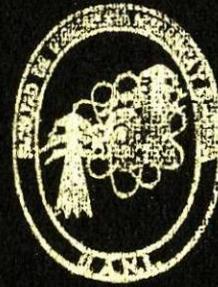


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



APLICACION DE LAS SIETE HERRAMIENTAS
BASICAS PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS

TESIS

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO ADMINISTRADOR DE SISTEMAS
PRESENTA

JOSE HUMBERTO PEÑA CAZARES

ASESORES:

ING. ROBERTO ELIZONDO VILLARREAL
ING. ARTURO BORJAS ROACHO

CD. UNIVERSITARIA

JULIO DE 1995

T

TS156

.8

P4

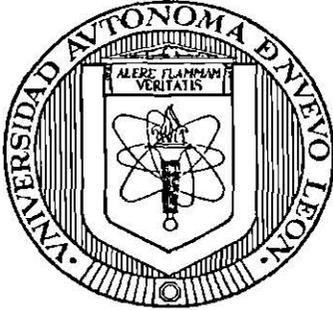
C.1



1080064396

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



**APLICACION DE LAS SIETE HERRAMIENTAS BASICAS
PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS**

TESIS

QUE EN OPCION AL TITULO DE:

INGENIERO ADMINISTRADOR DE SISTEMAS

PRESENTA: JOSE HUMBERTO PEÑA CAZARES

ASESORES: ING. ROBERTO ELIZONDO VILLARREAL

ING. ARTURO BORJAS ROACHO

T
TS156
.8
P4



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. 10515



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres:

En agradecimiento a su confianza y fe inquebrantable, así como su dedicación y apoyo moral que en una forma desinteresada me ofrecieron sin escatimar esfuerzos de ninguna clase, con el único fin de hacerme un profesionalista.

A mis Hermanos:

Enrique, Ricardo y Daniel

Quienes de una u otra forma me ayudaron en realización de mi carrera.

A mis Maestros:

Con respeto y agradecimiento
por las enseñanzas recibidas.

A mis compañeros y amigos:

Por su apoyo incondicional
durante mi carrera.

Y a todas aquellas personas que de
alguna manera me ayudaron durante
mi carrera.

Contenido

Introducción

Capítulo 1	Recolección de Datos	
	El propósito de la recolección de Datos	2
	Condiciones para trabajar con los datos	3
	Población y Muestra	4
	Tipos de Datos	5
Capítulo 2	Hoja de Verificación	
	Definición y Usos de la Hoja de Verificación	8
	Tipos de Hoja de Verificación	9
	Pasos para elaborar la Hoja de Verificación	10
Capítulo 3	Estratificación	
	Definición y Usos de la Estratificación	12
	Pasos para llevar a cabo la Estratificación	13
Capítulo 4	Diagrama Causa-Efecto	
	Definición y Usos del Diagrama Causa-Efecto	15
	Lluvia de Ideas	16
	Pasos para elaborar el Diagrama Causa-Efecto	17
	Aplicación del Diagrama Causa-Efecto	18
	Aspectos importantes	18
Capítulo 5	Diagrama de Pareto	
	Definición	20
	Usos del Diagrama de Pareto	21
	Pasos para elaborar Diagrama de Pareto	21
	Recomendaciones	23
Capítulo 6	Histograma	
	Definición y conceptos	26
	Pasos para elaborar el Histograma	27
	Usos del Histograma	30
	Interpretación del Histograma	30
Capítulo 7	Diagrama de Dispersión	
	Definición y Usos del Diagrama de Dispersión	33
	Pasos para elaborar el Diagrama de Dispersión	33
	Lectura del Diagrama de Dispersión	34
	Coefficiente de Correlación Lineal	35
	Correlación por Medianas	37
	Ecuación de Regresión Lineal	39

Capítulo 8	Gráficas en General y Gráficas de Control	
	Gráficas en general. Definición y usos	42
	Tipos de Gráficas Generales	42
	Medidas de Tendencia Central	44
	Medidas de Dispersión	44
	Gráficas de Control. Definición.	45
	Usos y Tipos de Gráficas de Control	46
	Gráfica x-R (Promedios y Rangos)	46
	Gráfica p (Porcentaje de unidades defectuosas)	49
	Lectura Gráfica de Control	51
Capítulo 9	Ruta de Calidad	
	Definición	54
	Pasos a seguir para resolver problemas en base a la Ruta de la Calidad	54
Capítulo 10	Caso Práctico	
	Proyecto y Objetivo	61
	Factores	62
	Contramedidas	72
	Verificación resultados	75
	Conclusiones	78
Bibliografía		79
Apéndice A	Hojas de Verificación (Caso Práctico)	80
Apéndice B	Tablas de Constantes	85

INTRODUCCION

Para implementar programas de Control Total de Calidad es necesario la intervención de Directores además de la colaboración de los trabajadores, pero estos a su vez necesitan instrumentos y técnicas para la realizar medición, llevar a cabo análisis y controlar procesos.

Los instrumentos que nos ayudarán a implementar los programas de control de Calidad son las Siete Herramientas Básicas. Estas deberán ser utilizadas por todo el personal para la realización de programas y para llevar de una manera el control de Procesos o Tareas.

El uso de estas herramientas permite identificar causas y áreas de problemas, graficar los datos referentes a ello, destacar los problemas vitales y resaltar aspectos que hayan estado ocultos. Posiblemente el éxito de la mejora en nuestro trabajo dependa de la manera como se usen estos instrumentos. Para estas herramientas se describen en que consiste, usos, pasos para su elaboración así como sus aplicaciones a problemas reales.

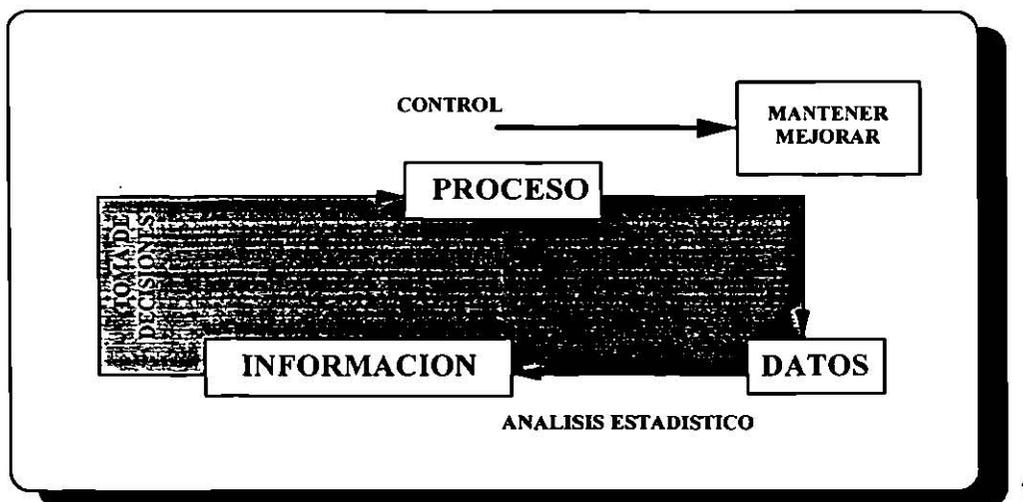
Se describe un Caso Práctico que se elaboró siguiendo los pasos recomendados por la Ruta de la Calidad, en él cual se analiza de una manera detallada el problema estableciendo objetivos una vez analizado el problema y aplicando las acciones correctivas necesarias para su mejoramiento y al final se hace un comparativo antes y después de la aplicación de la contramedidas para comprobar si en realidad se presentaron mejoras. Se utilizaron como apoyo algunas de las Siete Herramientas Básicas para su mejor comprensión.

CAPITULO 1
RECOLECCION DE DATOS

El propósito de la recolección de datos

Estadística: Ciencia que se ocupa de recopilar, organizar, representar y analizar un conjunto de datos, con el fin de inferir y generalizar la información contenida en ellos.¹

El papel de la estadística en el Control Total de Calidad es de gran importancia. Si deseamos mejorar un proceso, es de mucha ayuda el análisis estadístico de los datos que se obtengan mediante la observación científica de los procesos de producción o de servicio. En la figura siguiente se muestra el flujo de actividades que conducen al control de un proceso, partiendo de los datos y su análisis estadístico:



En cualquier empresa se recogen numerosos datos, cuyo análisis ordenado a través de sencillas técnicas estadísticas nos va a permitir estudiar y comprender la forma como se está trabajando y tomar decisiones para mejorar nuestros procesos o servicios.

Frecuentemente utilizamos nuestra experiencia, nuestra intuición o conceptos abstractos para tomar decisiones, las cuáles no siempre son las más adecuadas; es por esto que adicionalmente necesitamos datos para llegar a juicios correctos o decisiones acertadas. Por tal motivo el uso de los datos es necesario para tener cierto grado de confiabilidad en nuestras tareas.

Los propósitos que se tienen cuando se trabaja con datos fidedignos son los siguientes:

- Establecer la situación actual de la empresa.
- Ajustar los procedimientos de trabajo (maquinado, transformado, almacenamiento, traslado, inspección, etc.)
- Controlar los procedimientos de trabajo.
- Analizar y mejorar el proceso de manufactura y servicio.

¹ Las Siete Herramientas Básicas, ITESM, Julio'92 pag. 2

Muchas veces se tienen datos pero no se sabe qué hacer con ellos, o lo contrario hay muchos datos que sería interesante tener, pero que no son recopilados, por lo tanto los datos buenos son aquellos que tienen definido con claridad el propósito y que llenan completamente el objetivo que se pretende. Muchas veces esto implica desarrollar hojas de verificación, es decir, formatos que organizan los datos de modo que ayudan a aislar las causas específicas de los defectos o de las fallas del producto o servicio.

Objetivos de la recolección de datos:

1.- Investigar desviaciones respecto a un valor esperado o promedio.

Aquí conviene registrar los datos medidos en una tabla o en una hoja de verificación de tal forma que se faciliten los cálculos de su tendencia central y su dispersión.

2.- Investigar cambios a través del tiempo.

Aquí debe ponerse atención al tiempo y al orden en que se toman las mediciones (datos). Se puede diseñar la hoja de verificación de tal forma que se registren fácilmente las mediciones de ese orden, utilizar columnas para organizar los datos de acuerdo a condiciones variables, como días de la semana, temperatura o un ajuste en los procedimientos de trabajo.

3.- Investigar el tipo y frecuencia de los defectos y fallas

Si ocurren diferentes tipos de defectos o fallas, se pueden investigar sus tendencias y frecuencias por separado, ya que los diferentes defectos tienen usualmente diferentes causas. La hoja de verificación se diseña con los diversos tipos de defectos o fallas dispuestos por columnas.

4.- Investigar las causas de los defectos o de las fallas con base en la situación en la cual ocurren.

Los defectos y las fallas siempre tienen causas. Para determinarlas, se deben investigar las circunstancias en las cuales ocurrieron y estratificar las causas probables por materiales, máquinas, equipo, personal y métodos.²

CONDICIONES PARA TRABAJAR CON LOS DATOS

1.- Definir el propósito de los datos y tener claro el objeto sobre el cuál se actuará.

2.- Consignar claramente la historia de los datos:

² Las Siete Herramientas Básicas, ITESM, Julio'92 pag. 2

Qué datos se recopilaron
Por qué se recopilaron
Cuándo se recopilaron
Dónde se recopilaron
Cómo y con qué método se recopilaron.

- 3.- Recopilar datos de la relación entre la calidad (resultados) y los diversos factores que la influyen.
- 4.- Recopilar datos de manera imparcial, o sea, no aquellos que sean de fácil recolección o inconvenientes.

POBLACION Y MUESTRA

En estadística, el conjunto de todos los datos de donde se generalizan las observaciones se denomina **población**.

Como en la mayoría de los casos resulta poco práctico o incosteable analizar la totalidad de los elementos que componen la población estadística, se puede optar por seleccionar unos cuantos de estos para su estudio. Los elementos seleccionados se denominan **muestras**.

Una muestra está constituida por algunos elementos de la población.

3

Para que podamos estudiar la población a través de muestras, es necesario que éstas sean representativas de aquélla. Tener muestras **representativas** significa que cada una de ellas refleja, en cierta medida, las características de la población. De esta forma, en cada muestra cabría esperar encontrar a cualquiera de los datos. Por tanto, la selección de los elementos que integren las muestras debe ser casual, es decir, no se podrá conocer de antemano los elementos. Por tanto, la segunda característica que debe poseer toda muestra, es la de ser **aleatoria**.

Notación:

N Representa el número de unidades de una población. Es llamada "tamaño de la población"

n Representa el número de unidades en la muestra tomada de la población. Es llamado "tamaño de la muestra".

Denominaremos muestreo al acto de tomar muestras de una población. Las siguientes son las características deseables de un muestreo:

- Apropiado a su propósito
- Preciso
- Confiable
- Insesgado
- Económico
- Rápido

El muestreo, en esencia, debe ser aleatorio de modo tal que asegura que las ideas, opiniones o preferencias de las personas que hacen el muestreo no afectan la composición de las muestras.

Sin embargo, existe el error de muestreo: o sea, un error creado por el muestreo. Como no tenemos todas las mediciones de cada producto o servicio siempre habrá cierta desviación entre la verdadera condición del proceso y los datos de la muestra.

Además, como los datos se obtienen a través de mediciones de las muestras de la población, se presenta un error de medición, el cuál, si no es extremadamente pequeño, nos hará llegar a juicios incorrectos acerca de los procesos y a acciones incorrectas con relación a ellos. El error de medición puede ser de sesgo o de precisión.

El sesgo es la diferencia entre el resultado promedio de muchas mediciones repetidas y el valor verdadero de la cantidad medida. Si sabemos el sesgo podremos compensarlo.

La precisión es el grado en que repetidas mediciones dan el valor verdadero de la medición. La precisión es afectada por variables tales como la persona que hace la medición. La precisión puede mejorarse estandarizando un método para determinar las causas varias de desviación y llevarlas a un rango especificado muy pequeño.

TIPOS DE DATOS

Los datos se suelen clasificar en dos tipos: medibles y contables.

Datos Medibles

Datos en cantidades continuas como el tiempo de proceso por producto, la velocidad y dirección de los vehículos, o la temperatura diaria del lugar de trabajo, que tienen unidades y son obtenidos por mediciones en instrumentos de medición.

Datos Contables

Datos discretos como el número de clientes no atendidos por día, trabajadores ausentes o accidentes por semana. Estos datos son recopilados como números enteros mediante procesos de conteo.

Es importante recopilar datos en una forma apropiada para el tipo de análisis que se quiere. Algunos de los datos que se pueden manejar en nuestras empresas son los siguientes:

Datos Medibles

- Consumo de Energía Eléctrica
- Potencia de las máquinas
- Velocidad de corte
- Tiempo de horneado

Datos Contables

- Información sobre los clientes actuales y potenciales.
- Piezas manufacturadas/hora.
- Control de contratos.
- Metas de Ventas.

CAPITULO 2
HOJA DE VERIFICACION

HOJA DE VERIFICACIÓN

La hoja de verificación es una herramienta que nos sirve para la recolección de datos en una forma ordenada y eficiente. Su objetivo primordial es que su formato nos permita hacer un análisis eficiente y fácil.

PUNTOS RELEVANTES A CUIDAR DURANTE LA OPERACION DE MAQUINAS ORBITALES			
NOMBRE DEL OPERADOR _____			
FECHA _____			
ACTIVIDAD	BIEN	MAL	COMENTARIO
1.0 Biselado de acuerdo a estándar (uso escatillón).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.0 Limpieza de biselés.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.0 Alineado y punteados correctos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4.0 Colocación de la pinza de tierra sobre superficie limpia y lo más cercano a la unión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5.0 Verificar que no existan fugas de gas (flujo de gas adecuado).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6.0 Depósito de agua de enfriamiento lleno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7.0 Alineado y fijado del anillo guía a 2 3/8" de distancia del centro de la unión. Uso de desarmador de torque.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
8.0 Verificar con escala que el claro entre el anillo guía y el tubo sea el mismo en toda la circunferencia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
9.0 Afilado del Tungsteno y colocación en boquilla.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Usos de la Hoja de Verificación

- Sirve como apoyo para la realización del diagrama de Pareto, Histograma, Gráficas de Control u otras herramientas.
- Examinar la distribución de un proceso de producción.
- Verificar o examinar artículos defectivos.
- Verificar las causas de defectivos.
- Proporciona un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis.
- Proporcionan registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo.
- Localización del lugar en que ocurre un defecto.
- Se puede usar para confirmar las normas establecidas.
- Verificación y análisis de un proceso.

Lo más importante en una hoja de Verificación es que su diseño debe facilitar el logro de los objetivos planteados. Cuando el grupo de mejora diseña una de ellas, es importante determinar lo que se quiere obtener de los datos y la manera como estos se van a usar, con el fin de lograr un beneficio óptimo de la información.

Existen tres tipos de hojas de verificación que a continuación se describen:

1) Hoja para registro de datos

Existen dos dependiendo el tipo de Datos:

- Datos por variables

Cuando la recolección de datos está enfocada a un ciertos factores y estos son medibles se utiliza la hoja de verificación para Variables (por ejemplo: tiempo requerido para soldar una tubería, tiempo de atención a un cliente, tiempo de espera en una fila, etc.) es similar a una distribución de frecuencias.

- Datos por atributos

La recolección de datos también puede hacerse por atributos, en donde se toma en cuenta el tipo y frecuencia de la causa del problema, aquí un defecto puede deberse a diferentes causas. De tal manera que para obtener los datos es necesario contabilizar los defectos debido a c/u de las causas, los cuales se irán registrando en la hoja de verificación por atributos.

2) Hoja de localización

La hoja de Localización sirve para recolectar datos a través de un diagrama ya sea de un producto o una de sus partes en el cual se marca el lugar específico en donde se encuentra la falla, defecto, etc.

3) Lista de Verificación

Es una herramienta que nos sirve como seguimiento para un determinado proceso o una lista para verificar la operación de una máquina. La lista de Verificación es una enumeración de elementos dispuestos en un orden determinado.

Pasos a seguir para la elaboración de la Hoja de Verificación:**Paso 1. Defina claramente el propósito de la recolección de los datos.**

Identifique los factores más importantes de los cuáles es necesario obtener información, de tal manera que los datos obtenidos sean realmente utilizados.

Paso 2. Decida cómo recolectar los datos.

Es importante determinar la manera más eficiente de recolectar los datos en la hoja de verificación, además de recabar la siguiente información: responsable, fecha y lugar de recolección, tipo de inspección entre otras.

Paso 3. Considere el total de datos que serán recolectados.

El total de datos va a depender de los requerimientos para el cual vayan a ser utilizados.

Paso 4. Definir el formato de la hoja.

Al definir el formato de la hoja hay que tomar en cuenta varios aspectos como el arreglo de los factores (estos a su vez podrán ser estratificados), y la forma que va a depender del tipo de hoja a utilizar (puede ser tabla o figura).

Paso 5. Escriba los datos en la hoja.

Si es Hoja de Verificación para obtención de datos por atributos es necesario definir primeramente las símbolos que se van a utilizar y si los datos son del tipo por variables, hay que definir la unidad de medición para posteriormente continuar con el llenado de la hoja.

