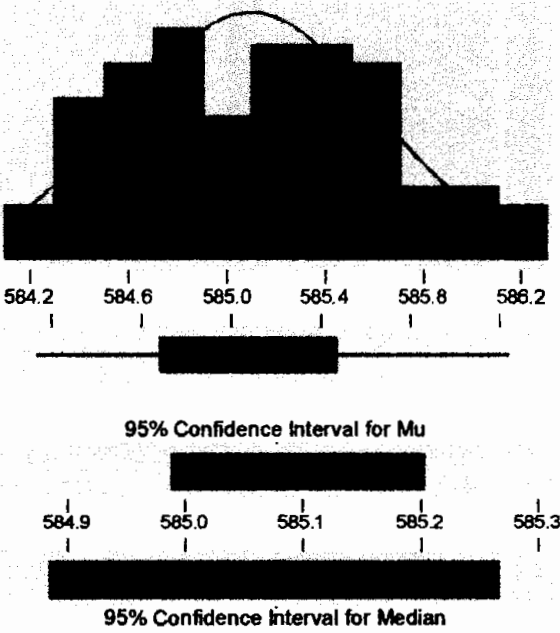
Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
X4	60	586.59	586.64	586.61	0.40	0.05

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
X4	585.25	587.37	586.35	586.84

Variable X5: Posición de Perforación de soporte en frontal.

Descriptive Statistics



Variable: X5

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.486
 P-Value: 0.221

Mean: 585.095
 StDev: 0.513
 Variance: 0.263519
 Skewness: 0.248774
 Kurtosis: -6.6E-01
 N: 90

Minimum: 584.130
 1st Quartile: 584.682
 Median: 585.105
 3rd Quartile: 585.465
 Maximum: 586.240

95% Confidence Interval for Mu
 584.988 585.203

95% Confidence Interval for Sigma
 0.448 0.602

95% Confidence Interval for Median
 584.885 585.265

p = 0.221, los datos son normales.

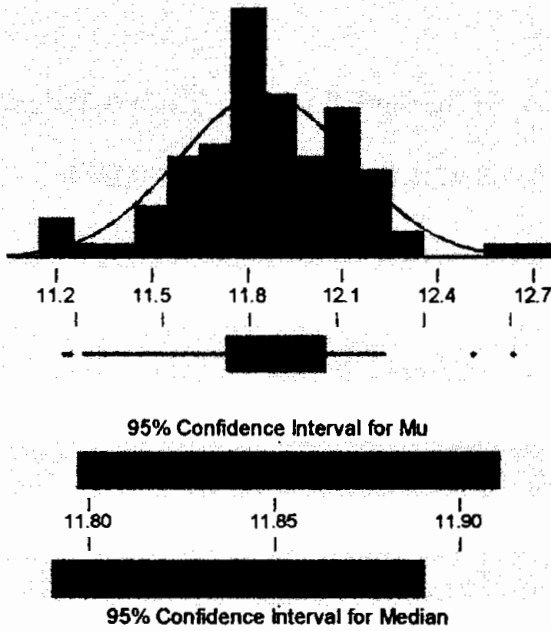
Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
X5	90	585.10	585.10	585.08	0.51	0.05

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
X5	584.13	586.24	584.68	585.47

Variable X6: Distancia entre perforaciones de soportes en el frontal.

Descriptive Statistics



Variable: X6

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.521
P-Value: 0.180

Mean: 11.8539
StDev: 0.2711
Variance: 7.35E-02
Skewness: 4.03E-02
Kurtosis: 1.05559
N: 90

Minimum: 11.1600
1st Quartile: 11.7200
Median: 11.8400
3rd Quartile: 12.0550
Maximum: 12.7100

95% Confidence Interval for Mu
11.7971 11.9107

95% Confidence Interval for Sigma
0.2364 0.3177

95% Confidence Interval for Median
11.7900 11.8900

p = 0.180, los datos son normales.

Descriptive Statistics

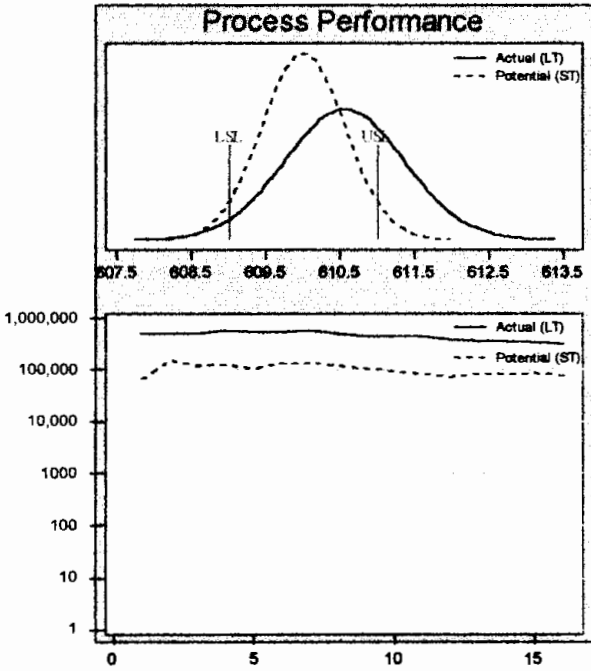
Variable	N	Mean	Median	TrMean	StDev	SE Mean
X6	90	11.854	11.840	11.857	0.271	0.029

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
X6	11.160	12.710	11.720	12.055

APÉNDICE H

**RESUMEN EJECUTIVO Y REPORTE DE CAPACIDAD DE PROCESO
PROPUESTO PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES.**

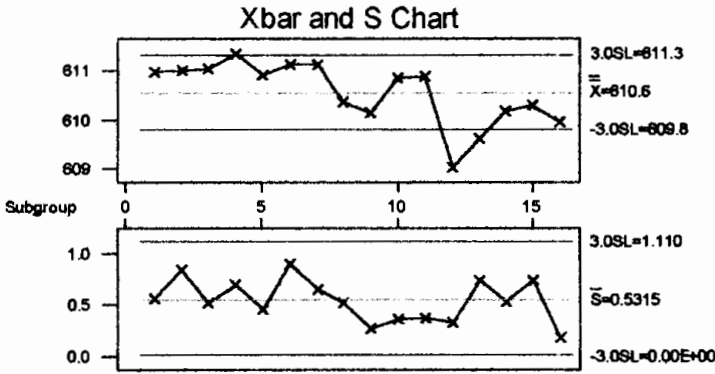
Reporte 1: Resumen Ejecutivo para Y1



Process Demographics	
Date:	31/01/2002
Reported by:	PATRICIO ALVAREZ S.
Project:	Descuadre de estufa 24"
Department:	Calidad - 6 Sigma
Process:	Ensamble
Characteristic:	
Units:	milímetros
Upper Spec:	611
Lower Spec:	609
Nominal:	610
Opportunity:	80 datos

