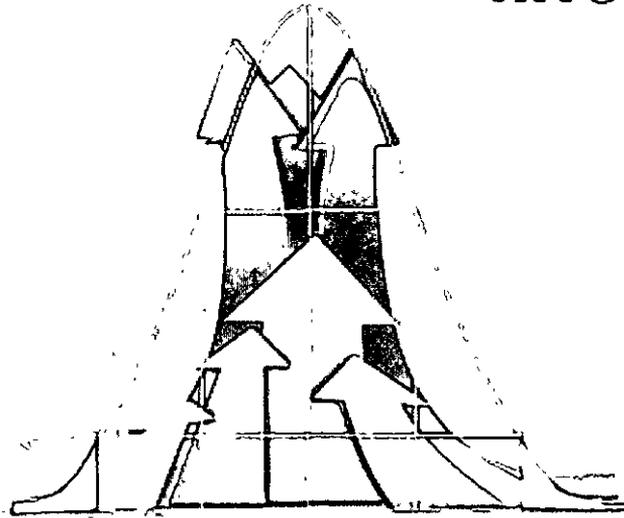
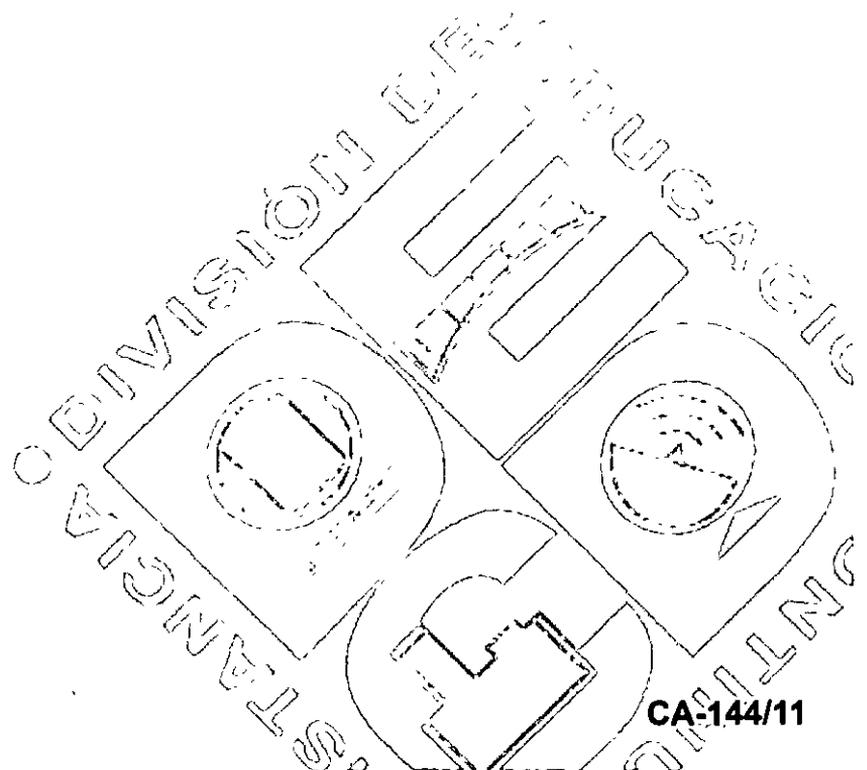


Diplomado:  
Seis Sigma  
nivel-Green Belt



Módulo III: Fase - Medir

Mtro. Luis Zuñiga



CA-144/11



Módulo III

### Road Map Medición

**Determinar el estado actual**

- Capacidad de Proceso: CP, Cpk, Pp, Ppk
- Medida de Tendencia Central
- Medida de Dispersión
- Gráfico de Pareto
- Box Plot

**Análisis del Sistema de Medición**

- Recolección de Datos
- Estudios Gage R&R

### Y's vs X's ¿Qué Medir?

```

    graph LR
      X1[Entradas X's] --> P[Proceso]
      X2[Entradas X's] --> P
      Z1[Entradas Z's] --> P
      P --> Y1[Salidas Y's]
      P --> Y2[Salidas Y's]
  
```

**X: Variables Independientes**  
**Y: Variables Dependientes**  
**Z: Variables de Ruido**

"Fase - Medir"



**Contenido Temático**

1. Introducción a Estadística.
  - 1.1 Definición y subdivisiones de la Estadística.
  - 1.2 Propósito de la Estadística en Seis Sigma.
  - 1.3 Conceptos de población y muestra.
  - 1.4 Tipo de datos.
  - 1.5 Organización de los datos.
  - 1.6 Distribución de datos normal y no normales.
  - 1.7 Estadística básica descriptiva.
    - 1.7.1 Medidas de tendencia central.
    - 1.7.2 Medidas de dispersión.
  - 1.8 Análisis gráfico.