Paso 6. Verifique una vez más su factibilidad de uso.

Verifique si satisface los objetivos, y si es fácil su uso, en caso contrario trate de analizarla y haga los cambios pertinentes para su mejoramiento.

CAPITULO 3

ESTRATIFICACION

ESTRATIFICACION

La estratificación es una clasificación, por afinidad, de los elementos de una población, para analizarlos y poder determinar con más facilidad las causas del comportamiento de alguna característica de calidad. A cada una de las partes de esta clasificación se le llama estrato.⁴

Los datos recolectados se pueden estratificar para hacer un análisis detallado a través de herramientas estadísticas como el Diagrama de Pareto, el Diagrama de Causa-Efecto, el Diagrama de Dispersión, las Hojas de Verificación y las Gráficas de Control.

Usos de la estratificación

- Sirve para identificar la causa que tiene mayor influencia en la variación.
- Permite comprender de manera detallada la estructura de un grupo de datos, lo cual permitirá identificar las causas del problema y llevar a cabo las acciones correctivas convenientes.
- Permite examinar la diferencia en los valores promedios y la variación entre diferentes estratos, y tomar medidas contra la diferencia que pueda existir.

La estratificación se utiliza para clasificar datos e identificar su estructura y afinidad.

4

La estratificación generalmente se hace partiendo de la clasificación de los factores que inciden en un proceso o en un servicio (4M/1H: Máquina, Método, Material, Medio Ambiente y Hombre), y los estratos que se utilicen dependerán de la situación analizada.

Ejemplos:

Estratos

Hombre	Sexo:	Masculino y Femenino
Máquina	Mantenimiento:	Diario, Semanal, etc.
Método	Tipo de Almacenamiento:	A, B, C.
Materia	Tipo de Proveedor:	X, Y, Z.
Medio Ambiente:	Epoca:	Invierno, Verano, Otoño.

⁴ Las Siete Herramientas Básicas, ITESM, Julio'92 pag. 64,65

Pasos a seguir para llevar a cabo la Estratificación

Paso 1

Determine las características o factores a estratificar y clarifique la razón.

Paso 2

Evaluar la situación actual de las características determinadas mediante gráficas de Pareto, Histogramas, etc.

Paso 3

Determine las posibles causas de dispersión como puntos importantes a estratificar. El desarrollo de "estado actual" de las características o factores permite determinar si existe dispersión o anomalías en ellos. En función de éste, determine las causas de la dispersión, lo que permitirá definir los puntos específicos a estratificar.

Paso 4

Clasifique las características o factores en grupos individuales. Las características o factores seleccionados en el paso 1, y evaluadas en el paso 2, deben ser clasificadas en grupos definidos considerando sus causas probables de dispersión.

Paso 5

Evalúe el estado de los grupos clasificados. Repita el paso 2, ahora para las características en grupos individuales, definidos en el paso 4.

Paso 6

Analice el estado total de la calidad y eficiencia para establecer las conclusiones finales. Compare en primer lugar, el estado de cada grupo individual evaluado en el paso anterior, observe las diferencias y concluya cuáles son las principales causas de la dispersión.

CAPITULO 4

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

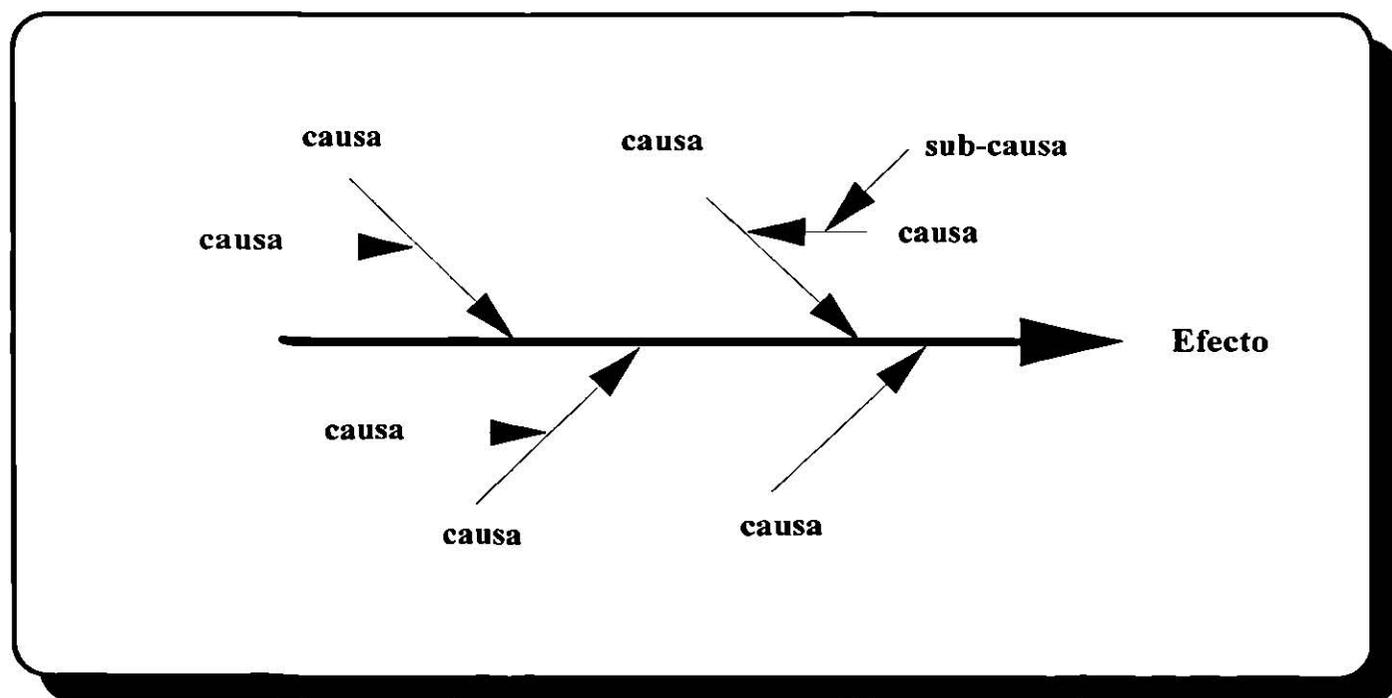
El diagrama Causa-Efecto es un gráfico que muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y sus causas. El "resultado fijo" de la definición es comúnmente denominado el "efecto", el cual representa un área de mejora: un problema que se deba resolver, un proceso o una característica de calidad. Una vez que el problema(efecto) es definido, se identifican los factores que contribuyen a él (causas). Es una herramienta que visualiza en forma global el problema y nos permite relacionar sus causas con su efecto.

Pueden existir una o varias causas del problema (efecto) pero estas a su vez pueden tener otras causas (subcausas) las cuales también deben ser especificadas o escritas en el diagrama.

El diagrama Causa-Efecto es una técnica de análisis en la resolución de problemas, desarrollada formalmente por el Profesor Kaoru Ishikawa, de la Universidad de Tokio que a partir de 1952 ha sido notablemente utilizado para resolver problemas de calidad.

La presentación que en el diagrama se da a la relación existente entre las causas, subcausas y el efecto, asume la forma de un **esqueleto de pescado** razón por la cual también se le conoce con este nombre.

La estructura general del diagrama se muestra en la siguiente figura:



Usos Del Diagrama Causa-Efecto

- Se utiliza para realizar un intercambio de ideas, técnicas y experiencias entre las personas que contribuyen para la realización del diagrama.
- El diagrama se usa para analizar un problema e identificar todas las posibles causas que lo afectan.
- Nos permite visualizar si los elementos seleccionados son realmente las causas del problema.
- El diagrama sirve para investigar cual de las causas es la que se necesita atender primero y así determinar los factores más significativos para la mejora del proceso.
- Para dirigir una discusión, Prevención de problemas ó Evaluación de habilidades.

La "Lluvia de ideas"

Es importante que el diagrama de Causa-Efecto represente las perspectivas de varias personas diferentes implicadas en el problema ó área de oportunidad, es por eso que se realiza una técnica llamada "Lluvia de ideas" para la cual es importante tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Debe alentarse la participación de todos los participantes y promover el lanzamiento de todo tipo de ideas, así aparezcan insensatas.
- No se deben hacer críticas a ninguna de las sugerencias. Es necesario abstenerse de juzgar entre lo bueno y lo malo.
- Las sugerencias no deben limitarse al área personal de trabajo.
- Hay que promover más la cantidad de ideas que la calidad.
- Se debe estar abierto a las ideas de otros.
- Los participantes deben concentrarse en el análisis de un problema, y no entretenerse en justificar la aparición del problema.
- No existen ideas ni pregunta tontas, solo tontos que no hablan.

Pasos a seguir para la elaboración del Diagrama Causa-Efecto

Paso 1: Defina el "efecto" o resultado.

El efecto debe ser definido lo más claramente posible (en sí es el problema), una vez definido el efecto se recomienda encerrarlo en un rectángulo y posteriormente dibuje una flecha dirigida hacia él.

Paso 2: Identifique las causas mayores

Las causas principales por lo general corresponden a las categorías conocidas como 4M/1H (Material, Método, Máquina, Medio Ambiente y Hombre) pero no siempre son estas ya que pueden variar dependiendo del problema o efecto que se esté analizando. A la flecha mayor solamente deben llegar 4 a 8 espinas.

Paso 3: Identifique causas y subcausas que contribuyen al efecto.

Estas deben registrarse en el diagrama las cuales se obtienen mediante la sesión de lluvia de ideas efectuada por los miembros del comité de mejora (las causas y subcausas constituyen las ramas o espinas de las causas mayores).

Paso 4: Verifique las causas probables

Cerciórese que no se haya omitido o traslapado ninguna causa probable.

Paso 5: Señale y verifique las causas más probables

Marque las causas más probables de acuerdo al criterio de las personas que forman el comité de mejora y después de analizarlas una a una más detalladamente, ver si realmente son significativas en el problemas , en caso de no serlo se irán eliminando para llegar así a la(s) causa(s) principal(es) del problemas y así tomar las medidas necesarias para solucionarlo.

**Este es un proceso iterativo: debe repetirse
cuantas veces sea necesario.....**

5

Es importante señalar que en el diagrama de Causa-Efecto sólo se anotan las causas y no las soluciones del problema ó área de oportunidad. Cada una de las causas potenciales que han sido identificadas se pueden examinar de un modo más detallado.

Aplicaciones del diagrama de Causa-Efecto

El diagrama de Causa-Efecto tiene diversas aplicaciones que a continuación se mencionan:

1.- Análisis de variabilidad

El diagrama de Causa-Efecto básico es el utilizado para analizar las causas de la variación o dispersión de un efecto o una característica de calidad.

2.- Análisis del proceso por etapas:

Esta forma del diagrama se usa cuando una serie de eventos crean un problema en un producto ó servicio y no está claro cuál evento o etapa es la causa mayor del problema.

3.- Diagrama sobre un modelo o plano.

Resulta de la combinación del diagrama de Causa-Efecto con un modelo (a escala o fotografía) del proceso (o instalaciones, máquina, etc.) señalando las diversas causas que están influyendo en cada parte del mismo.

Aspectos a considerar al elaborar un diagrama de Causa-Efecto

- No confunda los efectos con las causas y las contramedidas.
- Cualquier idea, por irrisoria o pequeña que parezca puede ser la clave de la solución del problema.
- Mejore el diagrama permanentemente. No conviene hacer el diagrama y dejarlo a un lado.
- Utilice todas las hojas que sean necesarias. Es improbable que una sola hoja permita incluir todos los elementos.

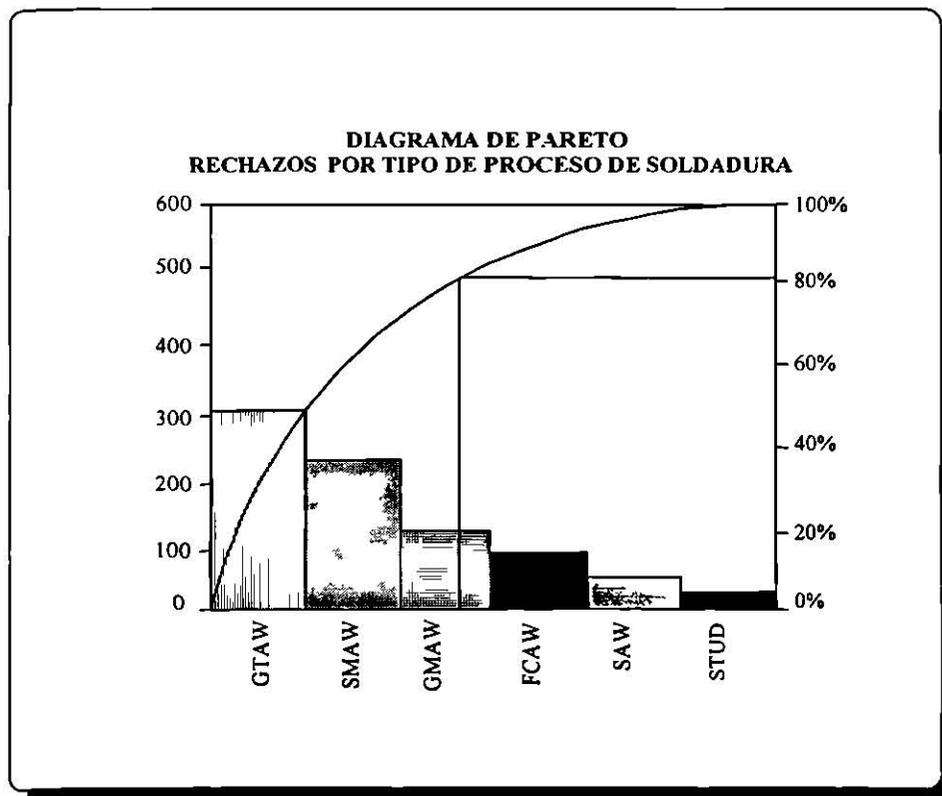
CAPITULO 5
DIAGRAMA DE PARETO

DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto es una gráfica que representa en forma ordenada el grado de importancia que tienen los diferentes factores en un determinado problema, tomando en consideración la frecuencia con que ocurre cada uno de dichos factores.⁶

El nombre de este diagrama es en honor a Vilfredo Pareto un economista italiano que introdujo el concepto de los "pocos vitales" contra los "muchos triviales". Los primeros se refieren a aquellos pocos factores que representan la parte más grande o el porcentaje más alto de un total, mientras que los segundos son aquellos numerosos factores que representan la pequeña parte restante. Esta herramienta fue popularizada por Joseph Juran y Alan Lakelin; este último fue el que formuló la "regla 80-20" con base en los estudios y principios de Pareto: Aproximadamente el 80% de un valor o de un costo se debe al 20% de los elementos de éste.

El objetivo del diagrama de Pareto es identificar los "pocos vitales" o sea, ese 20% de tal manera que la acción correctiva se aplique donde produzca un mayor beneficio. El diagrama de Pareto, al organizar los factores por orden de importancia, facilita una correcta toma de decisiones.



⁶ Las Siete Herramientas Básicas, ITESM, Julio'92 pag. 96

Usos del Diagrama De Pareto

- Canaliza los esfuerzos hacia los "pocos vitales"
- Es el primer paso para la realización de mejoras, pues se aplica en todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora, en cualquiera de los componentes de la Calidad Total: la calidad del producto/servicio, costos, entrega, seguridad y moral.
- Permite la comparación antes/después, ayudando a cuantificar al impacto de las acciones emprendidas para lograr mejoras.
- Se utiliza también para expresar los costos que implica cada tipo de defecto y los ahorros logrados mediante el efecto correctivo llevado a cabo a través de determinadas acciones.

Pasos para la elaboración del Diagrama De Pareto.

Paso 1:

Identifique el problema o área de mejora en la que se va a trabajar.

Paso 2:

Elabore una lista de los factores que pueden estar incidiendo en el problema, por ejemplo tipos de fallas, características de comportamiento, tiempos de entrega, etc.

Paso 3:

Establezca el periodo de tiempo dentro del cual se recolectarán los datos: días, semanas, meses, etc.

Paso 4:

Diseñe una hoja de verificación para la frecuencia con que ocurre cada factor, dentro del período fijado, especificando el número total de casos verificados.

Paso 5:

Con base en los datos de la hoja de verificación, ordene los distintos factores conforme a su frecuencia, comenzando con el que se da un número mayor de veces. Recuerde que el número de todas las frecuencias debe ser igual al número de casos u observaciones hechas.

Paso 6:

Obtenga el porcentaje relativo de cada causa o factor con respecto al total:

$$\text{PORCENTAJE RELATIVO} = \frac{\text{FRECUENCIA DE LA CAUSA}}{\text{TOTAL DE FRECUENCIA}} \times 100$$

La suma de todos los porcentajes debe ser igual a 100%.

Paso 7:

Calcule el porcentaje relativo acumulado, sumando en forma consecutiva los porcentajes de cada factor. Con esta información se señala el porcentaje de veces que se presenta el problema y que se eliminaría si se realizan acciones efectivas que supriman las causas principales del problema.

Paso 8:

Construya el diagrama de Pareto

1. En el eje horizontal se anotan las causas (factores) de izquierda a derecha, en orden decreciente en cuanto a su frecuencia o costo. El eje vertical izquierdo se gradúa de forma tal que sirva para mostrar el número de datos observados (la frecuencia de cada causa). El eje vertical derecho mostrará el porcentaje relativo acumulado.
2. Trace las barras o rectángulos correspondientes a los distintos factores o causas. La altura de las barras representa el número de veces que se presentó la causa, y se dibujan con la misma amplitud, unas tras otras.
3. Grafique los puntos que representan el porcentaje relativo acumulado, teniendo en cuenta la graduación de la barra vertical derecha; los puntos se colocan en la posición que corresponde al extremo derecho de cada barra, y se traza una curva que una dichos puntos, de esta forma queda graficada la curva del porcentaje relativo.
4. Desde la marca del 80% en el eje vertical derecho, trace una línea hasta la curva que muestra los porcentajes acumulados, y de allí baje una línea hasta el eje horizontal, para identificar los "pocos vitales". Como cualquier otra herramienta, el diagrama de Pareto debe acompañarse de información que señale cuál es el problema, fechas, responsables, lugares.