Process Benchmarks		
	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z. Bench)	1.43	1.928
PPM	317123	682877

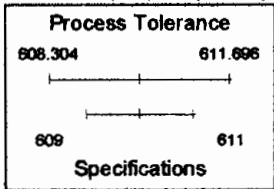
Reporte 2: Capacidad de proceso para Y1



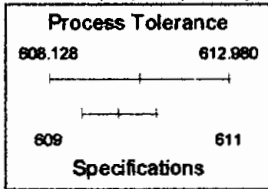
Capability Indices

	ST	LT
Mean	610.000	610.554
StDev	0.563	0.808
Z.USL	1.775	0.553
Z.LSL	1.775	1.928
Z.Bench	1.434	0.476
Z.Shift	0.958	0.958
P.USL	0.037914	0.290205
P.LSL	0.037914	0.026918
P.Total	0.075828	0.317123
Yield	92.4172	68.2877
PPM	75828.1	317123
Cp	0.59	
Cpk	0.26	
Pp		0.41
Ppk		0.18

Potential (ST) Capability

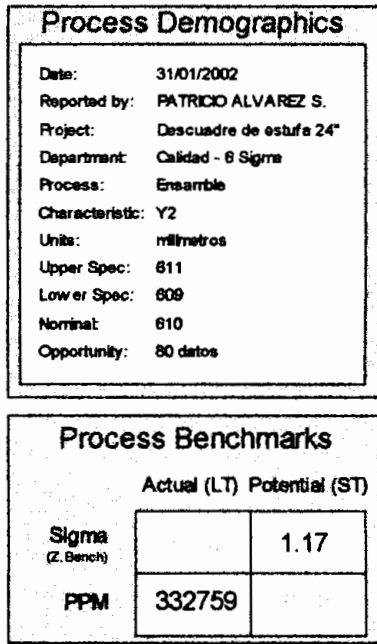
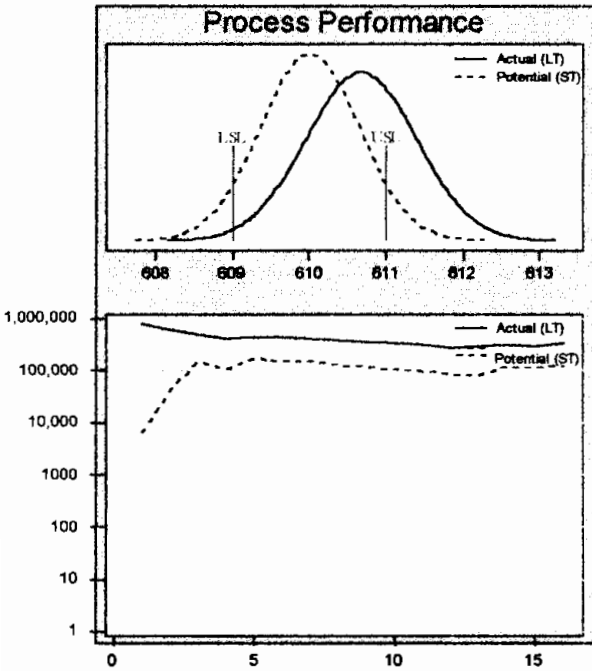


Actual (LT) Capability

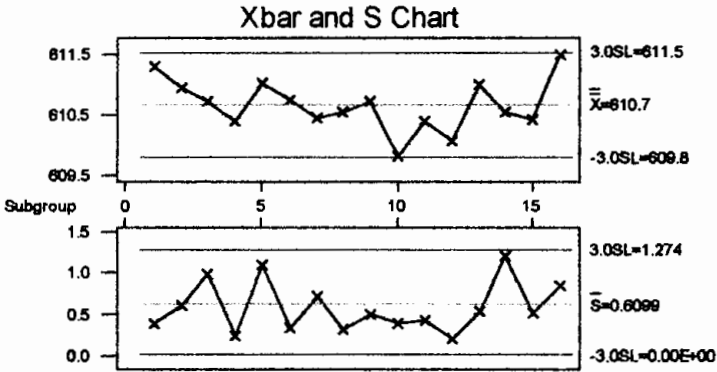


Data Source:
 Time Span:
 Data Trace:

Reporte 1: Resumen Ejecutivo para Y2



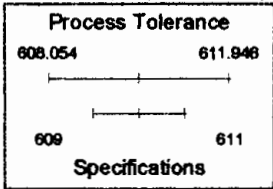
Reporte 2: Capacidad de Proceso para Y2



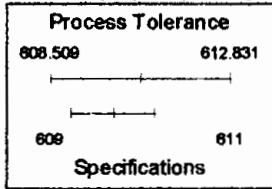
Capability Indices

	ST	LT
Mean	610.000	610.670
StDev	0.846	0.718
Z.USL	1.547	0.460
Z.LSL	1.547	2.325
Z.Bench	1.166	0.432
Z.Shift	0.734	0.734
P.UBL	0.060893	0.322727
P.LSL	0.060893	0.010032
P.Total	0.121787	0.332759
Yield	87.8213	66.7241
PPM	121787	332759
Cp	0.51	
Cpk	0.17	
Pp		0.46
Ppk		0.15

Potential (ST) Capability

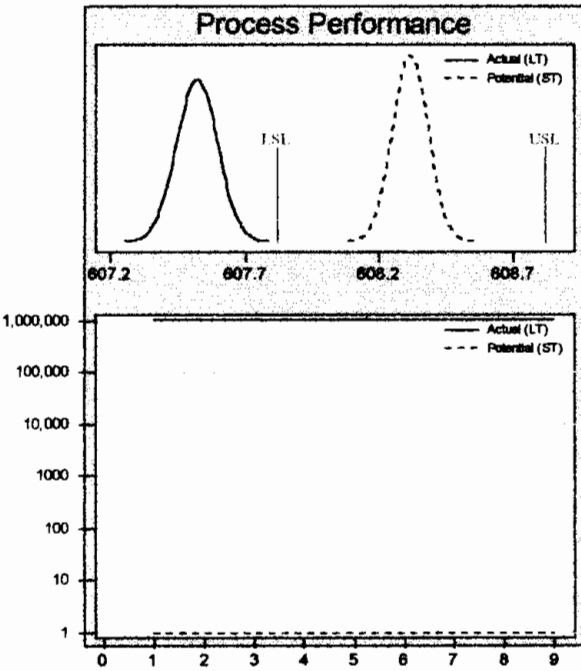


Actual (LT) Capability



Data Source:
 Time Span:
 Data Trace:

Reporte 1: Resumen Ejecutivo para Y3 liso



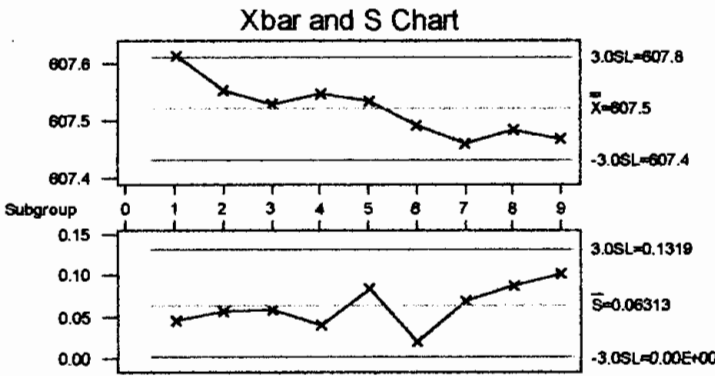
Process Demographics

Date: 31/01/2002
 Reported by: PATRICIO ALVAREZ S.
 Project: Descuadre de estufa 24"
 Department: Calidad 8 Sigma
 Process: Metalisteria
 Characteristic: Y3 liso
 Units: milímetros
 Upper Spec: 608.82
 Lower Spec: 607.82
 Nominal: 608.32
 Opportunity: 45 datos

Process Benchmarks

	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z.Bench)		7.00
PPM	999951	

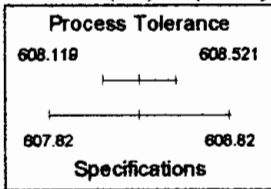
Reporte 2: Capacidad de Proceso para Y3 LISO



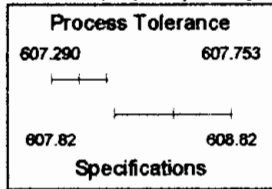
Capability Indices

	ST	LT
Mean	608.320	607.522
StDev	0.067	0.077
Z.USL	7.496	16.944
Z.LSL	7.496	-3.894
Z.Bench	7.000	-3.894
Z.Shift	10.894	10.894
P.USL	0.000000	0.000000
P.LSL	0.000000	0.999951
P.Total	0.000000	0.999951
Yield	100	4.92E-03
PPM	0	999951
Cp	2.48	
Cpk	-1.48	
Fp		2.16
Fpk		-1.29

Potential (ST) Capability

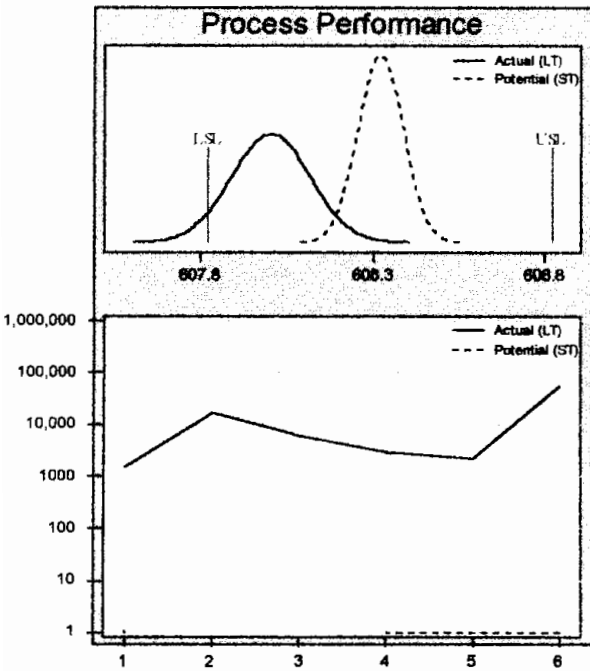


Actual (LT) Capability



Data Source:
 Time Span:
 Data Trace:

Reporte 1: Resumen Ejecutivo para Y3 estamp.



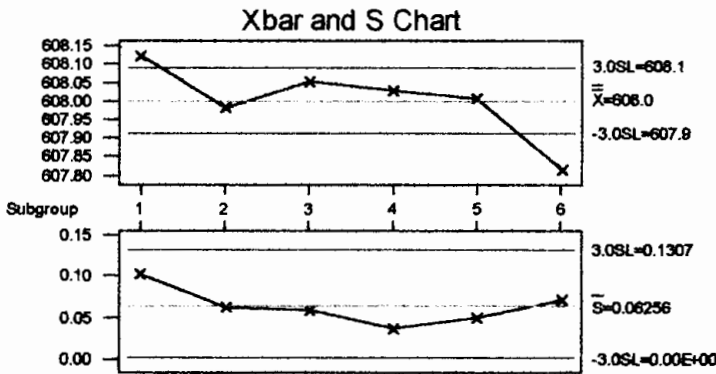
Process Demographics

Date: 31/01/2002
 Reported by: PATRICIO ALVAREZ S.
 Project: Descuadre de estufa 24"
 Department: Calidad 6 Sigma
 Process: Metalisteria
 Characteristic: Y3 estampado
 Units: milímetros
 Upper Spec: 608.82
 Lower Spec: 607.82
 Nominal: 608.32
 Opportunity: 45 datos

Process Benchmarks

	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z Bench)		7.00
PPM	54546.7	

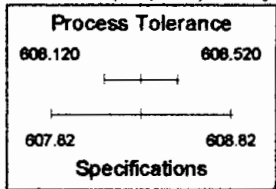
Reporte 2: Capacidad de Proceso para Y3 ESTAMP.



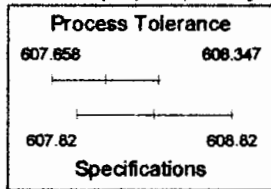
Capability Indices

	ST	LT
Mean	608.320	608.002
StDev	0.068	0.114
Z.USL	7.591	7.185
Z.LSL	7.591	1.602
Z.Bench	7.000	1.602
Z.Shift	5.398	5.398
P.USL	0.000000	0.000000
P.LSL	0.000000	0.054547
P.Total	0.000000	0.054547
Yield	100	94.5453
PPM	0	54546.7
Cp	2.50	
Cpk	0.81	
Pp		1.45
Ppk		0.53

Potential (ST) Capability

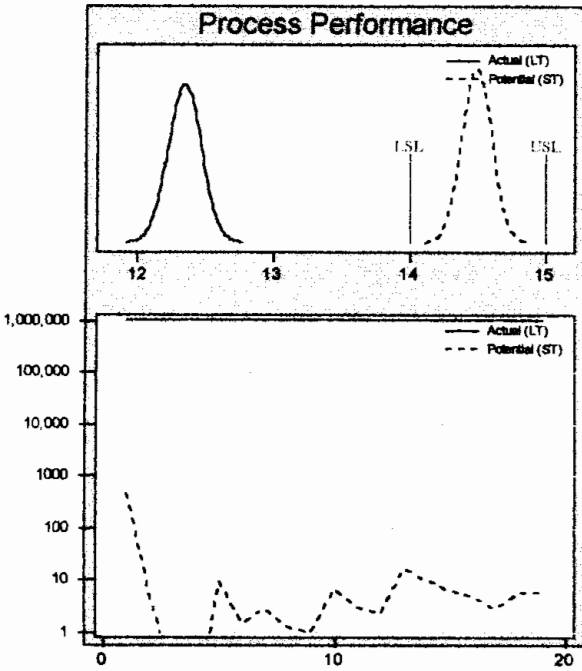


Actual (LT) Capability



Data Source:
 Time Span:
 Data Trace:

Reporte 1: Resumen Ejecutivo para X1



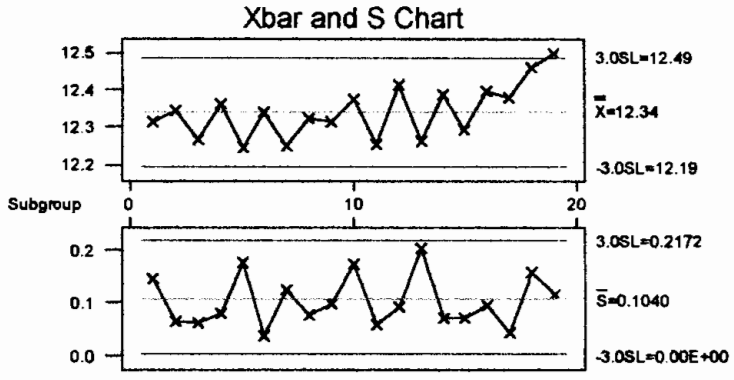
Process Demographics

Date:	01/02/2002
Reported by:	PATRICIO ALVAREZ S.
Project:	Descuadre de estufa 24"
Department:	Calidad 6 Sigma
Process:	Metalisteria
Characteristic:	X1
Units:	milímetros
Upper Spec:	15
Lower Spec:	14
Nominal:	14.5
Opportunity:	95 datos

Process Benchmarks

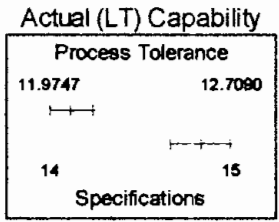
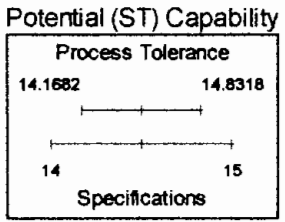
	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z Bench)		4.39
PPM	1000000	375,000

Reporte 2: Capacidad de Proceso para X1



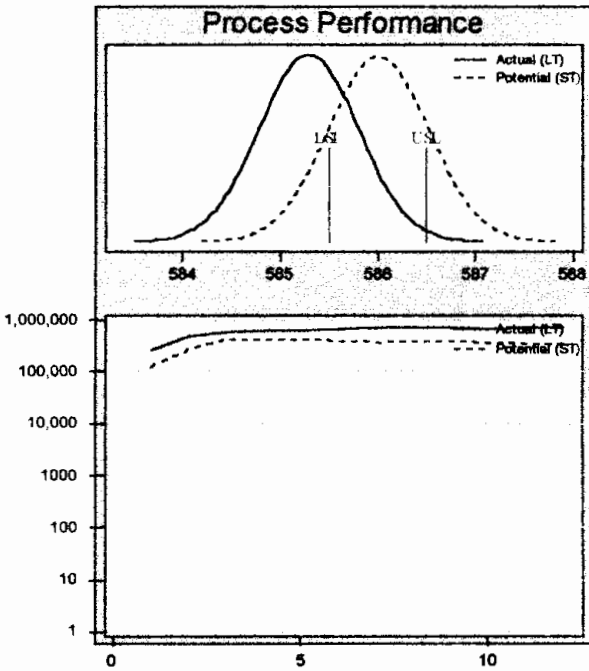
Capability Indices

	ST	LT
Mean	14.5000	12.3419
StDev	0.1103	0.1221
Z.USL	4.5350	21.7771
Z.LSL	4.5350	-13.5844
Z.Bench	4.3865	-7.0000
Z.Shift	11.3865	11.3865
P.USL	0.000003	0.000000
P.LSL	0.000003	1.000000
P.Total	0.000006	1.000000
Yield	99.999	0
PPM	5.76003	1000000
Cp	1.51	
Cpk	-5.00	
Fp		1.36
Ppk		-4.52



Data Source:
Time Span:
Data Trace:

Reporte 1: Resumen ejecutivo para X2



Process Demographics

Date: 03/02/2002
 Reported by: PATRICIO ALVAREZ S.
 Project: Descuadre estufa 24"
 Department: Calidad 6 Sigma
 Process: Acabados
 Characteristic: X2
 Units: milímetros
 Upper Spec: 586.5
 Lower Spec: 585.5
 Nominal: 586
 Opportunity: 80 datos

Process Benchmarks

Actual (LT) Potential (ST)

Sigma
(Z. Bench)

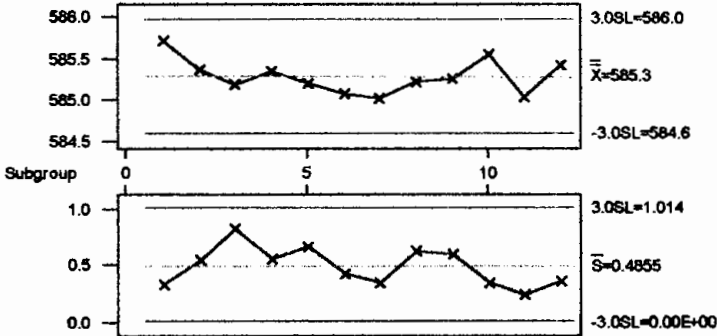
0.44

PPM

671339

Reporte 2: Capacidad de Proceso para X2

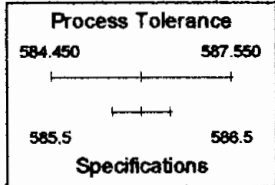
Xbar and S Chart



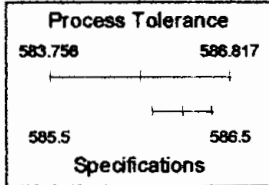
Capability Indices

	ST	LT
Mean	586.000	585.286
StDev	0.514	0.508
Z.USL	0.973	2.389
Z.LSL	0.973	-0.420
Z.Shift	0.438	-0.444
P.USL	0.165272	0.008436
P.LSL	0.185272	0.662903
P.Total	0.330545	0.671339
Yield	66.9455	32.8661
PPM	330545	671339
Cp	0.32	
Cpk	-0.14	
Pp		0.33
Ppk		-0.14