**¿Para qué nos ayudan los datos?**



**Los datos revelan lo que realmente ocurre**

*It's three of these...*

GREEN BELT

**Introducción a la Estadística**

La palabra estadística tiene sus orígenes en la palabra estado. Los romanos la utilizaban para nombrar los conteos que realizaban para sus censos de población.

Básicamente la estadística es una rama de las matemáticas encargada de la organización y análisis de datos para el entendimiento de grupos y poblaciones.

**ESTADÍSTICA**  
 el 2% que desayuna en la cama..  
 ...Duerme en la mesa..  
 zzzz

GREEN BELT

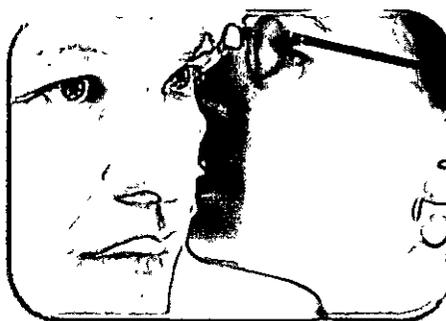


**Introducción a la Estadística**

**¿Para qué nos sirve la Estadística?**

La estadística en 6 sigma nos ayudará a acomodar nuestros datos de tal manera que nuestras conclusiones sean a través de un Análisis Estadístico y no de meras "suposiciones".

- Pienso que es por ahí....
- Me dijeron que la otra vez...
- Me late que es por acá...

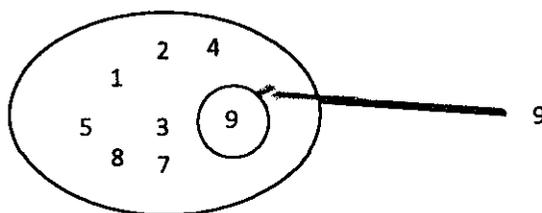


GREEN BELT

Módulo III

"Fase - Medir"

**Introducción a la Estadística**



**Población**  
 Numérica (Cada miembro es un número)  
 Dicotómica (Cuando solo hay dos opciones –sí ó no-)

**Muestra**  
 Subconjunto de la población



GREEN BELT



**Introducción a la Estadística**

**Estadística:**

- Descriptiva:** Organiza operaciones y describe los datos obtenidos ya sea de una población ó muestra.
- Inferencial:** A partir de una muestra se infiere sobre la población.
  - Deductivo:** En base a la información puedo deducir ó pensar que...
  - Inductivo:** Una vez con esa información puedo generar nuevas hipótesis.

GREEN BELT

Módulo III

"Fase - Medir"

**Introducción a la Estadística**

**Paramétricos:** Suposición de Normalidad  $\bar{x}, \bar{X}, \sigma^2, \sigma *$

- Estadística Inferencial. Intervalo de confianza  $P(A > X > B)$  (Probabilidad de que X sea menor que B y mayor que A)
- Prueba de hipótesis.
- Medidas de tendencia central.

**No Paramétricos:** Métodos libres de distribución.

\*Media, Mediana, Varianza, Desviación Estándar

GREEN BELT

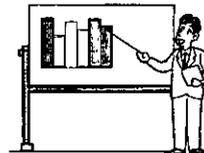


### Introducción a la Estadística

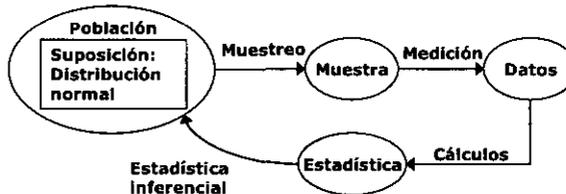
Los métodos para el estudio de la organización y resumen de datos se llaman estadística descriptiva. Se pueden emplear métodos descriptivos ya sea cuando tengamos una lista de todos los elementos de una población o cuando la información esté formada por una muestra.

La estadística descriptiva se divide en dos materias:

- Técnicas visuales para su análisis.
- Medidas de localización



Cuando la información sea una muestra y el objetivo es ir más allá de la muestra para sacar conclusiones acerca de la población basada en la información de la muestra, se emplean métodos de estadística inferencial.



Método de la estadística inferencial.

Módulo III

“Fase - Medir”

### Tipos de Datos

Diferentes tipos de datos, requieren de diferente tipo de análisis. Debido a esto necesitaremos identificar qué tipo de datos estamos manejando.