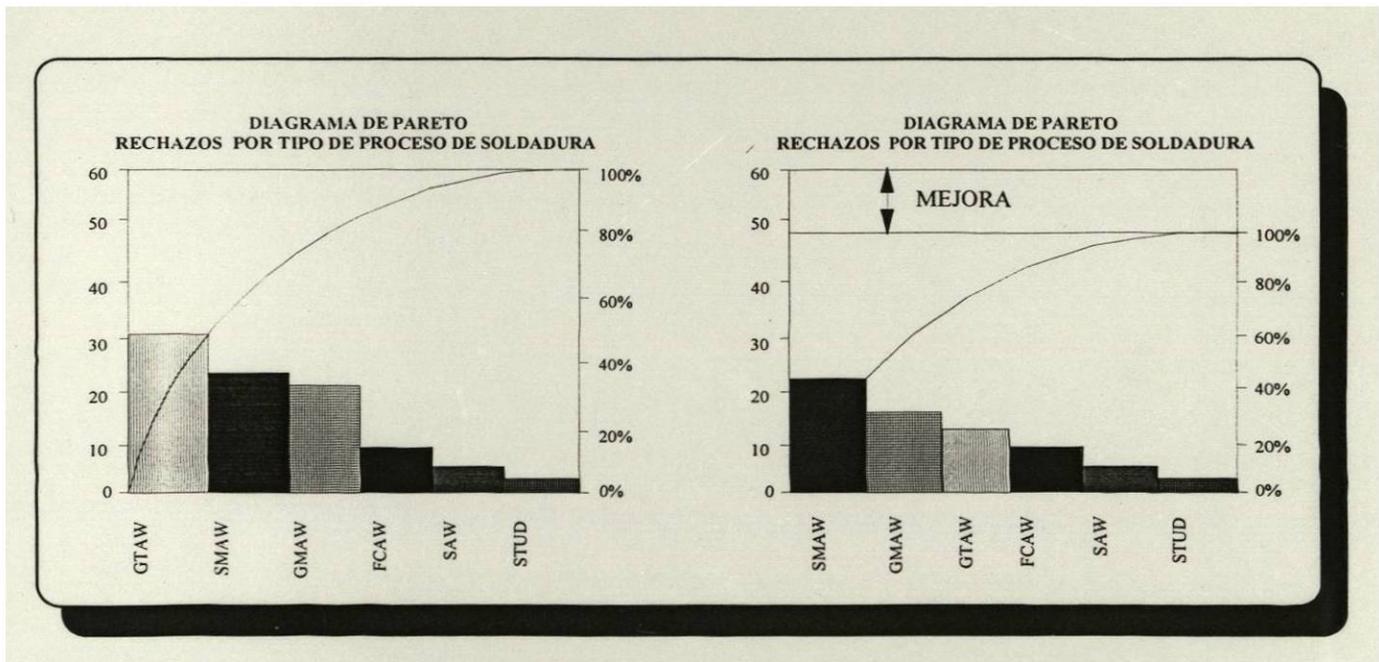
Habiendo ya identificado los "pocos vitales", el siguiente paso sería que los responsables que han realizado el diagrama se pregunten sobre la factibilidad de atacar estos factores. Según el principio de Pareto, la acción de eliminar estos factores traería como consecuencia la disminución del tamaño del problema en aproximadamente un 80%.

Recomendaciones

En ocasiones se acostumbra realizar dos o más diagramas de Pareto para darle seguimiento a un mismo proyecto de Mejora continua a lo largo del tiempo. De esta manera es posible realizar comparaciones y se puede llegar a un toma de decisiones posteriores. Para esto son importantes las siguientes recomendaciones:

- Maneje la misma escala en los ejes vertical izquierdos de ambos diagramas.
- Seleccione una unidad de tiempo conveniente, tal como una semana, un mes, trimestre, etc., que sea la misma para los dos diagramas.

Si los esfuerzos para obtener mejoras han sido eficaces, el orden de las categorías o defectos, en el eje horizontal, cambiará. Si la altura de todas la barras disminuye, esto significa que se ha reducido el nivel general de defecto por alguna acción común, por ejemplo, capacitación del persona mantenimiento del equipo, etc.



Cómo poner en práctica el diagrama de Pareto

1. Defina el problema e identifique las causas o categorías potenciales.
2. Seleccione la medida cuantitativa que será comparada (costo o frecuencia).
3. Determine el período de estudio (días, semanas, meses,...)
4. Recopile la información que se necesite para cada causa o factor.
5. Ordene las causas o categorías de izquierda a derecha sobre el eje horizontal en orden decreciente de frecuencia o costo.
6. Dibuje un rectángulo sobre cada causa o categoría, cuya altura representa la frecuencia o el costo.
7. Registre los datos en el eje vertical de la izquierda, y el porcentaje en el eje vertical de la derecha. Estos ejes se deben dibujar a escala.
8. Dibuje una línea desde el punto más alto del rectángulo de la izquierda (causa de mayor frecuencia), con una trayectoria ascendente de izquierda a derecha, donde muestre la frecuencia acumulada de las causas o categorías.
9. Señale los "Pocos vitales".

CAPITULO 6

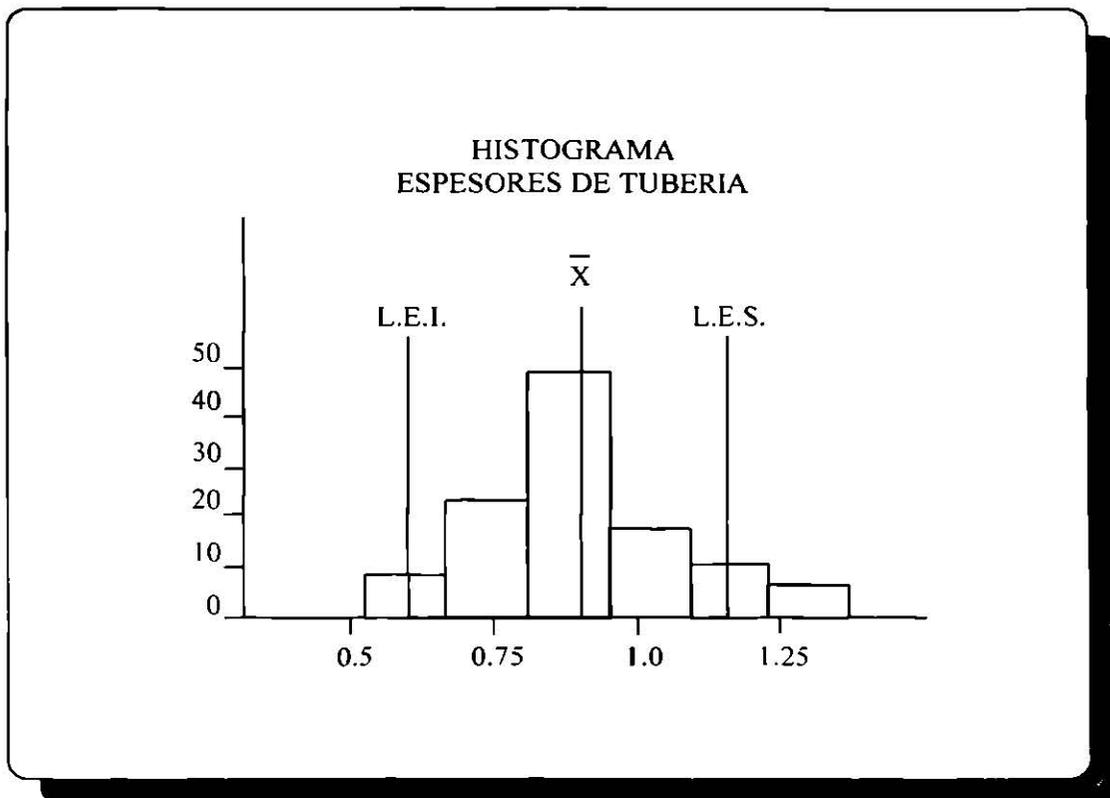
HISTOGRAMA

HISTOGRAMA

Para poder analizar los datos y obtener la información que deseamos a partir de ellos, necesitamos ordenarlos. La forma común de ordenarlos es construir con ellos una tabla llamada distribución de frecuencias. El procedimiento que se sigue para la elaboración de esta tabla consiste básicamente en organizar los datos por grupos (categorías o clases).

El histograma es una gráfica que resulta una vez realizada la tabla de frecuencias de los datos: está integrada por un conjunto de barras que representan los intervalos o clases, ubicadas en un sistema de coordenadas.⁷

El histograma requiere que los datos en que se apoya sean del tipo "variables continua", es decir, aquellas que provienen de procesos de medición. En caso de que los datos no sean de esta clase, y correspondan más bien al tipo de "variable por atributos" o conteo, se recomienda utilizar la gráfica de barras. Cada atributo será equivalente de cada clase, pero no será necesaria la contigüidad de las barras, y en algunos casos, no existirá una escala numérica (con valores crecientes de la variable), ni un orden especificado. En consecuencia, la lectura de la gráfica de barras debe efectuarse con cuidado, en forma diferente a la que se efectúa del histograma.



La línea vertical indica la cantidad de datos que contiene cada clase o categoría. Por consiguiente, se gradúa teniendo en cuenta la frecuencia máxima (generalmente, incluye el cero como valor mínimo). En la línea horizontal se disponen las fronteras o límites de todas las clases, correspondientes a la variable bajo estudio. Las barras corresponden a cada clase, y su altura es proporcional al valor de la frecuencia absoluta de la misma.

La elaboración del histograma parte de un conjunto de datos, arreglados en una distribución de frecuencias. por lo tanto, el procedimiento para elaborarlo sigue los mismos pasos que la distribución de frecuencias, al cual se agrega el paso mismo de la graficación.

Paso 1

Obtenga el rango de los datos. Si la cantidad de números es grande se recomienda hacer grupos pequeños de los cuáles se obtiene de cada uno el número mayor y menor, una vez hecho esto se elige el número mayor y menor de todos los grupos para posteriormente calcular el Rango (R) que es la diferencia entre el número mayor y el menor de la población.

$$R = M - m$$

R= Rango, M = No. mayor, m = No. menor

Paso 2

Determine el número de clases(K). Se recomienda los siguientes valores para K.

CANT. DE DATOS (N)	CANT. DE CLASES (K)
MENOS DE 50	5 A 7
50 A 100	6 A 10
100 A 250	7 A 12
MAS DE 250	10 A 20

Paso 3

Determine la amplitud de cada clase

$$A = \frac{R + U}{K}$$

A= Amplitud, K= # de clases, U = Unidad, R = Rango

Paso 4

Establezca los valores límites de cada clase. La frontera inferior de la primera clase es igual al dato menor menos media unidad: La frontera superior se obtiene sumando la amplitud a este valor. Para las clases restantes la frontera inferior de la siguiente clase será igual a la frontera superior de la clase anterior y se repite el proceso de sumar la amplitud para obtener la frontera superior, este procedimiento se repite hasta terminar con todas las clases.

Paso 5

Calcule el punto medio de cada clase. El valor medio de las clases está dado por la semisuma de las fronteras:

$$X_i = \frac{F_{li} + F_{Si}}{2}$$

X_i = Valor Medio

Paso 6

Calcule las frecuencias absolutas de cada clase. Cuente el número de datos que caen dentro de cada una de las clases, estas cantidades se llaman frecuencias y se denota con el símbolo de f_i .

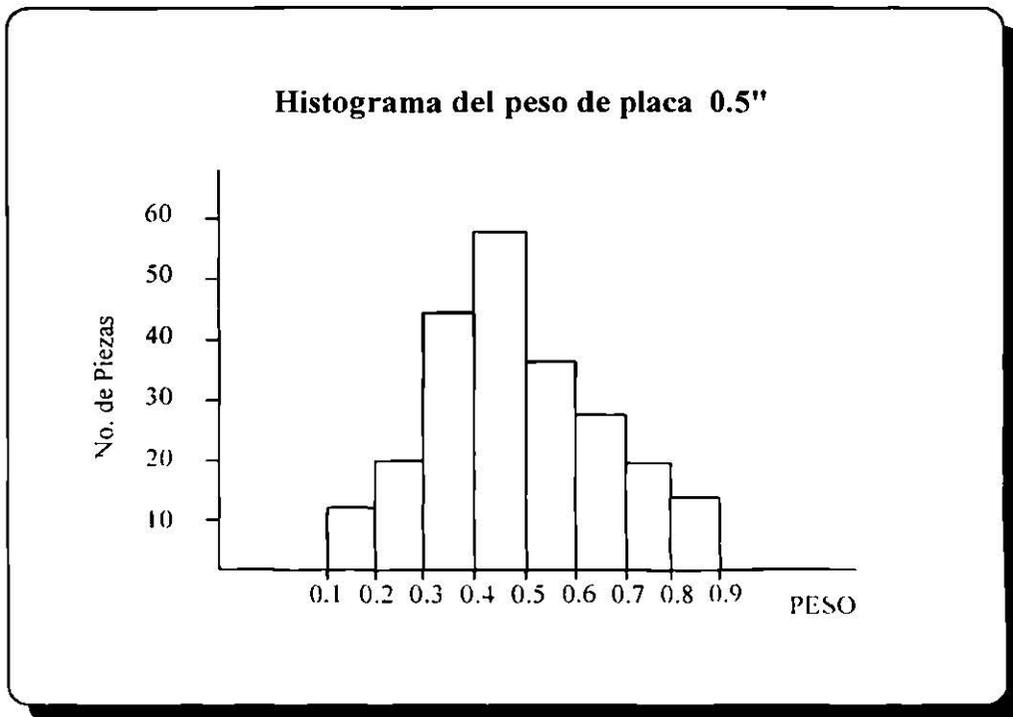
Paso 7

Elabore la tabla de frecuencias. Reuniendo la información anterior, la tabla de distribución de frecuencias queda como sigue:

$F_i - F_s$	X_i	f_i

Paso 8

Graficación del histograma. Dibuje los ejes vertical y horizontal. El eje vertical se gradúa teniendo en cuenta el máximo valor de la frecuencia. En el eje horizontal se representan las clases, las cuales, a diferencia de la gráfica de barras, deben estar junto a otra, para asegurar la continuidad de los datos. Tenga en mente que las longitudes de los dos ejes sean más o menos iguales. Posteriormente dibuje las barras.



Usos de Histograma

- Se utiliza para ver la forma de la distribución que pueden presentar los datos.
- Sirve para verificación de la relación existente con las especificaciones o estándares.
- Proporciona un medio para registrar si es necesario un cambio en el proceso.

Interpretación del Histograma ⁸

Una vez elaborado el histograma, tenemos que interpretar la información obtenida:

- 1) Hay que observar la distribución de los datos
- 2) Ver si cumple con los Estándares, para tomar medidas correctivas.

La forma de un histograma depende de la distribución de las frecuencias absolutas de los datos. Algunas de las formas que puede presentar un histograma son las siguientes:

A) Tipo Distribución Normal

El Histograma de una muestra tomada de un proceso aleatorio bien controlado, siempre será de este tipo, si la muestra proviene de una población grande o indeterminada.

B) Tipo Serrucho

Esta forma se presenta cuando el tamaño de la clase del histograma (ϕ), no ha sido establecida como el número entero de veces la unidad mínima de los dígitos de los datos (a). O sea que c diferente a .

C) Tipo Sesgada

Es común cuando existen casos de defectos o fallas, puesto que son muestras que provienen de una población con distribución sesgada, o sea un tipo de distribución Binomial o Poisson.

⁸ Calidad el Secreto de la Productividad, Felipe de J. Arrona, pag 40 41

D) Tipo Pendiente

Si existe un solo límite de especificación los datos obtenidos nos darán esta forma de histograma, ya que el supervisor y los trabajadores normalmente no desean producir defectos.

E) Tipo Meseta

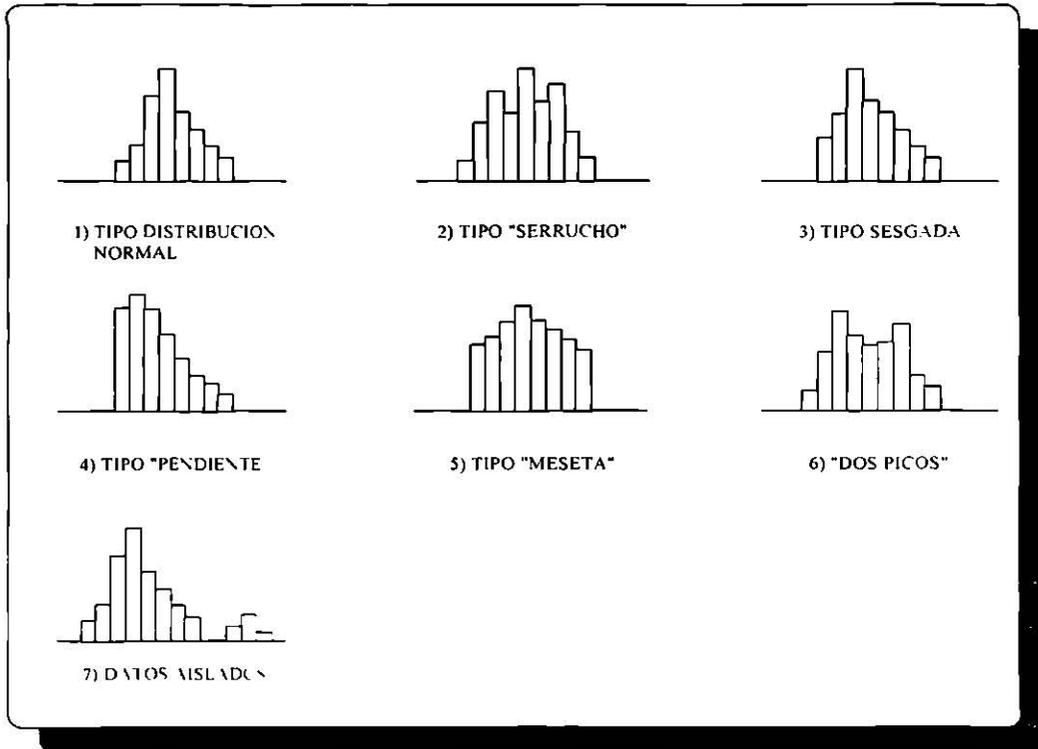
Este es un caso en el que los datos provienen de varias poblaciones con distribución normal.

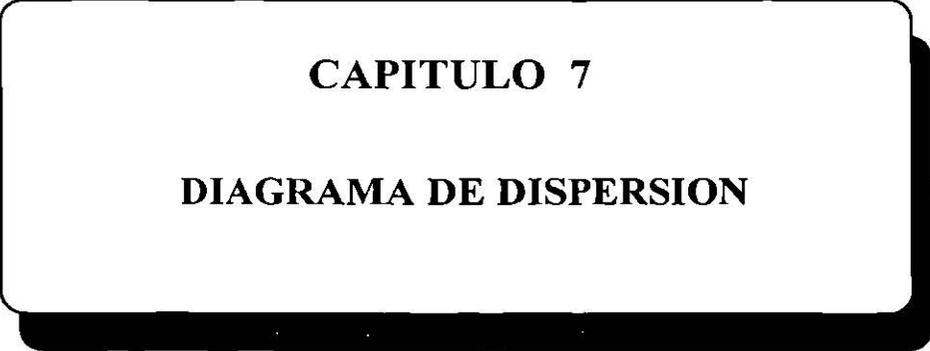
F) Tipo Dos Picos

Aquí se trata de datos de muestras de dos poblaciones con distribución normal.

G) Datos Aislados

Este tipo de histograma se da debido a errores en mediciones o en la toma de la muestra.





CAPITULO 7
DIAGRAMA DE DISPERSION

DIAGRAMA DE DISPERSION

Los métodos gráficos tales como el histograma o las gráficas de control tienen como base un conjunto de datos correspondientes a una sola variable (la característica de calidad de interés), es decir, son datos univariados. El diagrama de dispersión es una herramienta utilizada con frecuencia cuando se desea realizar un análisis gráfico de **datos bivariados** es decir, los que se refieren a dos conjunto de datos. El resultado del análisis puede mostrar que existe una relación entre una variable y la otra, y el estudio puede ampliarse para incluir una medida cuantitativa de tal relación.⁹

Los dos conjuntos pueden referirse a lo siguiente:

- Una característica de calidad y un factor que incide sobre ella.
- Dos características de calidad relacionadas, o bien
- Dos factores relacionados con una sola característica.