Potential (ST) Capability

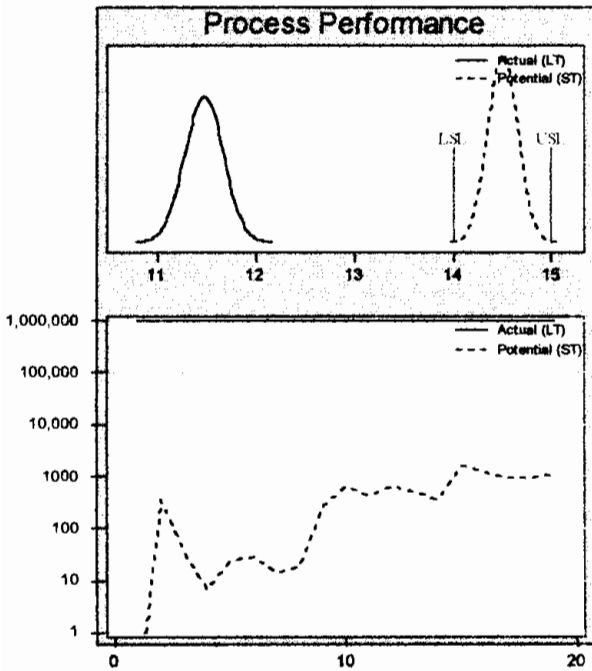


Actual (LT) Capability



Data Source:
 Time Span:
 Data Trace:

Reporte 1: Resumen Ejecutivo para X3



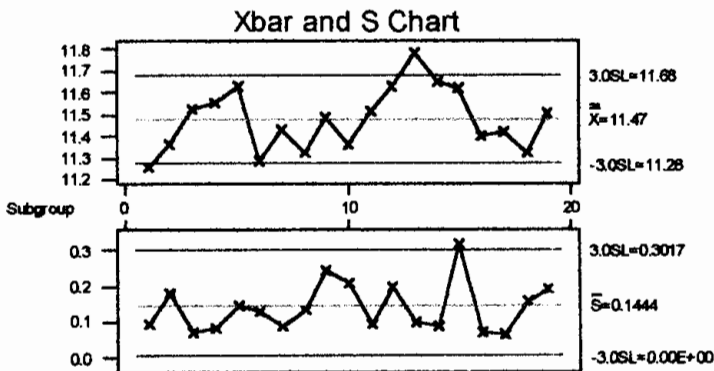
Process Demographics

Date:	01/02/2002
Reported by:	PATRICIO ALVAREZ S.
Project:	Descuadre de estufa 24"
Department:	Calidad 6 Sigma
Process:	Metalisteria
Characteristic:	X3
Units:	milímetros
Upper Spec:	15
Lower Spec:	14
Nominal:	14.5
Opportunity:	95 datos

Process Benchmarks

	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z Bench)		3.06
PPM	1000000	0.00000

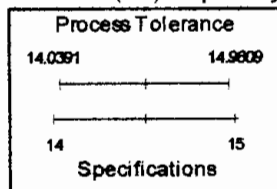
Reporte 2: Capacidad de Proceso para X3



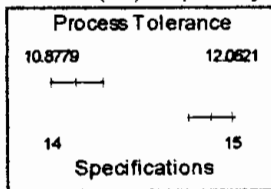
Capability Indices

	ST	LT
Mean	14.5000	11.4700
StDev	0.1531	0.1968
Z.U.SL	3.2653	17.9336
Z.L.SL	3.2653	-12.8533
Z.Bench	3.0636	-7.0000
Z.Shift	10.0636	10.0636
P.U.SL	0.000547	0.000000
P.L.SL	0.000547	1.000000
P.Total	0.001093	1.000000
Yield	99.8607	0
PPM	1083.49	1000000
Cp	1.06	
Cpk	-5.49	
Pp		0.84
Ppk		-4.27

Potential (ST) Capability

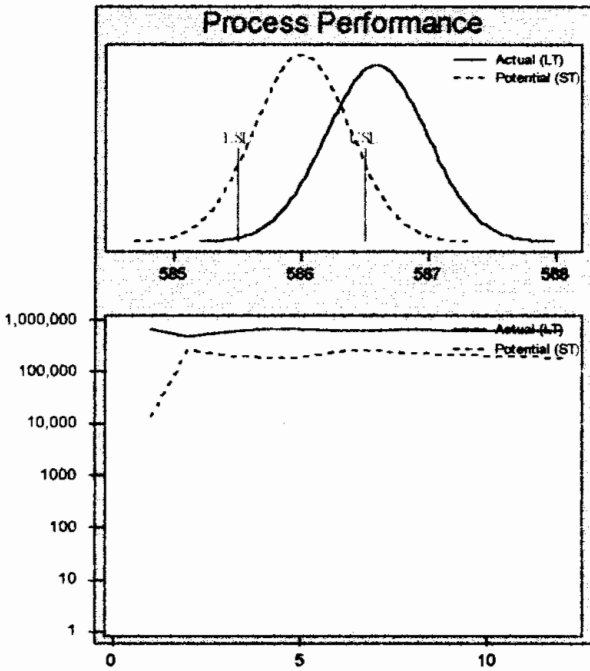


Actual (LT) Capability



Data Source:
Time Span:
Data Trace:

Reporte 1: Resumen Ejecutivo para X4



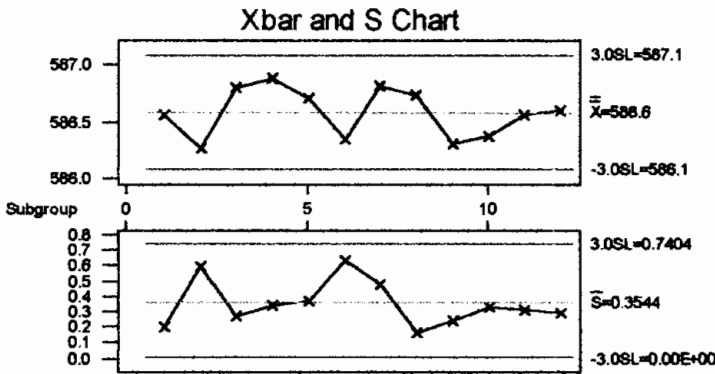
Process Demographics

Date: 03/02/2002
 Reported by: PATRICIO ALVAREZ S.
 Project: Descuadre estufa 24"
 Department: Calidad 6 Sigma
 Process: Acabados
 Characteristic: X4
 Units: milímetros
 Upper Spec: 586.5
 Lower Spec: 585.5
 Nominal: 586
 Opportunity: 60 datos