**DATOS DISCRETOS:**

1. Estos solamente toman valores enteros
2. Tienen distribuciones de probabilidad discreta

**DATOS CONTINUOS**

1. Toman valores en un intervalo
2. Distribución de probabilidad continua



### Tipos de Datos

#### DATOS DISCRETOS:

Número de partes en una categoría:

- Águila- Sol
- Si-No
- Pasa - Falla

**Datos Discretos  
Tipo I  
(binomial)**

Cantidad de veces en un evento discreto:

- Número de errores en una forma
- Número de llamadas
- Número de defectos en una pieza

**Datos Discretos  
Tipo II  
(Poisson)**

#### DATOS CONTINUOS:

Divisiones en una escala

Normalmente asociados a una unidad de medición



GREEN BELT

Módulo III

"Fase - Medir"

### ¿Qué tipo de Dato es?

Ejemplo:

Var. Discretas.- ¿ Cuántos operarios llegaron tarde esta semana ?

Var. Continuas.- ¿ Cuántos minutos tarde llegaron ?

Ejercicio: para cada una de las siguientes frases identifica el tipo de dato que estarías investigando.

1. Tipo de Respuesta a un pedido
2. Número de manchas en un pedazo de tela
3. Prueba diaria de acidez en el agua
4. Número de pasas en una caja de Raisin Bran
5. Número de partes defectuosas en lotes de tamaño 100
6. Largo de tornillos en muestras de tamaño 10
7. Número de errores en una orden de compra
8. Porcentaje de partes defectuosas en la producción de cada hora



GREEN BELT



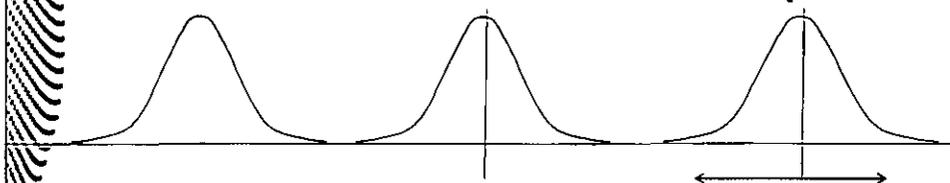
### ¿Qué nos interesa de los Datos?

De los datos nos interesa describir 3 elementos:

**Forma**

**Centro**

**Dispersión**



*¿Por qué nos interesarían estos elementos?*



Módulo III

“Fase - Medir”

### Medidas de Tendencia Central

Al analizar nuestros datos debemos utilizar la técnica de “Yoga”





Módulo III

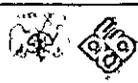
“Fase - Medir”

### Medidas de Tendencia Central

**Media:** Es el promedio aritmético de un grupo de valores.  
 + refleja la influencia de todos los valores  
 + Influenciado de los valores extremos.

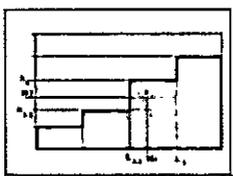
**Mediana:** Muestra el valor que representa el 50% del rango – el número central de un grupo de números al ordenarlos de mayor a menor.  
 + su cálculo no incluye a todos los valores  
 + no se afecta por valores extremos

**Moda:** El dato que más se repite en un grupo de datos. En una gráfica de Pareto en la barra más grande.

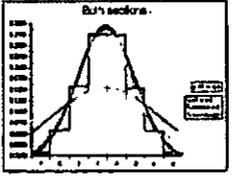




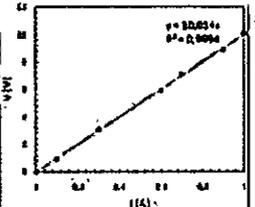
### Técnicas Visuales de Análisis



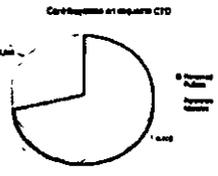
**Moda**



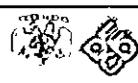
**Distribución de Datos**



**Correlación**



**Proporción**







### Medidas de Tendencia Central

Las medidas de localización nos permiten describir la localización de un conjunto de datos y también medir la variabilidad de los mismos.

#### LA MEDIA

Para un conjunto de datos  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , la medida más conocida y útil del centro es la media, o promedio aritmético del conjunto. Como las muestras del conjunto de datos se representan como  $x_i$ , la media muestral la denotamos por  $\bar{X}$  y está dada por:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

donde  $\Sigma$  sumatoria y  $N$  número de datos

El valor de  $\bar{X}$  es, en un sentido, más preciso que la exactitud asociada con cualquier observación individual. Por esta razón, habitualmente reportaremos el valor de  $\bar{X}$  usando un dígito de mayor exactitud decimal a la empleada en las  $x_i$ 's individuales.