Usos del Diagrama de Dispersión

- Indica si dos variables (o factores o bien características de calidad) están relacionadas.
- Proporciona la posibilidad de reconocer fácilmente relaciones Causa-Efecto

Pasos a seguir para la elaboración del Diagrama de Dispersión

Paso 1:

Recolectar n parejas de datos de la forma (X_i, Y_i) , con $i = 1, 2, \dots, n$.

X	Y
X_1	Y_1
X_2	Y_2
.	.
.	.
.	.
X_n	Y_n

⁹ Las Siete Herramientas Básicas, ITESM, Julio'92 pag. 199

Paso 2:

Determinar las escalas para los dos ejes, X y Y.

Paso 3:

Graficar las parejas de datos. Si hay puntos repetidos, se mostrarán como círculos concéntricos.

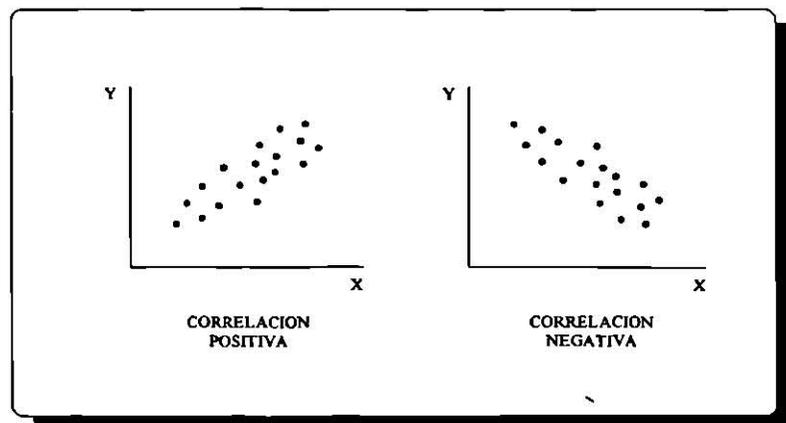
Paso 4:

Documentar el diagrama, incluyendo lo siguiente: fecha, nombre del departamento, personal involucrado, etc.

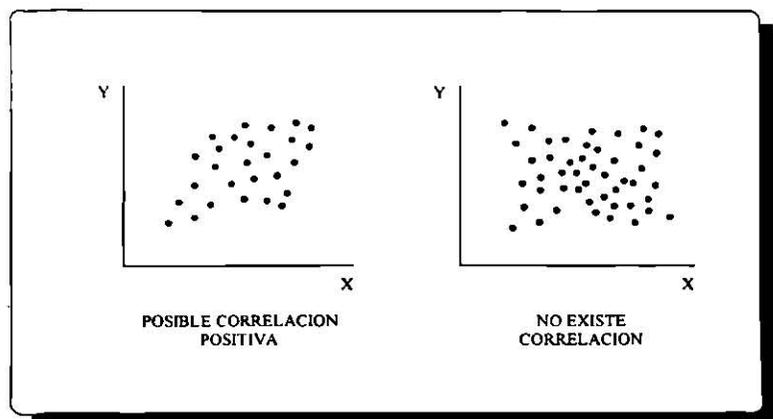
Lectura del Diagrama de Dispersión

La lectura del diagrama de dispersión se hace en base al tipo de relación entre los datos, lo fuerte o débil de la relación, la forma de la relación y la posible presencia de puntos anómalos.

- La "Correlación Positiva" se presenta cuando a un aumento de un valor de la variable X la acompaña un aumento en la otra variable; el caso inverso da lugar a la llamada "Correlación Negativa".¹⁰



- Otras formas que se pueden encontrar al graficar los datos son los siguientes: el de la izquierda indica una posible correlación positiva, mientras que en el de la derecha no se percibe alguna entre los datos, es decir, no hay correlación.¹⁰



- El patrón de puntos puede asumir diversas formas, dependiendo de la relación que exista entre las variables; si el patrón de puntos asume la forma (quizá aproximada) de una línea recta, se dice que existe correlación lineal entre las variables.
- En ocasiones, algunos datos dan lugar a puntos anómalos, que se presentan separados del patrón de puntos. El usuario debe dejar fuera del análisis esos puntos, que quizá son debidos a lecturas equivocadas o a algún cambio en las condiciones del proceso, etc., pero se ganará conocimiento de este último al estudiar las causas por las cuales se presentaron los puntos.

El uso del diagrama de dispersión debe completarse con las técnicas de regresión y correlación, que involucran respectivamente, la determinación de un modelo matemático de la relación entre los dos conjuntos de datos y una medida cuantitativa de su grado de relación.

Existen diferentes métodos para determinar la correlación y regresión existentes entre dos variables que a continuación se describen:

1) El coeficiente de Correlación Lineal

El valor de un coeficiente (r), llamado coeficiente de correlación lineal de Pearson, proporciona una medida del grado de relación entre dos variables, y se calcula mediante la expresión.

¹⁰ Las Siete Herramientas Básicas, ITESM, Julio'92 pag. 201

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) S(yy)}}$$

donde

$$S(xx) = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$S(yy) = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}$$

$$S(xy) = \sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}$$

y n es el número de pareja de datos; el termino S(xy) se llama covarianza

El cálculo de r utilizado en esta expresión se simplifica si a la tabla de los datos se le agregan tres columnas, dos de ellas correspondientes a los cuadrados de cada variables y otra para los productos de las variables, y se obtienen los totales de todas las columnas (X, Y, XY; X², Y²).

X	Y	XY	X ²	Y ²

Notas:

- El valor del coeficiente de correlación satisface la siguiente relación:

$$| r | \leq 1$$

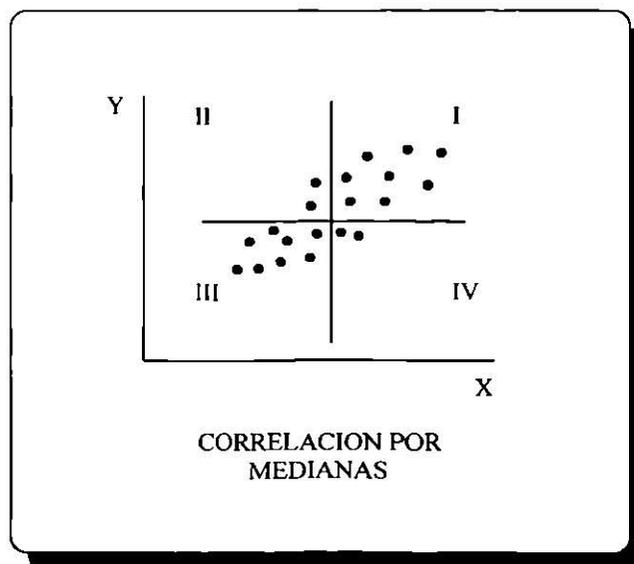
- Si $r = +1$ ó $r = -1$ se tiene entonces una correlación perfecta, lo cual significa que todos los puntos caen sobre una línea recta.
- Si se presenta un valor nulo de r ($r = 0$) indicará la ausencia de relación entre las variables; entre más cercano esté el valor absoluto de r a la unidad mayor será el grado de correlación.
- El diagrama de dispersión debe acompañarse del cálculo del coeficiente de correlación sirviendo éste último para verificar el grado de relación entre las variables, que el usuario percibe de modo cualitativo en la gráfica.

Coeficiente de Correlación	Relación
$0.8 < r < 1$	Fuerte, positiva
$0.3 < r < 0.8$	Débil, positiva
$-0.3 < r < 0.3$	No existe relación
$-0.8 < r < -0.3$	Débil, negativa
$-1.0 < r < -0.8$	Fuerte, negativa

2) Correlación por medianas.

Una forma simple de calcular el coeficiente de correlación es utilizando el concepto de mediana. Si se localizan y grafican como ejes los valores medianas de los datos, se forman cuatro cuadrantes. Esto se logra dividiendo la cantidad de puntos en dos partes iguales, tanto en el sentido de la x , como en el de la y . las líneas medianas pueden pasar sobre algún punto o puntos.

Una vez identificados los cuatro áreas resultantes se procede a trazar las líneas medianas y posteriormente márkelas: I, II, III y IV.



11 Después cuente los puntos localizados en cada área y calcule el número de puntos en las áreas (I) + (III) y (II) + (IV), de acuerdo al paso anterior:

Si (I) + (III) es mayor que (II) + (IV), y si hay correlación, esta será positiva. De otra manera será negativa (II + IV > I + III).

Para ver si existe correlación se establece el número de puntos, mayor y menor, dependiendo la cantidad de muestras y se obtiene los valores de los límites en la tabla 1. (Ver Tabla Apéndice B).

Con N = 30 el límite inferior = 9
el límite superior = 21

Compare los puntos de la área que sea menor con el límite inferior, y el total de puntos del área que sea mayor con el límite superior, si el total de puntos en el área mayor es mayor que el límite superior, o si el total de puntos en el área menor es menor que el límite inferior, la correlación existe:

área mayor = 26	límite inferior = 9
área menor = 4	límite superior = 21

26 > 21 -----> Existe correlación
4 < 9 -----> Existe correlación

También en el caso de que ambos totales de puntos sean iguales a los límites, existe la correlación.

3) La Ecuación de regresión Lineal

El análisis de regresión lineal es la técnica utilizada para determinar modelos matemáticos del comportamiento y relación de dos o varias variables interrelacionadas se determina la ecuación que describe en forma adecuada la relación entre dos variables, suponiendo que tal relación es lineal.

El modelo que se busca corresponde a la ecuación de la mejor línea recta que pasa a través de los puntos. Tal ecuación, denominada ecuación de regresión de mínimos cuadrados, es, en términos de las variables X y Y, la siguiente:

$$Y = a + bX$$
$$b = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$
$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n}$$

La ecuación de regresión se utiliza para estimar valores de la variable dependiente, Y, pero cabe advertir que el rango de la variable independiente, X, debe ser el mismo de los datos reales. Se suele agregar a la tabla de los datos columnas para los cálculos de los productos de las variables ($X_i Y_i$) y para los cuadrados de X (X_i^2). Los totales de todas las columnas, junto con n, el número de puntos, se usan en las expresiones dadas.

	X	Y	XY	X ²
Total				

Una vez que los totales de cada columna se han calculado por lo que enseguida se efectúan los cálculos de los coeficientes a y b de la ecuación. Se sustituyen entonces los valores obtenidos en la ecuación de la recta de regresión de mínimos cuadrados, para posteriormente graficarla y obtener así la recta que nos indicará el tipo de correlación existente.

CAPITULO 8
GRAFICAS EN GENERAL
Y
GRAFICAS DE CONTROL

GRAFICAS EN GENERAL Y GRAFICAS DE CONTROL

UNA GRAFICA DICE MAS QUE MIL PALABRAS

12

Gráficas en general

Con frecuencia, la recolección de datos no brinda información de manera directa. Para mejorar la interpretación y manejo de esta información se recogen y organizan los datos de cierta forma, siendo la forma más común la hoja de verificación, y posteriormente se dibujan gráficas de varios tipos para representar dichos datos de manera simplificada y eficiente.

Usos de las gráficas generales

- Una gráfica presenta información en forma visual, lo cual la hace recordar más fácilmente.
- Una gráfica ayuda a identificar tendencias, patrones y otras características de los datos.
- Una gráfica puede revelar hechos y relaciones ocultos, de difícil identificación.

Las gráficas que se usan con mayor frecuencia son las que a continuación se mencionan:

1) Gráfica de Barras.

La gráfica de barras proporciona una ilustración sencilla y rápida de datos que pueden dividirse en unas cuantas categorías, las cuáles pueden compararse entre sí. Se utiliza para analizar relaciones entre cantidades en el lugar de trabajo. Utiliza barras paralelas de ancho idéntico pero alturas diferentes para comparar el tamaño de varias cantidades.

2) Gráfica de Línea.

La gráfica de línea nos permite observar la forma en que cambia una variable con respecto a otra; por ello resulta muy útil para analizar los cambios de una variable cuantitativa con respecto a valores puntuales o intervalos de una segunda variable.¹²

3) Gráfica de Radar.

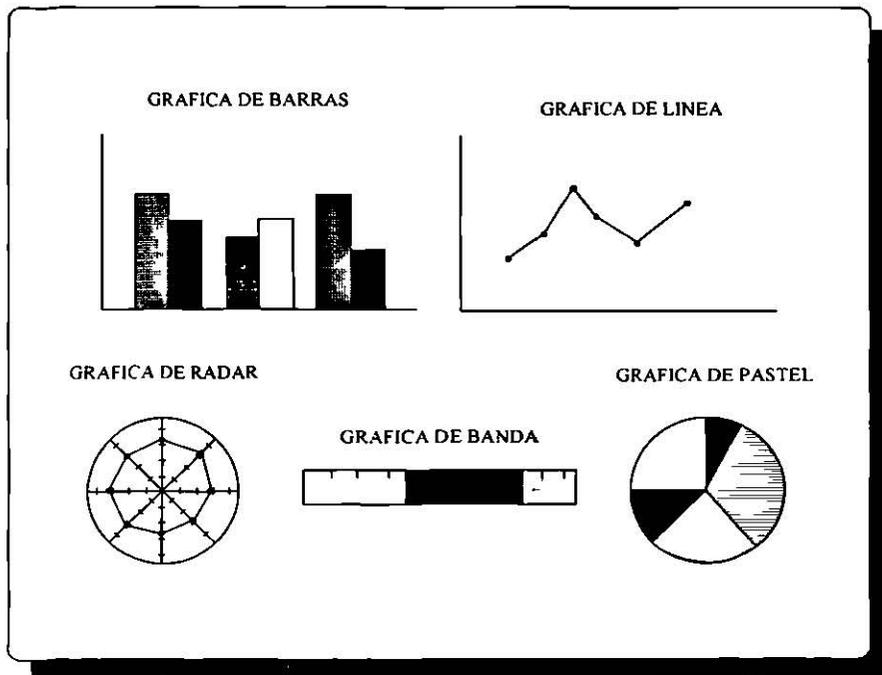
La gráfica de radar examina un tema de estudio desde varios puntos de vista o perspectivas, para después evaluar los resultados en una forma conjunta. De esta manera, si se dispone de un conjunto de datos múltiples se pueden integrar en esta gráfica, para así visualizar los datos y ganar en comprensión acerca de la situación que se esté analizando.

4) Gráfica de Banda.

La gráfica de banda sirve para expresar la composición interna de algún aspecto y las proporciones de sus componentes. Se pueden dibujar varias gráficas de banda en forma paralela para facilitar la comparación de cantidades y proporciones.

5) Gráfica de Pastel.

La gráfica de pastel se utiliza para comparar sectores de un conjunto de datos, representados en un círculo. Puede ser usada para descomponer las ventas de un producto, compara porcentajes de clientes atendidos, etc.



GRAFICAS DE CONTROL

Al usar gráficas de control es necesario estar familiarizado con ciertos conceptos básicos de la estadística referentes a los datos que se tengan. Dados unos datos es posible calcular para ellos ciertas medidas de tendencia central y algunas de dispersión.

Medidas de Tendencia Central

1) La media

Cuando se tiene un conjunto de datos y se quiere tener una medida representativa, esta se obtiene sacando el promedio de todos los datos el cual es conocido como media aritmética, media o promedio.

Media aritmética, media o promedio (\bar{x}) es el resultado de sumar los datos y de dividir esta suma entre el número de datos sumados.

2) La mediana

La media aritmética de algunos datos no proporciona un número representativo de ellos, por eso es necesario obtener otra medida alternativa de tendencia central la cual es llamada mediana y se representa con el símbolo (x). Para obtener la mediana se ordenan los datos (en forma ascendente o descendente) y se localiza el dato central (en caso de que el número de datos sea par, existirán dos datos centrales, la mediana será la media de ellos).

Medidas de Dispersión

Para tener una idea exacta de la forma como se relacionan entre sí los datos de un conjunto, no es suficiente identificar su tendencia central; es necesario, además examinar que tanto difieren entre sí, esto es, qué grado de dispersión existe entre ellos. Por eso, se establecen indicadores cuantitativos de la variación de los datos que son conocidos como medidas de dispersión. Las más comunes son:

1) El rango (R)

Es simplemente la diferencia entre el dato mayor (M) y el dato menor (m):

$$R = M - m$$

R= Rango, M = No. mayor, m = No. menor

2) Varianza (S^2)

La varianza es la medida de dispersión que proporciona el promedio de desviación de un conjunto de datos con respecto a un valor central. El valor central es generalmente la media. Sean $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$. n datos (la cantidad de datos, n , se supone pequeña. por provenir de una muestra) y \bar{x} su media aritmética. la varianza de estos datos, está dada por:

$$S^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}$$

3) Desviación Estándar (S).

La varianza tiene el inconveniente de que expresa la desviación de los datos en una cantidad que está elevada al cuadrado. Sacar la raíz cuadrada equivale a obtener la desviación estándar.

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Gráfica de Control

La Gráfica de Control es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga esta condición. La estructura de las gráficas contiene una "línea central" (LC), una línea superior que marca el "límite superior de control" (LSC), y una línea inferior que marca el "límite inferior de control" (LIC). Estos límites marcan el intervalo de confianza en el cual se espera que caigan los puntos que son información sobre las lecturas hechas.

Usos de la Gráfica de Control

- Sirve para determinar el estado de control de un proceso
- Diagnostica el comportamiento de un proceso en un tiempo
- Indica si un proceso ha mejorado o empeorado
- Permite identificar las dos fuentes de variación de un proceso: causas comunes y causas especiales o asignables.
- Sirve como una herramienta de detección de problemas.

Tipos de Gráficas de Control

Las gráficas de control pueden ser de dos clases dependiendo el tipo de datos:

Gráficas de control para Variable (datos medibles):

Gráfica x - R	Promedios y Rangos
Gráfica x - S	Promedios y desviación estándar.
Gráfica x - R	Medianas y rangos
Gráfica X - R	Lecturas individuales y rangos

Gráficas de Control por Atributos (datos contables):

Gráfica p	Porcentaje de unidades, trabajos o procesos defectuosos.
Gráfica np	Número de unidades, trabajos o procesos defectuosos.
Gráfica c	Número de defectos por área de oportunidad.
Gráfica u	Porcentaje de defectos área de oportunidad.

Gráficas de Control Para Variables

Gráfica x - R (Promedios y Rangos)

Una gráfica de control x - R se compone, en realidad, de dos gráficas: una representa los promedios de las muestras y la otra representa los rangos. Se consideran las dos como una sola, puesto que deben elaborarse juntas, ya que la gráfica x nos muestra cualquier cambio de la media. del proceso, mientras que la gráfica R nos muestra cualquier cambio en la dispersión del proceso, además de que los cálculos para determinar las x y R de las muestras se basan en los mismos datos.

Pasos para a seguir para elaborar la gráfica de promedios y rangos.