Process Benchmarks

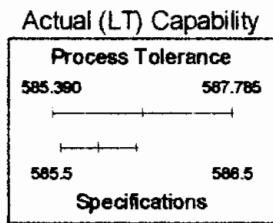
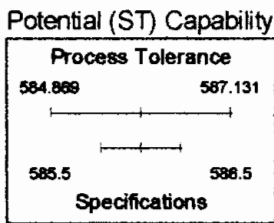
	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z. Bench)		0.91
PPM	590402	

Reporte 2: Capacidad de Proceso para X4



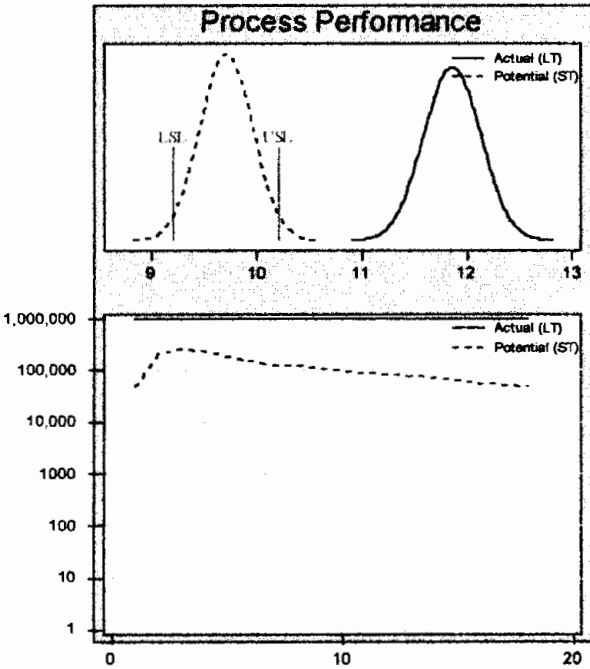
Capability Indices

	ST	LT
Mean	586.000	586.588
StdDev	0.375	0.397
Z.USL	1.333	-0.221
Z.LSL	1.333	2.737
Z.Bench	0.906	-0.229
Z.Shift	1.134	1.134
P.USL	0.091255	0.587303
P.LSL	0.091255	0.003099
P.Total	0.182511	0.590402
Yield	81.7489	40.9566
PPM	182511	590402
Cp	0.44	
Cpk	-0.08	
Pp		0.42
Ppk		-0.07



Data Source:
 Time Span:
 Data Trace:

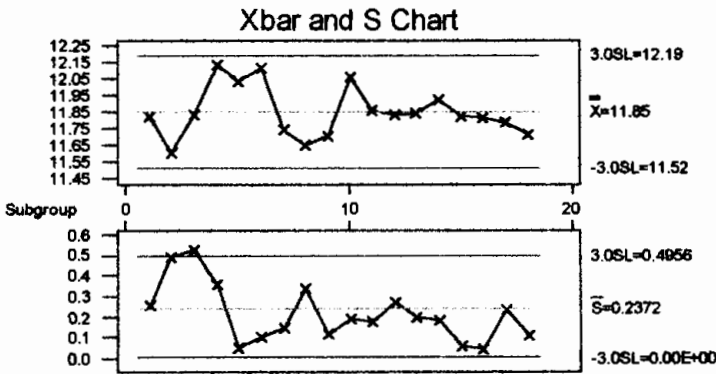
Reporte 1: Resumen Ejecutivo para X5



Process Demographics	
Date:	01/02/2002
Reported by:	PATRICO ALVAREZ S.
Project:	Descuadre de estufa 24"
Department:	Calidad 6 Sigma
Process:	Metalisteria
Characteristic:	X5
Units:	milímetros
Upper Spec:	10.21
Lower Spec:	9.21
Nominal:	9.71
Opportunity:	90 datos

Process Benchmarks		
	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z Bench)	1.68	
PPM	1000000	46807.6

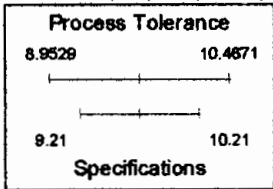
Reporte 2: Capacidad de Proceso para X5



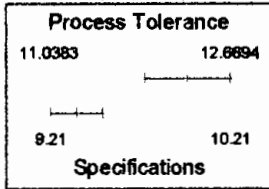
Capability Indices

	ST	LT
Mean	9.71000	11.8539
StDev	0.25150	0.2711
Z.USL	1.98804	-6.0640
Z.LSL	1.98804	9.7528
Z.Bench	1.87663	-6.0640
Z.Shift	7.74065	7.7406
P.USL	0.023404	1.000000
P.LSL	0.023404	0.000000
P.Total	0.046808	1.000000
Yield	95.3192	8.64E-08
PPM	46807.6	1000000
Cp	0.68	
Cpk	-2.17	
Pp		0.61
Ppk		-2.02

Potential (ST) Capability

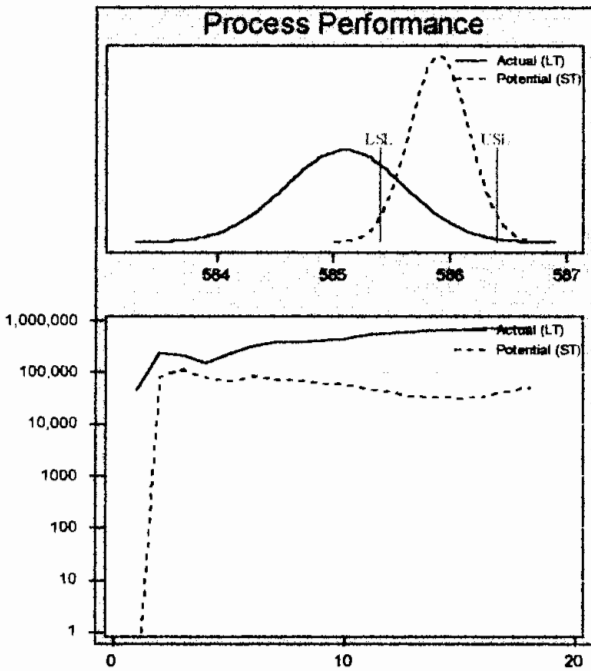


Actual (LT) Capability



Data Source:
Time Spen:
Data Trace.