Paso 1

Recabar los datos, registre los datos en una hoja de recopilación de datos y una vez hecho lo anterior clasifíquelos en subgrupos.

Paso 2

Calcule el promedio y rango de cada uno de los k subgrupos.

Paso 3

Calcule el gran promedio $\bar{\bar{X}}$ (doble testada o doble media) y el rango promedio (\bar{R}).

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_N}{K}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_N}{K}$$

Paso 4

Cálculo de los límites de Control

\bar{x} = Límite Central

Límite de Control Superior (L.C.S.X) = $\bar{x} + A_2R$

Límite de Control Inferior (L.C.I.X) = $\bar{x} - A_2R$

\bar{R} = Límite Central

Límite de Control Superior (L.C.S.R) = D_4R

Límite de Control Inferior (L.C.I.R) = D_3R

donde A_2 = Constante Proporcional a n.
 D_4 y D_3 = Constante Proporcional a n.

Nota: Para obtener los valores de A_2 , D_4 y D_3 Ver Apéndice B.

Paso 5

Construya la Gráfica de Control por Rangos.

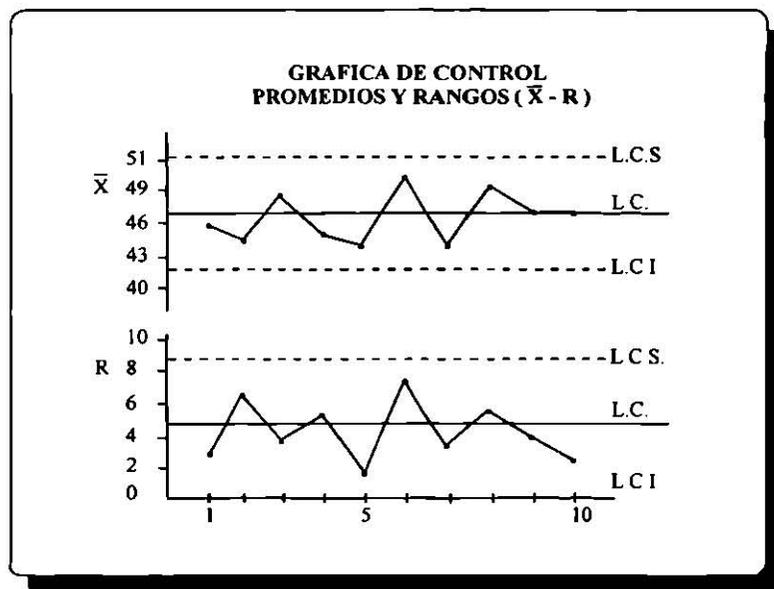
Nota: Si la gráfica de Rangos es estable se continua con la gráfica de Promedios.

Paso 6

Construya la gráfica de Promedios.

Paso 7

Se analiza la gráfica de Promedios para observar el comportamiento de la Variable.



Gráfica de Control para Atributos

Gráfica p (Porcentaje de unidades Defectuosas)

El porcentaje de unidades defectuosas (p) se define como la razón del número de artículos, trabajos o procesos que se encontraron "defectuosos" (X) dentro de un total examinado (n):

$$p = X / n$$

El porcentaje de productos o servicios defectuosos se expresa como fracción decimal para el cálculo de los límites de control.

Objetivos de los gráficos p:

- Averiguar, después de un tiempo de seguimiento, el porcentaje promedio de los productos o servicios con defectos.
- Describir aquellos puntos fuera de control sobre los que se requiere actuar para identificar y corregir las causas de la mala calidad.
- Descubrir la presencia de causas especiales de variación, ya sea en la forma de puntos fuera de control, o bien de tendencias en los puntos.

Pasos a seguir para elaborar la gráfica p

Paso 1

Diseñe una forma de obtención de los datos.. El tamaño de la muestra (n) , por subgrupo o por fecha, deberá ser mayor a 50 unidades.

Paso 2

Cálculo de fracción defectiva (porcentaje defectivo) para cada fecha o subgrupo en porcentaje:

$$p = \frac{\text{número de defectivos}}{\text{número de inspeccionados}} = \frac{X}{n}$$

Paso 3

Calcule la fracción defectiva promedio: \bar{p}

$$\bar{p} = \frac{\text{número de defectivos}}{\text{número de inspeccionados}} = \frac{\sum X}{\sum n}$$

Paso 4

Calcule el tamaño promedio de los subgrupos

Paso 5

Establezca los límites de Control:

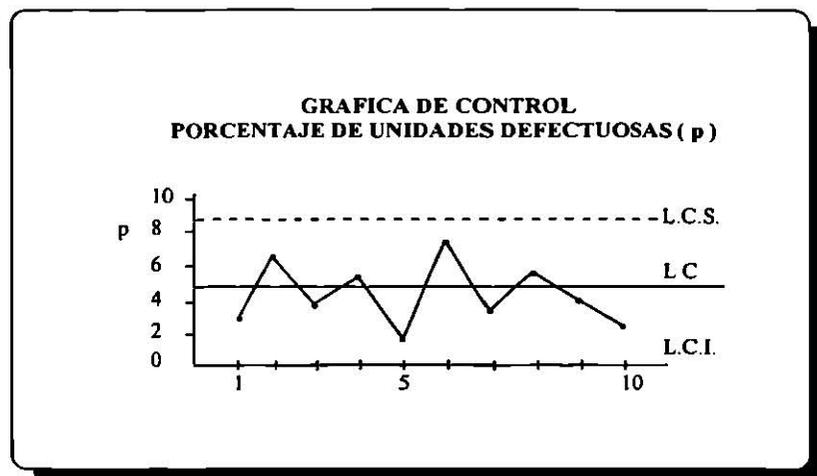
Línea Central = LC =

$$\text{Límite Control Sup.} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$\text{Límite Control Inf.} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

Paso 6

Construya la gráfica, trace los límites de control y dibuje los puntos de la hoja de datos. Seleccione el intervalo adecuado, tanto para el eje horizontal como para el vertical.



Lectura de la Gráfica de Control

Para la lectura de la gráfica de Control se trata de buscar puntos fuera de los límites o que un conjunto de estos presenten anomalías enseguida se describen algunos patrones y las posibles causas que afectan al proceso.

1.- Puntos fuera de Control.

Estos puntos se presentan solo cuando una lectura difiere mucho de las otras. Es fácil de detectar por lo cual es fácil de identificar y determinar su causa.

Causas Probables:

- Variación en el tamaño muestral.
- Toma de muestras de una distribución totalmente distinta.

2.- Tendencias Continuas.

Este se presenta en forma ascendente o descendente ya que es una variación gradual y constante. Fácil de reconocer.

Causas Probables:

- Producto que se deteriora gradualmente
- Desgaste en el equipo
- Mejoramiento gradual de la técnica del empleado
- Efecto de un mejor programa de mantenimiento de equipo
- Efecto de control de procesos de otras áreas

3.- Cambio repentino de nivel.

Un cambio repentino de nivel se presenta como un cambio súbito en una dirección. Una cierta cantidad de puntos se localiza en un solo lado de la gráfica, y si los datos se grafican separados, se verían dos distribuciones diferentes.

Causas probables:

- Nuevo empleado
- Nuevo Jefe
- Nuevo equipo o nuevo ajuste de equipo
- Cambio en el método
- Cambio en la motivación de los empleados
- Cambio a un diferente proveedor
- Cambio en los estándares

4.- Ciclos

Los ciclos son tendencias cortas que ocurren en patrones repetidos. Los ciclos pueden identificarse determinando el tiempo en el cual aparecen los picos sucesivos y relacionando este intervalo con los elementos del proceso.

Causas Probables:

- Efectos estacionales, tales como la temperatura o la humedad
- Fatiga del empleado
- Rotación del empleado
- Horarios de mantenimiento
- Desgaste de equipo

5.- Inestabilidad

Un patrón inestable presenta puntos erráticos que fluctúan a lo largo de la gráfica de Control, y la fluctuación parece ser muy ancha comparada con los límites de control. La inestabilidad puede deberse a una sola causa o varias en conjunto.

Causas Probables:

- Ajuste excesivo de equipo
- Empleado sin capacitación
- Equipo que necesita reparación
- Empleados sin experiencia
- Empleados descuidados
- Mantenimiento mediocre
- Productos defectuosos

CAPITULO 9
RUTA DE CALIDAD

RUTA DE CALIDAD

Ruta de CTC: Secuencia normalizada de actividades utilizadas para solucionar problemas o llevar a cabo proyectos de mejora en cualquier área de trabajo.



Pasos a seguir para solucionar problemas en base a la Ruta de la Calidad:

Paso 1: Determinar el proyecto

A partir del momento en que decidimos solucionar uno de los tantos problemas que hay en nuestra empresa, ya estamos hablando de proyectos, y esto implica un enunciado claro y correcto, con hechos y datos, del proyecto que se vaya a tratar.

Objetivos:

- Definir con claridad el proyecto
- Determinar las razones por las cuales se va a trabajar ese proyecto y no otro.
- Definir la meta
- Identificar la mejora que se persigue en términos del impacto que tiene en el cliente externo o interno.

Cómo realizarlo

Utilice las 5W/1H: qué, por qué, cuándo, dónde, quién, cómo.

Qué

Elabore una lista de los problemas o situaciones que se pueden mejorar en sus actividades o en su área de trabajo.

Por qué

Defina claramente las razones por las cuales se trabajará en ese proyecto en particular. Si el grado de importancia del proyecto es muy alto y todo el grupo lo entiende, será tratado seriamente.

Cuándo

Defina la fecha límite para alcanzar la solución del problema, esto es, la terminación del proyecto.

Dónde

Determine la extensión y ubicación del proyecto.

Cómo

Reúna toda la información disponible, cualitativa y cuantitativa que permita:

- Mostrar el comportamiento histórico de la situación o aspecto que se va a mejorar; la forma como se ha venido haciendo.
- Definir el grado de mejora que se pretende lograr.
- Establecer la forma como se espera desarrollar el proyecto.

Quién

Determine los responsables de llevar a cabo cada una de las etapas del proyecto: quién va a participar en cada uno de los pasos de la ruta.

Paso 2: Describir el problema

Una vez definido el problema. En este segundo paso se busca precisar las características del problema. Las claves para resolver un problema descansan en el problema en sí. Cuando un problema es observado desde diferentes puntos de vista, se pueden descubrir fenómenos que antes no se habían percibido, por ejemplo, en relación con sus resultados. Si hay una variación en los resultados, debe haber una variación en los efectos causales, por tanto, es posible relacionar los dos tipos de variación. Si usamos la variación en el resultado para encontrar

los factores causales se tendrán entonces una forma efectiva de identificar el factor principal. El paso siguiente en la Ruta de la Calidad, el ANALISIS DE LAS CAUSAS, partirá de la información y datos que en esta etapa se hayan recolectado o descrito.

Objetivo:

- Definir la situación actual, observando el problema desde diversas perspectivas y recolectando la mayor información acerca del mismo.

Como realizarlo:

Describe el problema considerando el tiempo en el que ocurre.
Describe el problema considerando aspectos circunstanciales.

Paso 3: Analizar las Causas

Descubrir las causas principales del problema implica establecer hipótesis sobre las causas más probables y verificarlas. Es decir, probar la relación entre las causas y el efecto.

Objetivo:

- Identificar las causas que ocasionan el problema o que tienen mayor impacto en él y sobre las cuales se va a trabajar.

Como realizarlo:

Establezca Hipótesis
Compruebe las Hipótesis
Determine la causa raíz

La causa raíz es el factor o factores causales básicos que si se corrigen o eliminan impedirán la recurrencia del problema.

Paso 4: Establecer Contramedidas

Una vez identificadas las causas principales, se debe decidir de qué manera se va a contrarrestar para lograr soluciones correctivas permanentes.

Objetivo.

- Determinar las acciones particulares que se van a realizar, para minimizar o eliminar las causas principales.

Cómo realizarlo

Adopte procedimientos que eliminen las causas.

Asegúrese de las acciones no produzcan otros problemas (efectos laterales).

Diseñe varias propuestas de acción, examine las ventajas y las desventajas de cada una de ellas y seleccione aquellas en que estén de acuerdo las personas afectadas.

Paso 5: Ejecutar las contramedidas

Una vez que se decide cuales son las medidas más apropiadas para solucionar el problema, se ponen manos a la obra.

Objetivo.

- Ejecutar las acciones que se han planeado y llevar un registro de los resultados que se obtengan durante un periodo determinado.

Cómo realizarlo

Asegúrese de que todas las personas que intervengan en la ejecución de las acciones conozcan qué tienen que hacer y cómo lo deben hacer.

Dele seguimiento fiel a las acciones planeadas.

Registre toda la información que permita conocer los resultados que se obtenga. Se deben utilizar los mismos índices considerados en las etapas de la situación actual y análisis con el fin de poder hacer las comparaciones.

Tenga siempre en mente que el logro de los objetivos iniciales depende de qué tan bien se apliquen las acciones planeadas.

Paso 6: Verificar los Resultados

Para tener la seguridad de que las contramedidas funcionen como se había planeado, es necesario hacer un seguimiento permanente al desarrollo de las acciones.

Objetivo:

- Comprobar la efectividad de las acciones desarrolladas, sobre los resultados tanto parciales como finales definidos en la planeación.

Cómo realizarlo

Utilizando un mismo formato, compare los datos sobre el problema tanto antes como después de haber emprendido las acciones.

Convierta los efectos a términos monetarios, y compare los resultados con la meta. Puede descubrirse cosas importantes al comparar las pérdidas antes y después de las acciones.

Si existen otros efectos, buenos o malos, haga una lista de ellos. Cuando el resultado de la acción no es tan satisfactorio como se esperaba, asegúrese de que todas las acciones planeadas se han implementado según lo decidido.

Paso 7: Mantener

Para evitar que vuelvan a ocurrir los problemas es necesario estandarizar las acciones preventivas. Hay dos razones principales para la estandarización:

- 1) Sin estándares, las acciones emprendidas para resolver el problema regresarán gradualmente a las antiguas formas de trabajo y el problema volverá a repetirse.
- 2) La segunda es que sin normas claras, es muy probable que el problema se repita cuando se involucre nueva gente al trabajo.

Los estándares deben convertirse en una parte de la forma de pensar y hábitos de trabajo de los empleados, en lo cual juega un importante papel la educación.

Objetivo:

- Asegurar el seguimiento del nuevo procedimiento y las contramedidas establecidas.

Cómo realizarlo

Identifique claramente las 5W/1H para el trabajo mejorado y úselas como estándar.

Se debe establecer una comunicación adecuada y lograr una buena preparación de la gente para poner en práctica los estándares.

Debe implementarse la educación y el entrenamiento.

Debe establecerse un sistema de aseguramiento para verificar que los estándares se estén siguiendo.

Paso 8: Definir nuevos proyectos

La ruta de la calidad no termina con el logro de objetivos propuestos en la solución de un problema. La mejora continua implica la identificación de problemas restantes y el planteamiento de proyectos futuros.

Objetivos:

- Revisar lo ejecutado en las etapas anteriores del proceso y los resultados que se obtuvieron con el fin de enriquecer la planeación y ejecución de un nuevo ciclo, ya sea para seguir en el mismo proyecto o comenzar alguno diferente.

Preparar el reporte final del proceso

Cómo realizarlo

Defina los problemas restantes

Planee lo que hay que hacer con los problemas restantes.

Piense acerca de lo bueno y lo malo que ha resultado en las actividades de mejoramiento.

Prepare un informe sobre lo realizado en este proceso y sobre los resultados obtenidos.

CAPITULO 10

CASO PRACTICO

CASO DE RUTA

Proyecto: Nivel de Rechazo de Soldadura en Máquinas Orbitales.

1.0 Objetivo

1.1 Disminuir el porcentaje de rechazo de un 15% (promedio de Enero a Junio de 1994) a un máximo de 5%.

1.2 Se persigue bajar el costo por efecto de reparaciones y paralelamente contribuir a la productividad.

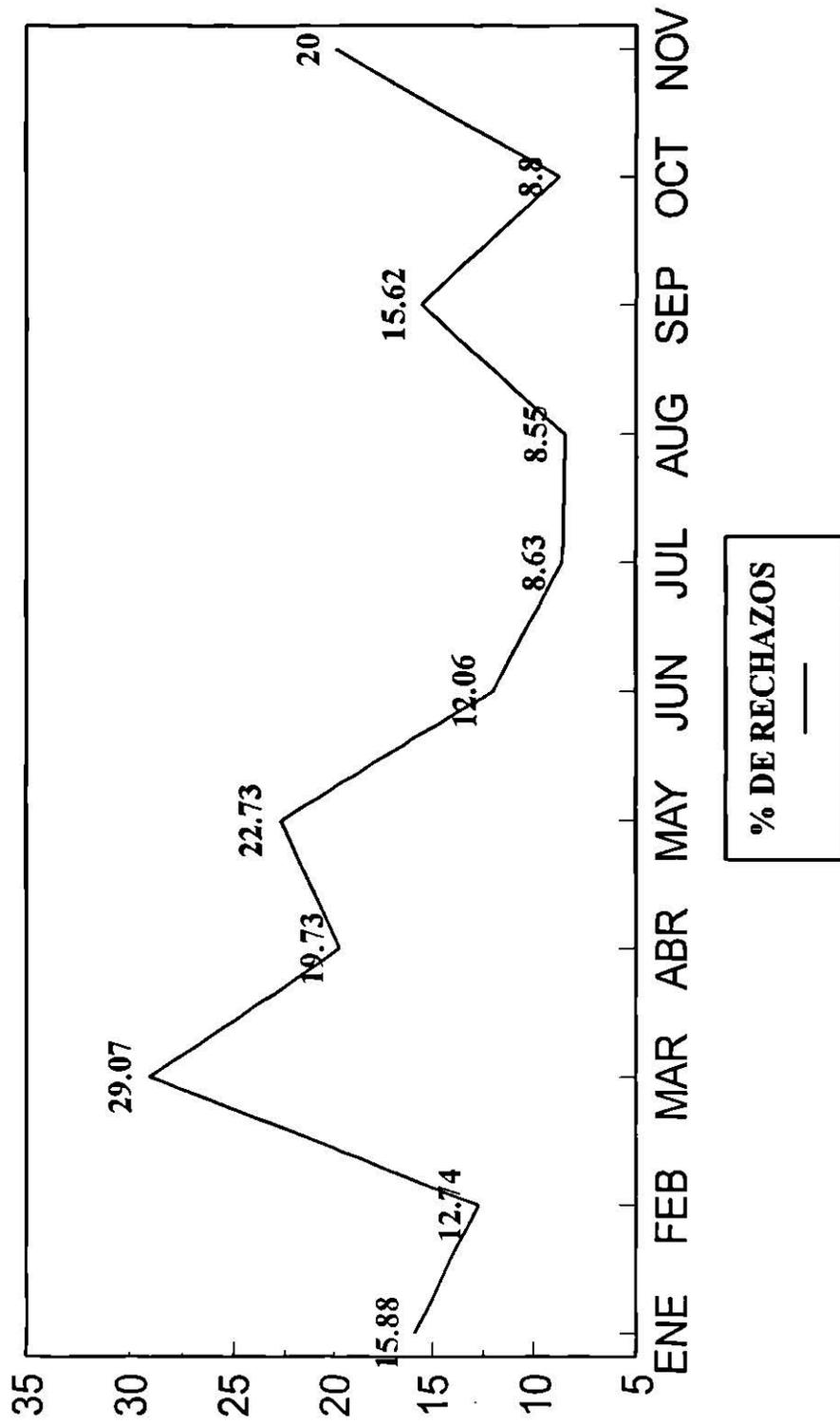
1.3 Para alcanzar el objetivo planteado se desarrollan las siguientes actividades:

ACTIVIDAD	FECHA
Recolección de Datos de Rechazo a partir de Reportes Mensuales.	1a. Semana de Julio / 1994
Elaboración de gráficas de rechazo.	3a. Semana de Julio / 1994
Diagrama de Pareto para determinar los defectos pocos vitales.	4a. Semana de Julio / 1994
Elaboración del Diagrama Causa-Efecto para los defectos pocos vitales.	1a. Semana de Agosto / 1994
Verificación de causas.	3a. Semana de Septiembre / 1994
Establecer contramedidas.	3a. Semana de Noviembre / 1994
Ejecutar Contramedidas	1a. Semana de Enero / 1995
Verificar los Resultados.	Enero - Abril / 1995

CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES
2.0 FACTORES

NIVEL DE RECHAZO POR MES ENE-NOV 1994

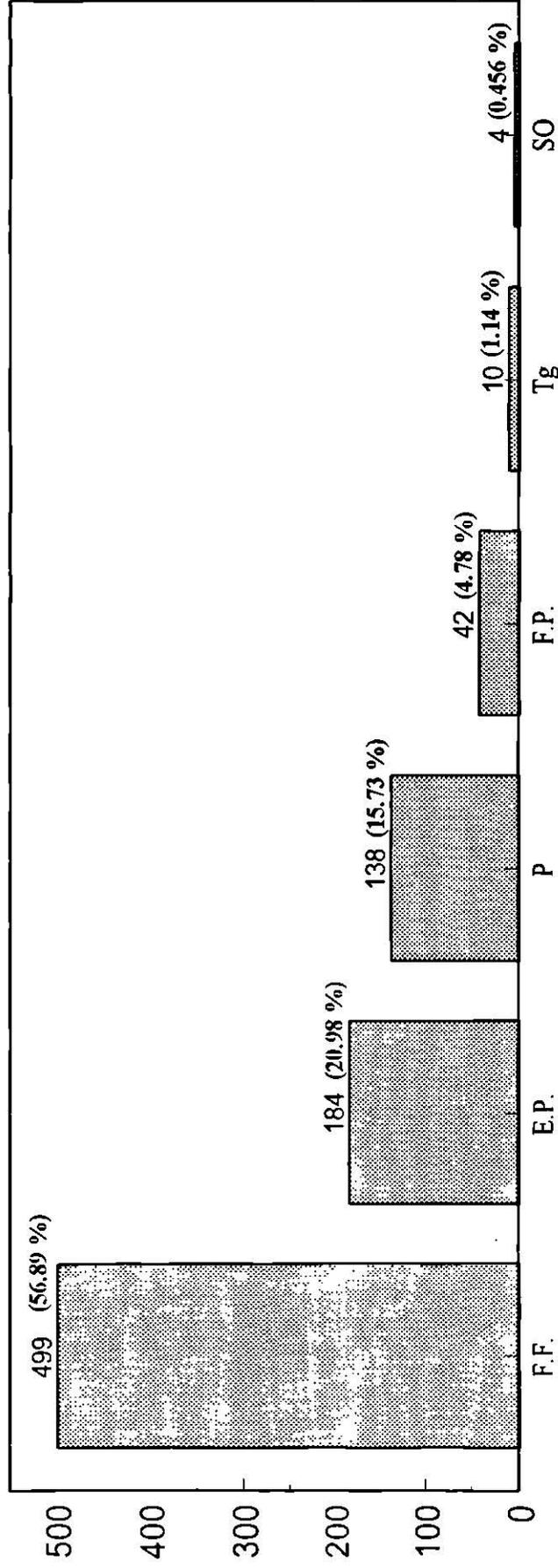


MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES

CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES 3 FACTORES

CANTIDAD DE UNIONES RECHAZADAS POR DEFECTO ENE-NOV '94



- F.F. = Falta de Fusión
- E.P. = Exceso de Penetración
- P = Porosidad
- F.P. = Falta de Penetración
- Tg = Tungsteno
- SO = Socavado

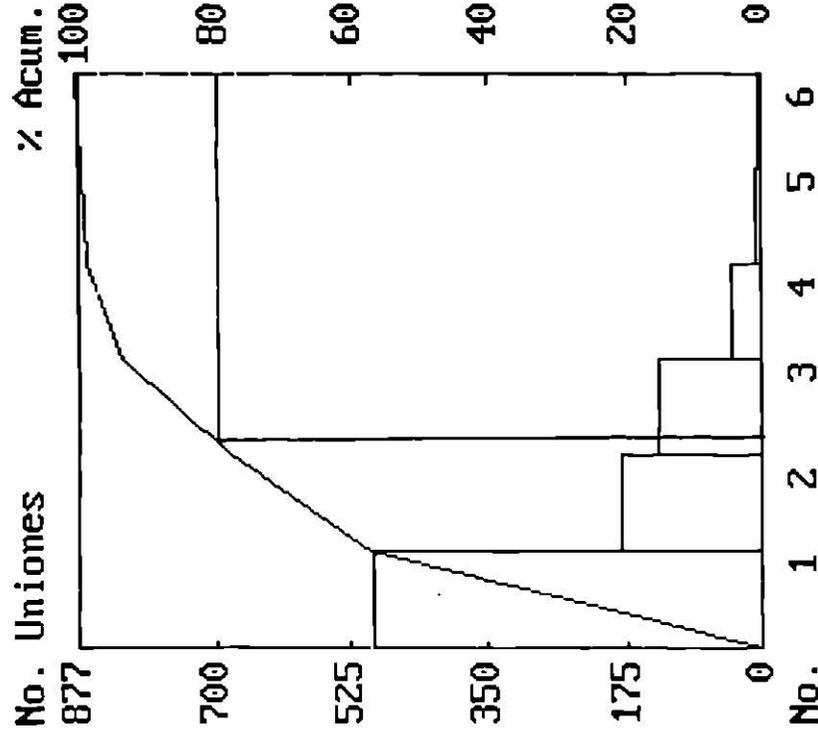
CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES
2.0 FACTORES

DIAGRAMA DE PARETO

CANTIDAD DE UNIONES RECHAZADAS POR DEFECTO

ENE -NOV 1994

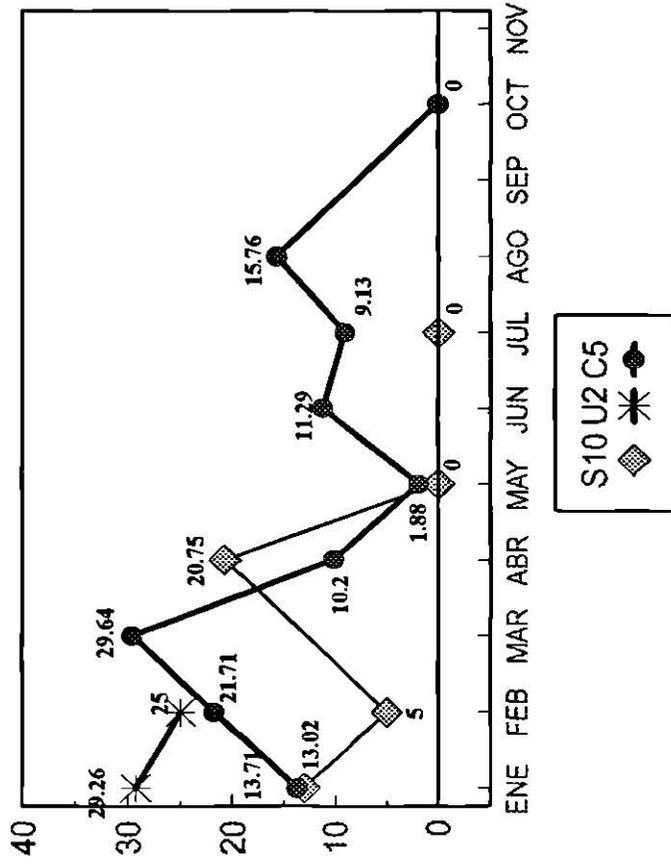
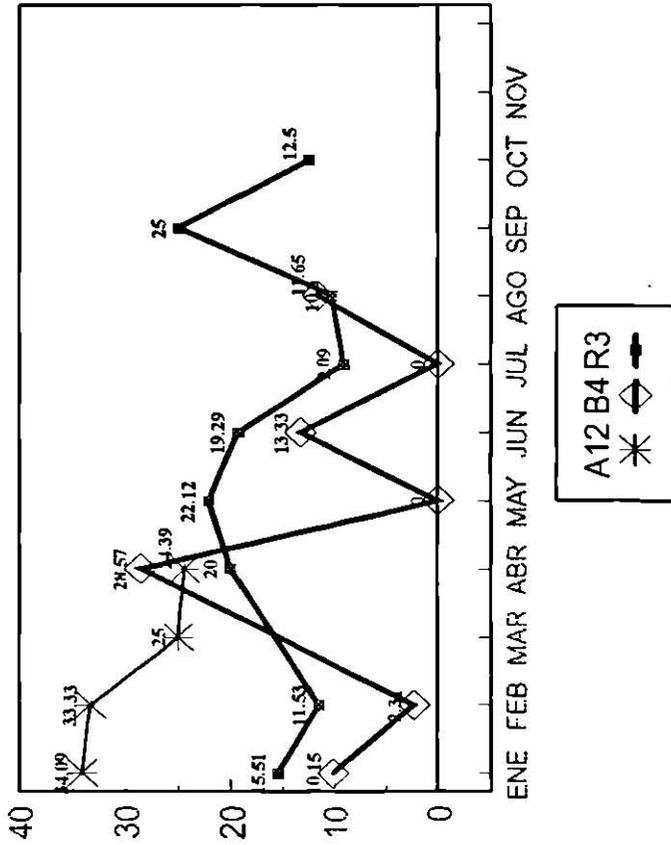


No. Tipo Defecto	Frec.	Acum.	Frec. %	Acum. %
1 F.F.	499	499	56.9	56.9
2 E.P.	184	683	77.9	77.9
3 P	138	821	93.6	93.6
4 F.P.	42	863	98.4	98.4
5 Tg	10	873	99.5	99.5
6 SO	4	877	100.0	100.0
Total	877	877	100.0	100.0

CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES
 20 FACTORES

NIVEL DE RECHAZOS POR SOLDADOR ENE-NOV '94

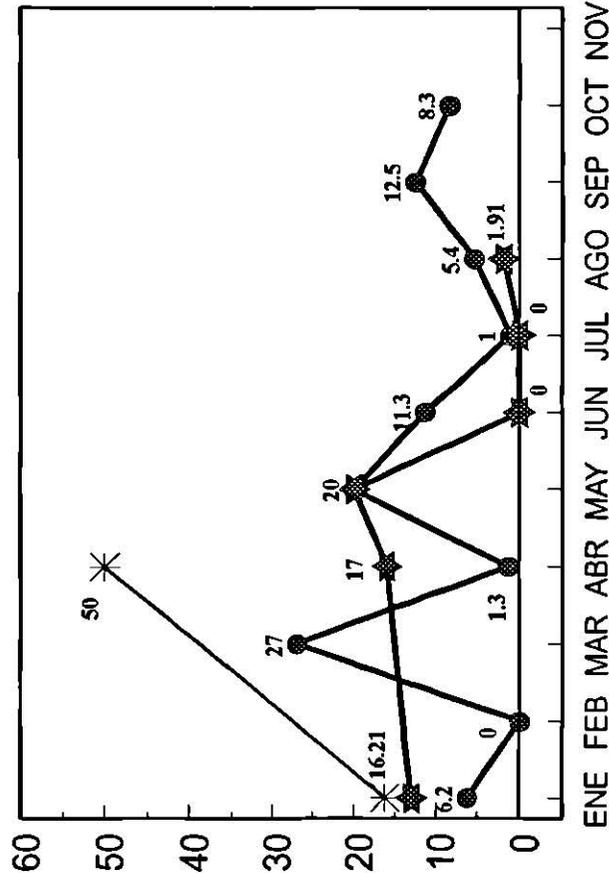
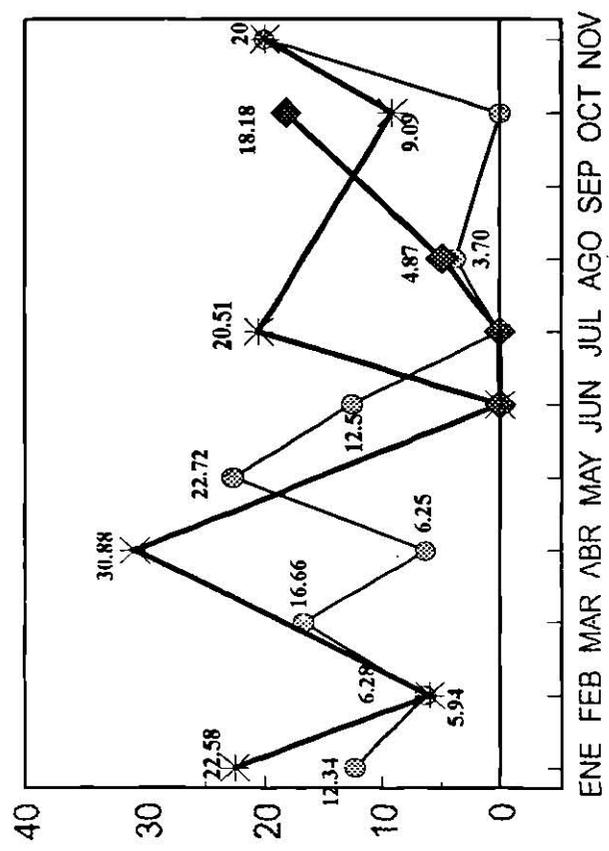


CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES

20 FACTORES

NIVEL DE RECHAZOS POR SOLDADOR ENE-NOV '94



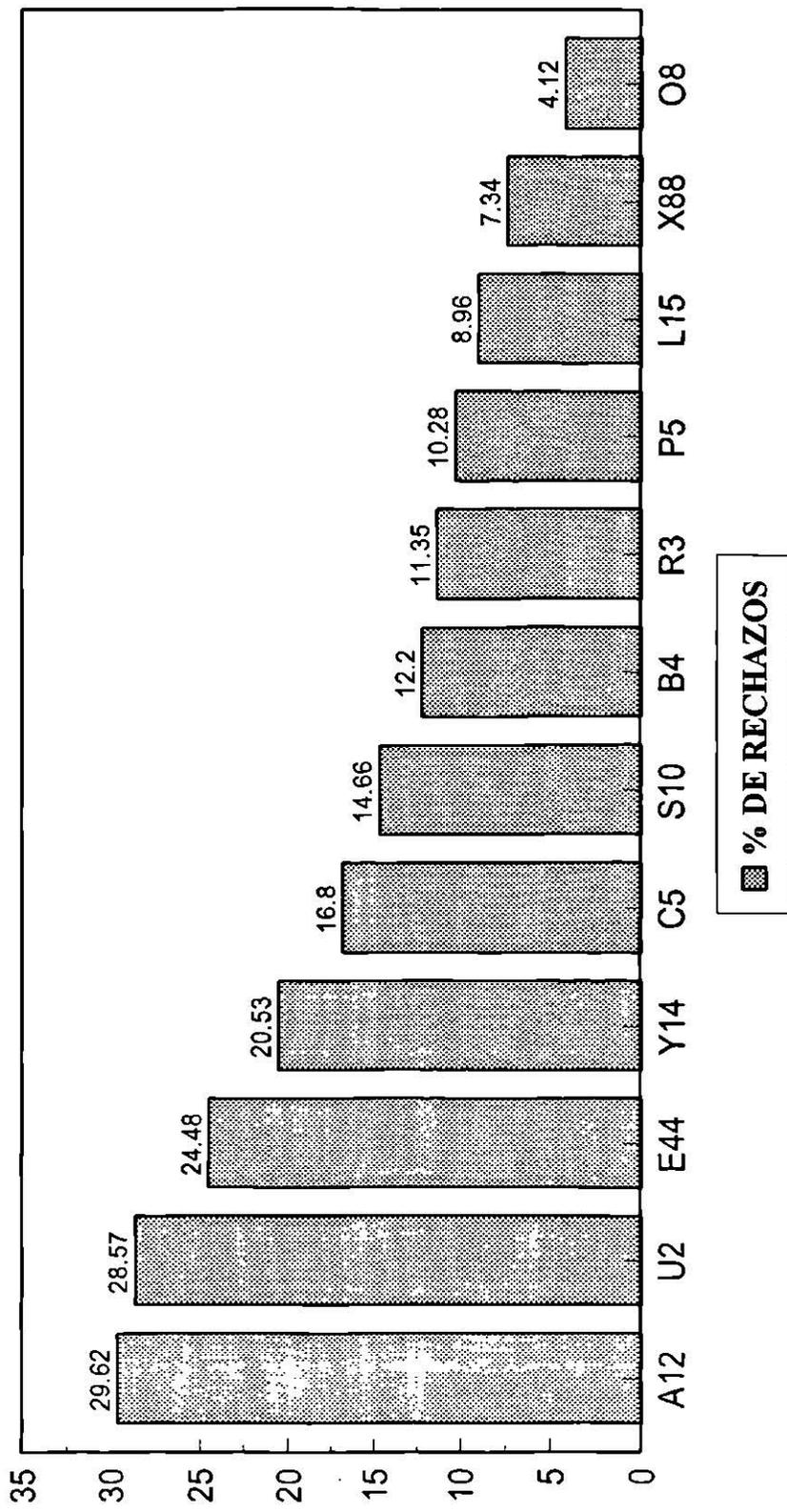
L15 Y14 O8

E44 P5 X88

CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES
2.0 FACTORES

NIVEL DE RECHAZOS POR
SOLDADOR ENE-NOV '94



MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES

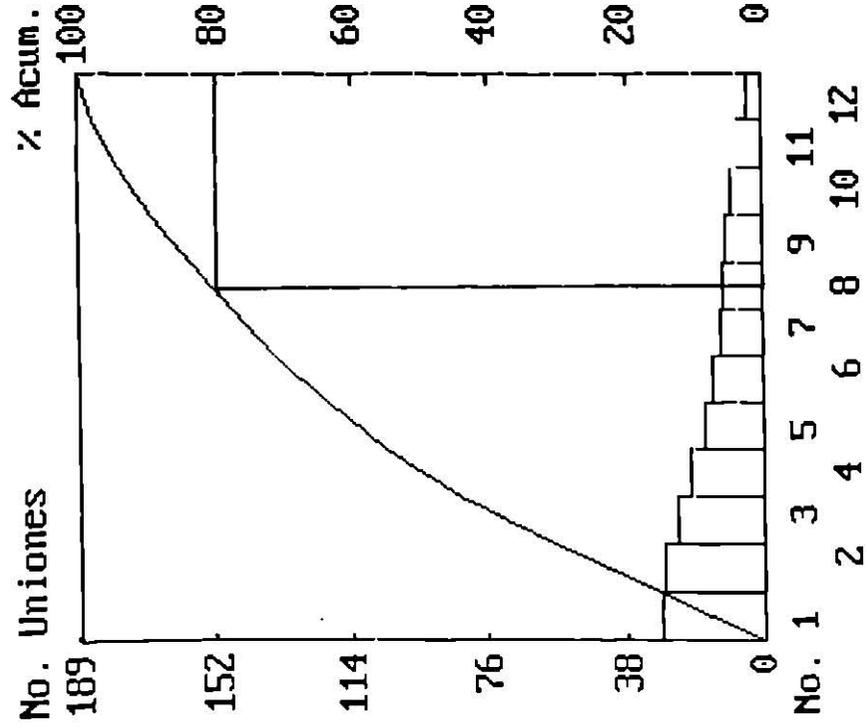
CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES 2.0 FACTORES

DIAGRAMA DE PARETO

NIVEL DE RECHAZOS POR SOLDADOR ENE-NOV 1994

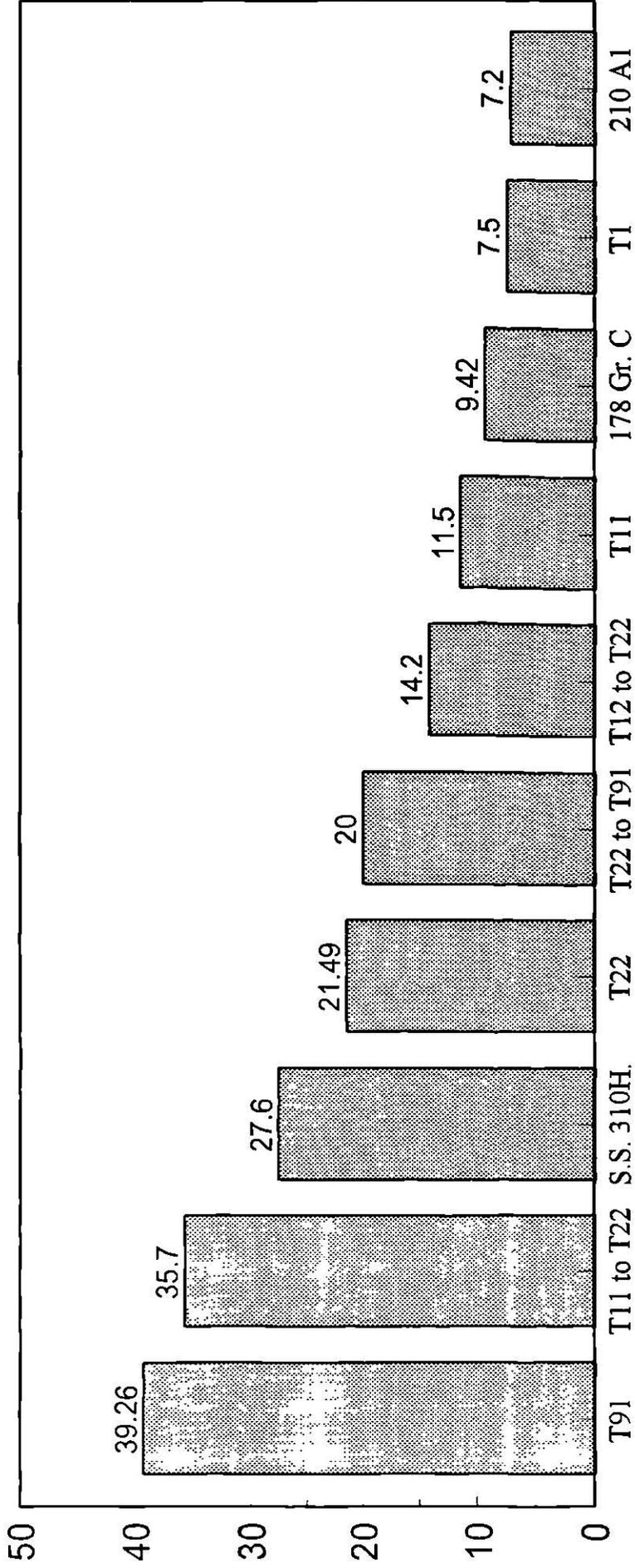
No. Cve-Soldador	Frec.	%	Frec. Acum.	% Acum.
1 A12	30	15.7	30	15.7
2 U2	29	30.8	58	30.8
3 E44	24	43.8	83	43.8
4 Y14	21	54.6	103	54.6
5 C5	17	63.5	120	63.5
6 S10	15	71.3	135	71.3
7 B4	12	77.7	147	77.7
8 R3	11	83.7	158	83.7
9 P5	10	89.2	168	89.2
10 L15	9	93.9	177	93.9
11 X88	7	97.8	185	97.8
12 08	4	100.0	189	100.0
Total	189			



CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES 2.0 FACTORES

NIVEL DE RECHAZOS POR MATERIAL ENE-JUN '94



% DE RECHAZOS

MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES

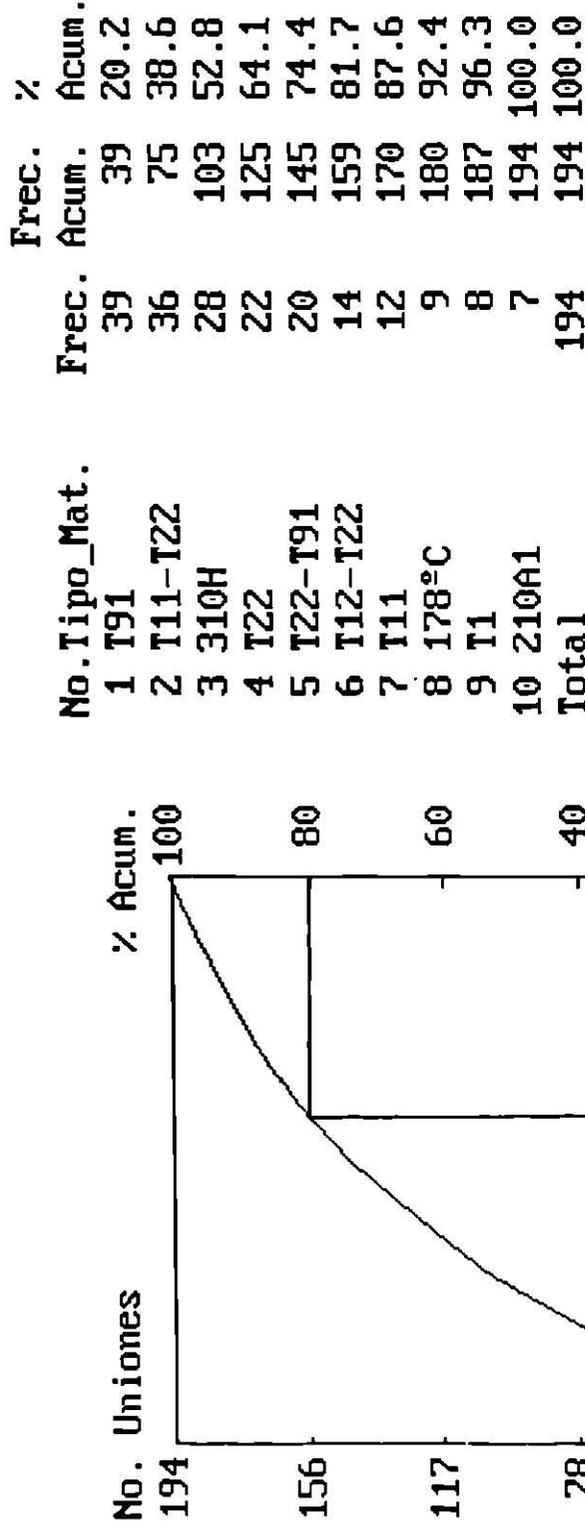
CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES

2.0 FACTORES

DIAGRAMA DE PARETO

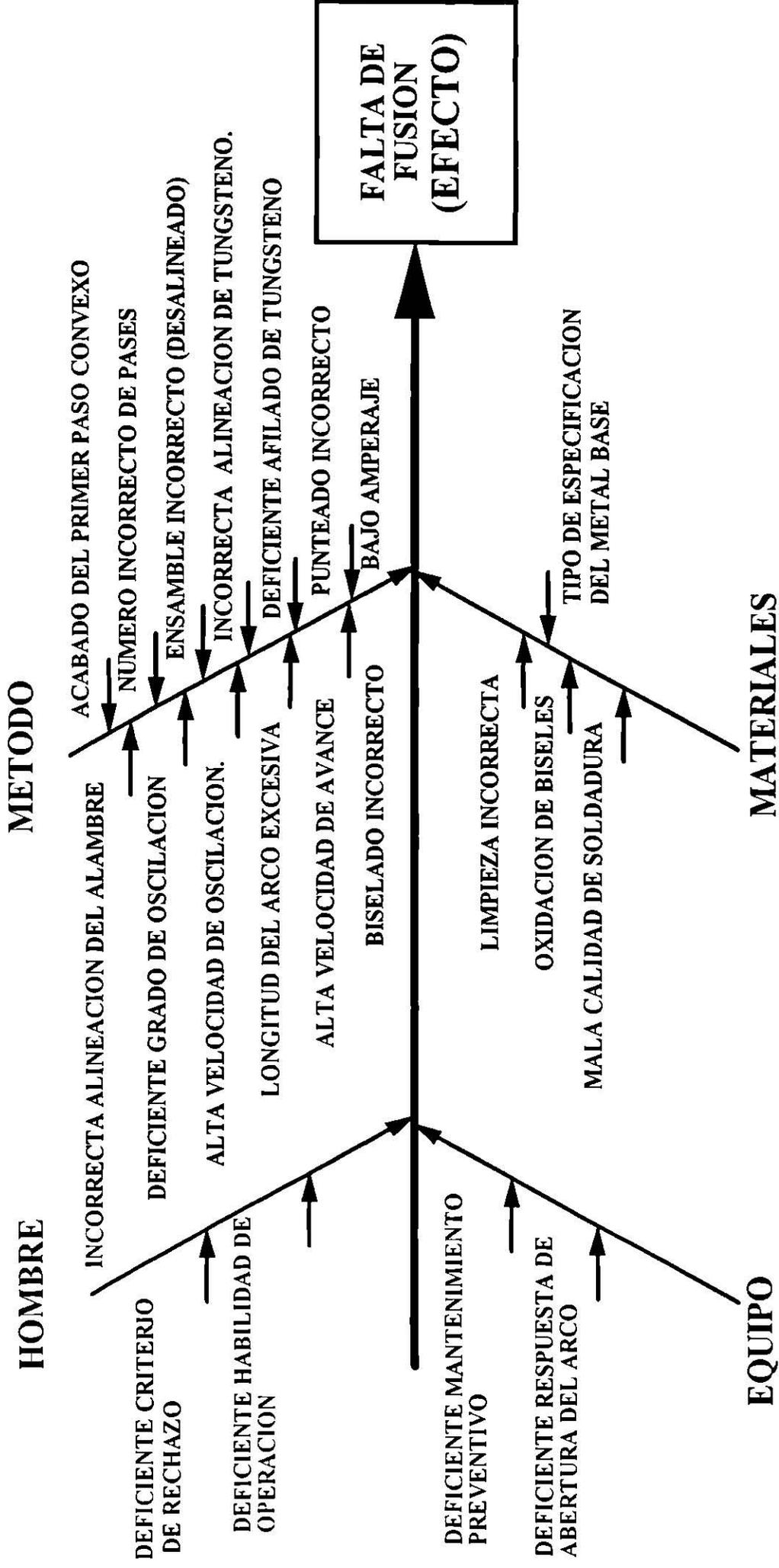
NIVEL DE RECHAZOS POR MATERIAL ENE-NOV 1994



CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES

FACTORES



3.0 Contramedidas.

3.1 Persona

3.1.1 Habilidad de Soldadores.

Nombre	Clave	Contramedida
Daniel Ortiz	A12	Baja de Máquina Orbitales
Pedro Ríos	U2	Baja de Máquina Orbitales
Jorge Gómez	E44	Baja de Máquina Orbitales
Oscar Carrizales	Y14	Adiestramiento 3 días
Roberto Loera	C5	Adiestramiento 3 días
Carlos Pérez	S10	Adiestramiento 3 días
Carlos Peña	B4	Adiestramiento 3 días
Iván González	R3	Adiestramiento 3 días
Alfredo Martínez	P5	Adiestramiento 3 días
Hugo García	L15	Adiestramiento 3 días

El adiestramiento teórico práctico se proporcionará al mismo tiempo que se realicen pruebas para los nuevos componentes.

3.1.2 Verificar todas las películas con rechazo por definir si el criterio de interpretación fue el correcto.

3.2 Método

3.2.1. Ajuste de la abertura del arco

Como se puede apreciar en el análisis de causas, el defecto de mayor contribución en el rechazo es la falta de fusión (56.89%). Por tal motivo nos enfocamos primeramente a la eliminación de este defecto.

Mediante revisión de las películas radiográficas con rechazo, se comprobó que la localización de la falta de fusión es en la zona indicada a continuación:

De las 3 a las 9 se debe ajustar la abertura del Arco (AGC) para mantener 1/16 " durante toda la junta. (Ver dibujo fig.1)

3.2.2 Trabajar siempre con parámetros reales para mantener constante la misma calidad de aplicación.

- Abertura del arco
- Velocidad del alambre
- Velocidad de avance del cabezal
- Amperaje
- Voltaje

Para cada cambio de material, diámetro o espesor realizar un mínimo de 3 pruebas radiografiadas antes de inicio de producción.

3.2.3. Realizar una vez a la semana por operador revisión de actividades en la operación de máquinas orbitales. (Ver Apéndice A).

3.2.4. El Sr. Juan Martínez será el responsable de asesorar técnicamente a los operadores.

3.2.5. Producción con la revisión de Control de Calidad debe verificar constantemente que los biseles cumplan con el estándar. Cada biselador debe contar con el calibrador de biseles para este efecto.

3.3 Equipo

Después de cada reparación o mantenimiento preventivo al equipo de soldadura, se debe verificar que los parámetros no hayan sido afectados. Si es necesario ajustar a parámetros previos (reales). (Responsable: Supervisor de Producción).

3.4 Materiales

3.4.1. Producción y Control de Calidad deben verificar que la limpieza de las partes por unir sea efectiva (mínimo 1/2 " de longitud en las bocas de los tubos por soldar (por interior y exterior)).

3.4.2. Ingeniería de Soldadura realizará pruebas con soldadura marca UTP para verificar si se obtiene rechazo con respecto a Techalloy.

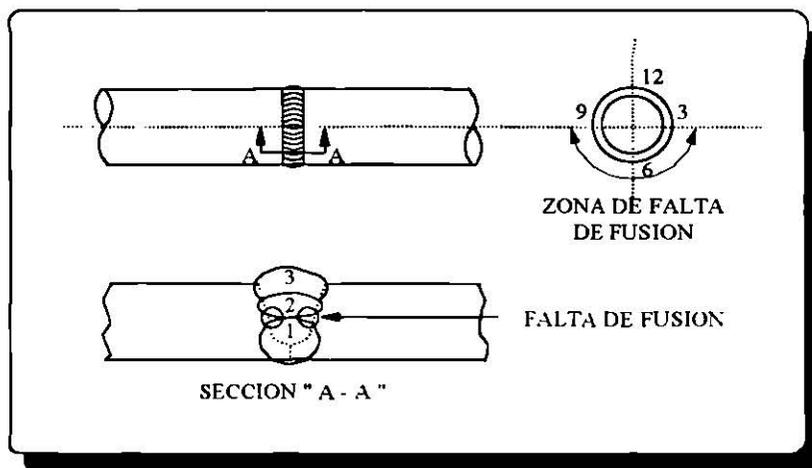


Fig. 1

Para eliminar este problema se aplicarán las siguientes contramedidas:

3.2.1.1 Aplicar siempre el pase de raíz plano o ligeramente cóncavo.

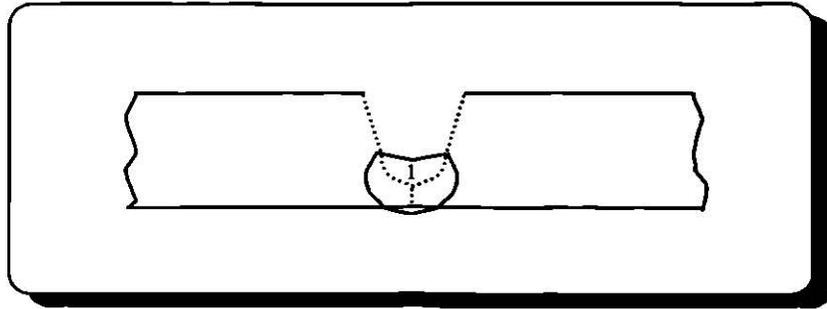


Fig. 2

3.2.1.2 Aplicar 2o. pase con poco alambre.

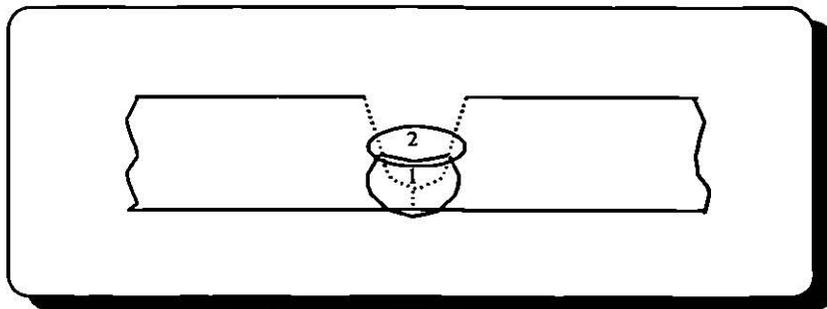


Fig. 3

4.0 Verificación de Resultados

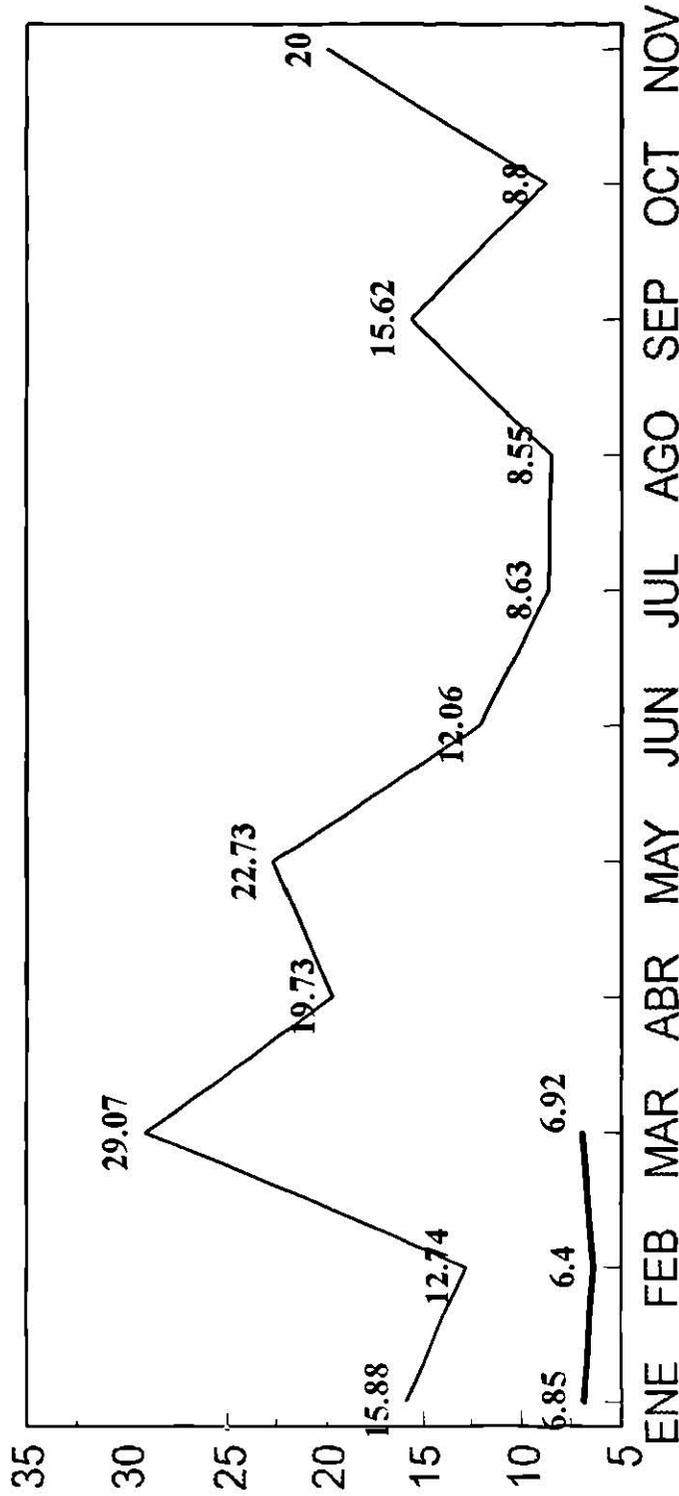
- 4.1 Diariamente se debe llevar un registro de soldaduras inspeccionadas y rechazos por soldador será llevado fuera y por tipo de material usado por unión (Ver Apéndice A).
- 4.2 Comparación de los resultados obtenidos durante el primer trimestre de 1994 vs. 1995.