Reporte 1: Resumen Ejecutivo para X6



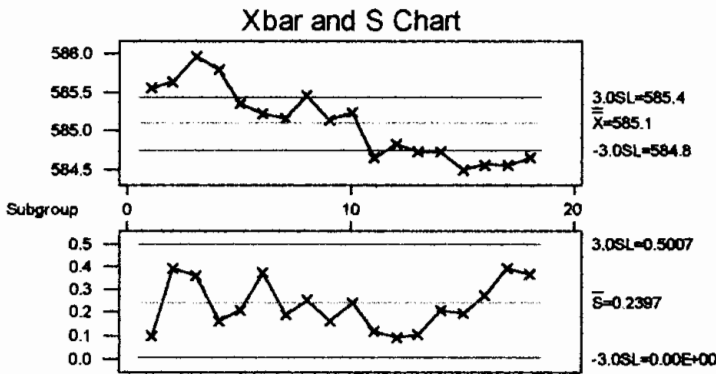
Process Demographics

Date: 01/02/2002
 Reported by: PATRICIO ALVAREZ S.
 Project: Descuadre de estufa 24"
 Department: Calidad 6 Sigma
 Process: Metalisteria
 Characteristic: X6
 Units: milímetros
 Upper Spec: 586.4
 Lower Spec: 585.4
 Nominal: 585.9
 Opportunity: 90 datos

Process Benchmarks

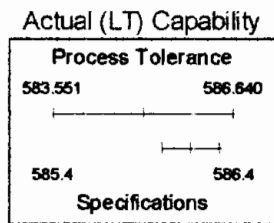
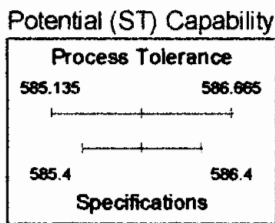
	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z. Bench)		1.65
PPM	729025	

Reporte 2: Capacidad de Proceso para X6



Capability Indices

	ST	LT
Mean	585.800	585.085
StDev	0.254	0.513
Z.USL	1.968	2.541
Z.LSL	1.968	-0.593
Z.Bench	1.653	-0.610
Z.Shift	2.263	2.263
P.USL	0.024559	0.005522
P.LSL	0.024559	0.723503
P.Total	0.049117	0.729025
Yield	95.0883	27.0875
PPM	49117.5	729025
Cp	0.65	
Cpk	-0.40	
Pp		0.32
Ppk		-0.20



Data Source:
 Time Span:
 Data Trace:

APÉNDICE I

PASOS PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE HIPÓTESIS.

9 Pasos en la Prueba de Hipótesis

1. Definir el problema / establecer los objetivos de la prueba
2. Establecer las hipótesis - H_0 y H_a
 - Definir la Hipótesis Nula (H_0): Los elementos son los mismos
 - Definir la Hipótesis Alterna (H_a): Algo que es diferente (**H_a es la que necesita probarse**)
3. Decidir sobre una prueba estadística apropiada (distribución de probabilidad asumida: t, F o χ^2).
4. Establecer el nivel aceptable de riesgo Alfa y Beta:
 - . riesgo alfa: generalmente 5%
 - . riesgo beta: generalmente 10-20%
5. Establecer el tamaño muestral usando la prueba de sensibilidad (d/s)
6. Desarrollar el plan de muestreo y recolección de muestras
7. Calcular los estadísticos de prueba (t, F o χ^2) de los datos
8. Determinar la probabilidad de que el estadístico de prueba calculado ocurra por azar (valor p):
 - . Si la probabilidad (p) es $< \alpha$, rechazar H_0 y aceptar H_a
 - . Si la probabilidad (p) es $\geq \alpha$, no rechazar H_0 (no sacar una conclusión)
9. Replicar resultados y traducir la conclusión estadística a una solución práctica.

APÉNDICE J

TABLA DE TAMAÑO DE MUESTRA BÁSICA.

Una Tabla de Tamaño de Muestra Básica

Aplicar exclusivamente a datos continuos

$\alpha \rightarrow$	δ/σ	$\alpha = 20\%$				$\alpha = 10\%$				$\alpha = 5\%$				$\alpha = 1\%$				$\beta \leftarrow$
		20%	10%	5%	1%	20%	10%	5%	1%	20%	10%	5%	1%	20%	10%	5%	1%	
0.2	225	328	428	651	309	428	541	789	392	525	650	919	584	744	891	1202		
0.3	100	146	190	289	137	190	241	350	174	234	289	408	260	331	396	534		
0.4	56	82	107	163	77	107	135	197	98	131	162	230	146	186	223	300		
0.5	36	53	69	104	49	69	87	126	63	84	104	147	93	119	143	192		
0.6	25	36	48	72	34	48	60	88	44	58	72	102	65	83	99	134		
0.7	18	27	35	53	25	35	44	64	32	43	53	75	48	61	73	98		
0.8	14	21	27	41	19	27	34	49	25	33	41	57	36	46	56	75		
0.9	11	16	21	32	15	21	27	39	19	26	32	45	29	37	44	59		
1.0	9	13	17	26	12	17	22	32	16	21	26	37	23	30	36	48		
1.1	7	11	14	22	10	14	18	26	13	17	21	30	19	25	29	40		
1.2	6	9	12	18	9	12	15	22	11	15	18	26	16	21	25	34		
1.3	5	8	10	15	7	10	13	19	9	12	15	22	14	18	22	30		
1.4	5	7	9	13	6	9	11	16	8	11	13	19	12	15	18	25		
1.5	4	6	8	12	5	8	10	14	7	9	12	16	10	13	16	21		
1.6	4	5	7	10	5	7	8	12	6	8	10	14	9	12	14	19		
1.7	3	5	6	9	4	6	7	11	5	7	9	13	8	10	12	17		
1.8	3	4	5	8	4	5	7	10	5	6	8	11	7	9	11	15		
1.9	2	4	5	7	3	5	6	9	4	6	7	10	6	8	10	13		
2.0	2	3	4	7	3	4	5	8	4	5	6	9	6	7	9	12		
2.1	2	3	4	6	3	4	5	7	4	5	6	8	5	7	8	11		
2.2	2	3	4	5	3	4	4	7	3	4	5	8	5	6	7	10		
2.3	2	2	3	5	2	3	4	6	3	4	5	7	4	6	7	9		
2.4	2	2	3	5	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	8		
2.5	1	2	3	4	2	3	3	5	3	3	4	6	4	5	6	8		
2.6	1	2	3	4	2	3	3	5	2	3	4	5	3	4	5	7		
2.7	1	2	2	4	2	2	3	4	2	3	4	5	3	4	5	7		
2.8	1	2	2	3	2	2	3	4	2	3	3	5	3	4	5	6		
2.9	1	2	2	3	1	2	3	4	2	2	3	4	3	4	4	6		
3.0	1	1	2	3	1	2	2	4	2	2	3	4	3	3	4	5		
3.1	1	1	2	3	1	2	2	3	2	2	3	4	2	3	4	5		
3.2	1	1	2	3	1	2	2	3	2	2	3	4	2	3	3	5		
3.3	1	1	2	2	1	2	2	3	1	2	2	3	2	3	3	4		
3.4	1	1	1	2	1	1	2	3	1	2	2	3	2	3	3	4		
3.5	1	1	1	2	1	1	2	3	1	2	2	3	2	2	3	4		
3.6	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	3	2	2	3	4		
3.7	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	3	2	2	3	4		
3.8	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	3	2	2	2	3		
3.9	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	3		
4.0	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	3		

Uso Típico

APÉNDICE K

CRITERIOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA EL ENSAMBLE DE LA ESTUFA.