	RESULTADOS DEL PRIMER TRIMESTRE	
	ENERO - MARZO 1994	ENERO - MARZO 1995
Número de uniones inspeccionadas.	3125	474
Número de uniones rechazadas.	501 (16.03%)	32 (6.75%)
Número de uniones rechazadas con Falta de Fusión.	292 (9.34%)	24 (5.06%)

CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES
LA VERIFICACION DE RESULTADOS

NIVEL DE RECHAZOS POR MES
ENE-NOV 1994
ENE-MAR 1995

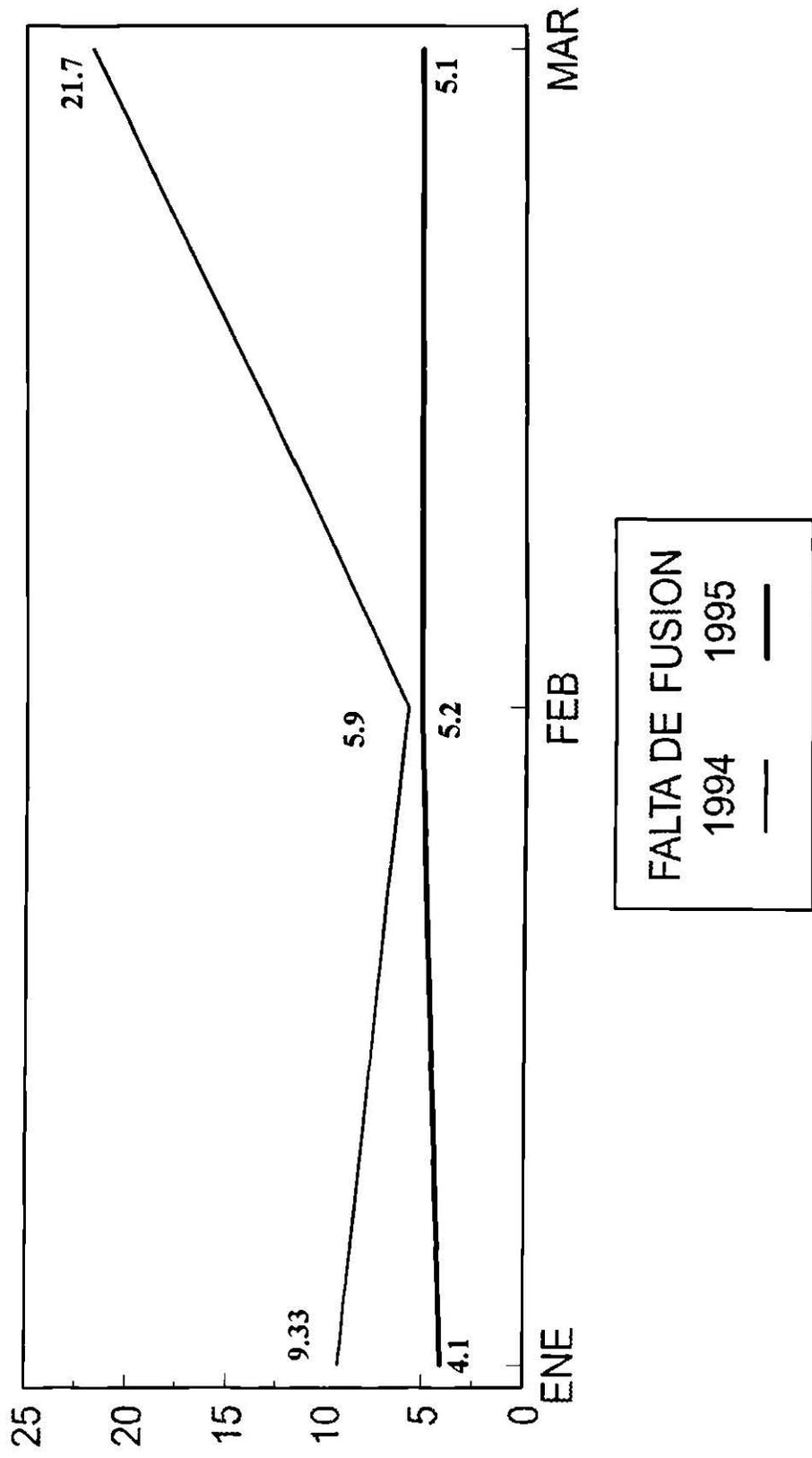


% DE RECHAZOS
1994 —
ENE-MAR '95 —

CONTROL DE CALIDAD

PROYECTO: NIVEL DE RECHAZOS EN MAQUINAS DE SOLDAR ORBITALES
LA VERIFICACION DE RESULTADOS

NIVEL DE RECHAZOS POR DEFECTO



5.0 Conclusiones.

Una vez establecidas las contramedidas a cada uno de los elementos que intervienen en el proceso de Soldadura se mencionan las siguientes al personal operario de la máquinas soldadoras algunos fueron dados de baja mientras que a los otros se les impartió capacitación, por otro lado se definió bien el criterio de rechazo visual por parte de los inspectores de calidad, en lo que se refiere al método de soldado se establecieron las siguientes medidas correctivas como el controlar la abertura del arco, velocidad de aplicación del alambre, velocidad de avance del cabezal, amperaje y voltaje para que de esta manera hubiera un soldado uniforme, además de realizar revisiones semanales de la operación de las máquinas orbitales por parte de los operarios, también era importante que los biseles cumplieran con el estándar para la buena aplicación de la soldadura. En lo referente al equipo se planteo que después de cada reparación o mantenimiento del equipo se verificara que los parámetros no hayan sido afectados. En los materiales se tomaron las siguientes acciones como la limpieza de los biseles sea efectiva y se realizaron pruebas de soldadura de distintas marcas para ver el rechazo con respecto a cada una, al término de aplicadas las acciones correctivas los resultados obtenidos fueron satisfactorios cumpliendo con el objetivo planteado, de un 16.03% de rechazo que existía en el primer trimestre Ene-Mar '94 se redujo a un 6.75% para el periodo de Ene-Mar'95. Como el efecto que causaba mayor número de rechazo era la falta de fusión al momento del soldado de la tubería las acciones correctivas fueron aplicadas principalmente a este efecto para reducir el número de uniones rechazadas y así lograr disminuir el porcentaje de rechazo de este efecto, aplicadas las contramedidas para este efecto los resultados obtenidos fueron los siguientes: para el primer trimestre Ene-Mar'94 se tenía un 9.34% de rechazo mientras que para el primer trimestre Ene-Mar'95 se obtuvo un 5.06% de rechazo, lo cual indica que las medidas correctivas aplicadas fueron de utilidad para la reducción de rechazos, por lo que se continuarán aplicando para mantener así bajo el porcentaje de rechazos.

Bibliografía

Para la elaboración de esta tesis se consultaron los siguientes libros:

Felipe de J. Arrona

Calidad el Secreto de la Productividad (Las 7 Herramientas Básicas y Círculos de Calidad).

Ed. Técnica, Julio de 1988, 5ta. edición, México,D.F.

Dr. Augusto Pozo Pino, Ing. Rebeca González avila, Lic. Carlos J. García y Lic. Santiago H. Colunga.

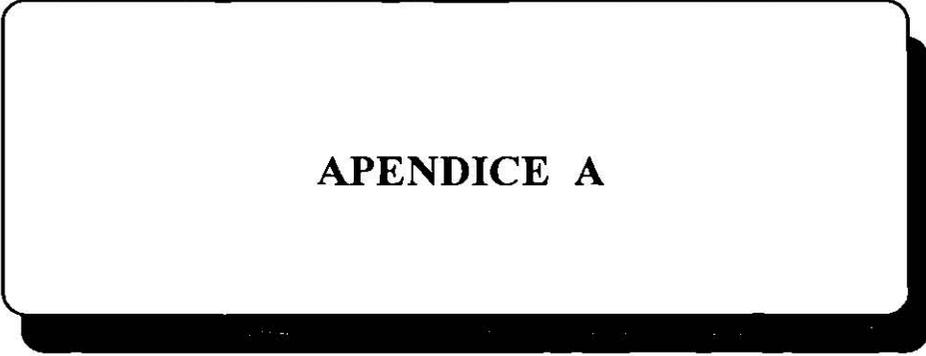
Las 7 Herramientas Básicas.

ITESM, Julio de 1992, Monterrey. N.L.

Dr. Augusto Pozo Pino, Ing. Rebeca González Avila, Lic. Carlos J. García Lic. Ma. Elena Cadena B. y Lic. Santiago H. Colunga.

La Ruta de la Calidad

ITESM, Septiembre de 1992, Monterrey. N.L.



APENDICE A

**PUNTOS RELEVANTES A CUIDAR DURANTE
LA OPERACION DE MAQUINAS ORBITALES**

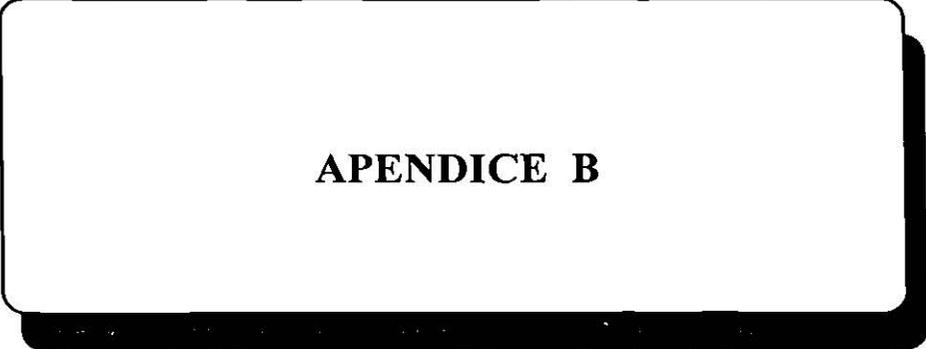
NOMBRE DEL OPERADOR _____		FECHA _____	
ACTIVIDAD	BIEN	MAL	COMENTARIO
1.0 Biselado de acuerdo a estandard (uso escatillón).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.0 Limpieza de biseles.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.0 Alineado y punteados correctos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4.0 Colocación de la pinza de tierra sobre superficie limpia y lo más cercano a la unión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5.0 Verificar que no existan fugas de gas (flujo de gas adecuado).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6.0 Depósito de agua de enfriamiento lleno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7.0 Alineado y fijado del anillo guía a 2 3/8" de distancia del centro de la unión. Uso de desarmador de torque.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
8.0 Verificar con escala que el claro entre el anillo guía y el tubo sea el mismo en toda la circunferencia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
9.0 Afilado del Tungsteno y colocación en boquilla.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
10.0 Colocación de cabeza en anillo guía (revisar sincronización).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
11.0 Uso de la Soldadura apropiada (de acuerdo a hoja de datos).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
12.0 Colocación del Rollo (limado de puntas agudas).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
13.0 Distancia y alineamiento del alambre con respecto al Tungsteno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
14.0 Centrado de la antorcha y el Tungsteno con respecto al centro de la unión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
15.0 Distancia de la punta de Tungsteno al trabajo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

- | | | |
|---|---|-------|
| 16.0 Uso de la hoja de datos de soldadura en el área de trabajo.
(debe incluir datos reales de Amperaje, Voltaje, Velocidad del Alambre y Avance del carro.) | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | _____ |
| 17.0 Uso de precalentamiento (lápices térmicos) | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | _____ |
| 18.0 Inicio del arco entre 9 y 12 o'clock. | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | _____ |
| 19.0 Aplicación del primer paso (fondeo). | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | _____ |
| 20.0 Amplitud de la oscilación correcta para pases de relleno. | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | _____ |
| 21.0 Refuerzo de soldadura correcta (libre de defectos superficiales) | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | _____ |
| 22.0 Desenrollado de los cables correcto. | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | _____ |

INGENIERIA DE SOLDADURA
RECHAZO DIARIO POR DEFECTO PROCESO GTAW

MES: _____ AÑO: _____

DIA	SA-192				SA-178				SA-210-A1				SA-210-Gr.C.				SA-209-T1						
	P.	F.F.	F.P.	E.P.	Cr.	Tg.	So.	P.	F.F.	F.P.	E.P.	Cr.	Tg.	So.	P.	F.F.	F.P.	E.P.	Cr.	Tg.	So.		
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
31																							
TOTAL/DEF																							
TOTAL/MAT																							



APENDICE B

Prueba del Signo. Nivel de Significancia del 5%.

N	Limite		N	Limite		N	Limite	
	Inf.	Sup.		Inf.	Sup.		Inf.	Sup.
1			31	9	22	61	22	39
2			32	9	23	62	22	40
3			33	10	23	63	23	40
4			34	10	24	64	23	41
5		5	35	11	24	65	24	41
6	0	6	36	11	25	66	24	42
7	0	7	37	12	25	67	25	42
8	0	8	38	12	26	68	25	43
9	1	8	39	12	27	69	25	44
10	1	9	40	13	27	70	26	44
11	1	10	41	13	28	71	26	45
12	2	10	42	14	28	72	27	45
13	2	11	43	14	29	73	27	46
14	2	12	44	15	29	74	28	46
15	3	12	45	15	30	75	28	47
16	3	13	46	15	31	76	28	48
17	4	13	47	16	31	77	29	48
18	4	14	48	16	32	78	29	49
19	4	15	49	17	32	79	30	49
20	5	15	50	17	33	80	30	50
21	5	16	51	18	33	81	31	50
22	5	17	52	18	34	82	31	57
23	6	17	53	18	35	83	32	57
24	6	18	54	19	35	84	32	58
25	7	18	55	19	36	85	32	53
26	7	19	56	20	36	86	33	53
27	7	20	57	20	37	87	33	54
28	8	20	58	21	37	88	34	54
29	8	21	59	21	38	89	34	55
30	9	21	60	21	39	90	35	55

CONSTANTES PARA LAS GRAFICAS DE CONTROL

Número de observaciones n	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	B ₃	B ₄	C ₄	d ₂	d ₃	d ₄	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	E ₂
2	1.880	2.659				0.000	3.267	0.7979	1.128	0.853	0.954	0.000	3.267	0.000	3.865	2.660
3	1.023	1.954	1.187			0.000	2.568	0.8862	1.693	0.888	1.588	0.000	2.574	0.000	2.745	1.772
4	0.729	1.628				0.000	2.266	0.9213	2.059	0.880	1.978	0.000	2.282	0.000	2.375	1.457
5	0.577	1.427	0.691			0.000	2.089	0.9400	2.326	0.864	2.257	0.000	2.114	0.000	2.179	1.290
6	0.483	1.287				0.030	1.970	0.9515	2.534	0.848	2.472	0.000	2.004	0.000	2.055	1.184
7	0.419	1.182	0.509			0.118	1.882	0.9594	2.704	0.833	2.645	0.076	1.924	0.078	1.967	1.109
8	0.373	1.099				0.185	1.815	0.9650	2.847	0.820	2.791	0.136	1.864	0.139	1.901	1.054
9	0.337	1.032	0.412			0.239	1.761	0.9693	2.970	0.808	2.915	0.184	1.816	0.187	1.850	1.010
10	0.308	0.975				0.284	1.716	0.9727	3.078	0.797	3.024	0.223	1.777	0.227	1.809	0.975
11	0.285	0.927	0.350			0.321	1.679	0.9754	3.173	0.787	3.121	0.256	1.744			
12	0.266	0.886				0.354	1.646	0.9776	3.258	0.778	3.207	0.283	1.717			
13	0.249	0.850				0.382	1.618	0.9794	3.336	0.770	3.285	0.307	1.693			
14	0.235	0.817				0.406	1.594	0.9810	3.407	0.762	3.356	0.328	1.672			
15	0.223	0.789				0.428	1.572	0.9823	3.472	0.755	3.422	0.347	1.653			
16	0.212	0.763				0.448	1.552	0.9835	3.532	0.749	3.482	0.363	1.637			
17	0.203	0.739				0.466	1.534	0.9845	3.588	0.743	3.538	0.378	1.622			
18	0.194	0.718				0.482	1.518	0.9854	3.640	0.738	3.591	0.391	1.608			
19	0.187	0.698				0.497	1.503	0.9862	3.689	0.733	3.640	0.403	1.597			
20	0.180	0.680				0.510	1.490	0.9869	3.735	0.729	3.686	0.415	1.585			
21	0.173	0.663				0.523	1.477	0.9876	3.778	0.724	3.730	0.425	1.575			
22	0.167	0.647				0.534	1.466	0.9882	3.819	0.720	3.771	0.434	1.566			
23	0.162	0.633				0.545	1.455	0.9887	3.858	0.716	3.811	0.443	1.557			
24	0.157	0.619				0.555	1.445	0.9892	3.895	0.712	3.847	0.451	1.548			
25	0.153	0.606				0.565	1.435	0.9896	3.931	0.709	3.883	0.459	1.541			
Más de 25						$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$1 - \frac{3}{\sqrt{2n}}$								$1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$	