A continuación se especifican los criterios de calidad utilizados previo a la ejecución del estudio, en el área de ensamble en los diferentes puntos de inspección de calidad.

Posterior a la etapa de mejoras se incluirán o registrarán los documentos o instructivos referidos a los controles de calidad.

Definición y tipos de zonas.

Zona A Especial. 1ra en importancia.

Zona A 2da en importancia.

Zona B 3ra en importancia.

Zona B especial.

Zona A Especial. 1ra en importancia.

Se le denomina así, por ser la zona de la pieza o estufa, de mayor atracción o percepción para el usuario o posible comprador. Por que? ... debido a que esta zona en particular tiene las características de diseño y apariencia mas obvias para el observador o comprador.

Esto es a la pieza o estufa queda en linea directa a la persona que se le aproxima para evaluarla; por lo tanto el tamaño de los defectos (probables de presentarse) en esa zona en particular, deben tener un tamaño muy pequeño difícil de percibirse.

Zona A 2da en importancia.

Se le denomina así por ser la zona de la pieza o estufa, de atracción o percepción de 2do lugar en importancia para el usuario o posible comprador, porque son las zonas adyacentes a la Zona A Especial, esto nos permite en cierta forma, aceptar tamaños de defectos levemente mas grandes que los de la Zona A Especial.

Zona B 3ra en importancia.

Se le denomina así por ser la zona de la pieza o estufa, que para su evaluación requiere realizar un movimiento diferente al de aproximación de la estufa (ya como un ensamble), para ser percibida. Ejemplo: Abrir la puerta, levantar una pieza, ladearse, girarse o agacharse, por lo tanto el tamaño del defecto que se permite mas grande que en las 2 zonas anteriores.

Zona B especial.

Se le denomina así, por ser la zona de la pieza o estufa, que para su evaluación requiere de un criterio específico de evaluación o bien de un estandar específico de comparación, debido a:

- a) La forma de la pieza
- b) La posición de esta en el ensamble.
- c) Su acabado o textura
- d) Por su costo. (Se le da la clasificación de "zonas específicas")

APÉNDICE L

EL ESPÍRITU DE SEIS SIGMA EN MOVIMIENTO A TRAVÉS DEL SERVICIO Y ATENCIÓN EFECTIVA AL CLIENTE

EL VALOR DE LA INFORMACION!

Parece cosa de locos, más no lo es!

Esta es una moraleja que esta circulando de boca en boca entre los principales especialistas norteamericanos de servicios al cliente.

Una historia o "caso" como esta siendo bautizada aquí en Brasil, comienza cuando en una división de carros de la Pontiac de GM de los EUA recibió una curiosa reclamación de un cliente. Y esto es lo que él escribió:

"Esta es la segunda vez que les envío una carta y no los culpo por no responder. Puedo parecerles un loco, mas el hecho es que tenemos una tradición en nuestra familia que es el de tomar helado después de cenar. Repetimos este hábito todas las noches, variando apenas el sabor del helado; y yo soy el encargado de ir a comprarlos.

Recientemente compre un nuevo Pontiac y desde entonces las idas a la revería se han transformado en un problema.

Siempre que compro helado de vainilla, cuando me dispongo a regresar a casa, el carro no funciona. Si compro cualquier otro sabor, el carro funciona normalmente. Pensarán que estoy realmente loco y no importa que tan tonta pueda parecer mi reclamación, el hecho es que estoy muy molesto con mi Pontiac modelo 99".



La carta generó tanta gracia entre el personal de Pontiac que el presidente de la compañía acabó recibiendo una copia de la reclamación. Él decidió tomarlo en serio y mando a un ingeniero a entrevistarse con el autor de la carta. El empleado y el "demandante" – un señor exitoso en la vida y dueño de varios carros – fueron juntos a la revería en el infeliz Pontiac. El ingeniero sugirió sabor vainilla para verificar la reclamación; y el carro efectivamente no funcionó. Un empleado de GM volvió en los días siguientes, a la misma hora, he hizo el mismo trayecto, y solo vario el sabor del helado. Nuevamente el auto solo funcionaba de regreso cuando el sabor elegido no era vainilla. El problema acabó volviéndose una obsesión para el ingeniero, que acabo haciendo experiencias diarias anotando todos los detalles posibles, y después de dos semanas llegó al primer gran descubrimiento: Cuando escogía vainilla el comprador gastaba menos tiempo porque ese tipo de helado estaba bien enfrente. Examinando el carro, el ingeniero hace un nuevo descubrimiento: Como el tiempo de compra era muy reducido en caso de la vainilla en comparación con el tiempo de otros sabores, el motor no llegaba a enfriar. Con eso, los vapores del combustible no se disipaban, impidiendo que un nuevo arranque del motor fuese instantáneo. A partir de ese episodio, el Pontiac cambió el sistema de alimentación de combustible e introdució una alteración en todos los modelos a partir de la línea 99. El autor de la reclamación obtuvo un carro nuevo, y además de la corrección del coche que no funcionaba con el helado de vainilla. La GM distribuyó un comunicado interno, exigiendo que sus empleados lleven en serio hasta las reclamaciones mas extrañas, **"porque puede ser que una gran innovación, este por detrás de un helado de vainilla"**, dice el comunicado de GM.



Traducción libre del artículo:

FACECA

Administração de Sistemas de Informações

fev / 2001

Fernando César Moraes

Hélio Lemes Costa Jr.



BIBLIOGRAFÍA

1. MABE ECUADOR, Instructivos de Calidad, Km. 14 ½ vía a Daule, Guayaquil – Ecuador
2. MABE MEXICO, Manual de entrenamiento Seis Sigma de G.E. Appliance, 1997, Acceso II No. 21 Fracc. Ind. Benito Juarez, Querétaro – México.
3. LAWRENCE E. DOYLE, Manufacturing Processes And Materials For Engineers, by Prentice-Hall, Inc; 1969
4. EUGENE A. AVALLONE / THEODORE BAUMEISTER III, Manual del Ingeniero Mecánico, 9na Edición, Tomo I y II, Editorial Mc. Graw Hill
5. FRANK M. GRYNE, Manual de Control de Calidad J.M. Jurán, 4ta Edición, Tomo I y II, Editorial Mc. Graw Hill
6. WILLIAM K. HODSON, Maynard Manual del Ingeniero Industrial, 4ta Edición, Tomo I,II,III y IV, Editorial Mc. Graw Hill
7. NORMA ANSI Z 21.1 “Household Cooking Gas Appliance”, Edic. 25, 1.993, USA.
8. <http://www.seissigma.com.mx/>
9. <http://www.seissigma.com/>
10. <http://www.seis-sigma.com/>