GRUPO  
6 SIGMA  
CURSOS  
BILT

Módulo III

"Fase - Medir"

### Medidas de Tendencia Central

La media muestral posee una propiedad que la convierte en algo así como una medida no satisfactoria de ubicación para algunos conjuntos de datos. El valor calculado de  $\bar{X}$  puede verse afectado por la presencia de solo una observación que está muy lejos a un lado o al otro de los valores restantes.

Una muestra de ingresos produce con frecuencia unos cuantos de esos valores inusuales y el uso del ingreso promedio como medida de localización es a veces engañoso. Sin embargo es la medida más ampliamente utilizada, en gran parte porque hay muchas poblaciones donde el valor extremo de una muestra es improbable.

Cuando se tomen muestras de una población normal o en forma de campana, la muestra será estable y bastante representativa de la población.



GRUPO  
6 SIGMA  
CURSOS  
BILT



### Medidas de Tendencia Central

**LA MEDIANA**

La palabra mediana es sinónimo de “ medio “ y la mediana muestral se obtiene al ordenar primeramente las n observaciones de menor a mayor (incluyendo los valores repetidos, de manera que cada observación muestral aparezca en la lista ordenada).

$\tilde{x} =$

Un solo valor medio (1,2,3,4,5)  
si n es impar

El promedio de los 2  
valores medios si n es par

(1,2,3,4,5,6),  $3+4 = 7/2 = 3.5$

### Medidas de Tendencia Central

Tanto la media como la mediana proporcionan una medida para el centro de un conjunto de datos, en general no serán iguales debido a que se concentran en aspectos diferentes de la muestra.

**EJEMPLO:**  
lecturas de densidad de pintura

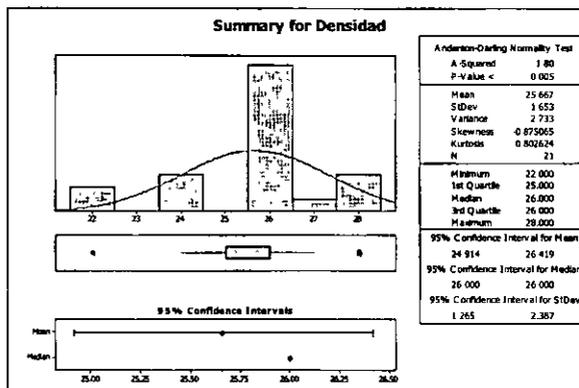
fecha	densidad
81002	26
81002	24
81002	24
81002	24
91002	22
91002	26
91002	26
91002	28
101002	26
101002	28
101002	26
101002	27
101002	26
111002	28
111002	26
111002	26
111002	26
111002	22
121002	26
121002	26
121002	26



### Medidas de Tendencia Central

En el caso de la media y la mediana dividen al conjunto de datos en 2 partes de igual tamaño. Para obtener medidas de localización más finas, podríamos dividir los datos en más de 2 partes.

#### EJEMPLO



Módulo III

“Fase - Medir”

### Medidas de Dispersión

- Rango
- Varianza
- Desviación Estándar

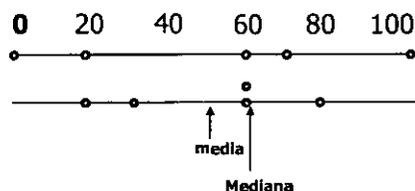


### Medidas de Dispersión

Las medidas de localización no pueden dar un resumen completo de un conjunto de datos, de tal manera que si consideramos un conjunto X y un conjunto Y

X= 20 100 0 60 70

Y= 60 20 80 60 30



Para datos con el mismo centro pero diferente variabilidad, las medidas de localización por sí mismas no distinguen entre los 2 conjuntos, esto es porque hay mas variabilidad o dispersión en el conjunto X que en el conjunto Y.

### Medidas de Dispersión

#### Rango muestral

Una medida de variabilidad es el rango muestral definido como la diferencia entre la máxima observación y la mínima observación.

$R = \text{Valor Máximo } (x_i) - \text{Valor Mínimo } (x_i) ; \quad R = \text{Rango}$   
 $x_i = \text{Valores de la muestra}$

por lo que se podría decir que:

R muy grande = Mucha variación  
 R muy pequeña = Poca variación

Un problema del rango muestral es que solo depende de las dos observaciones extremas y desprecia las observaciones intermedias.



### Medidas de Dispersión

Ejemplo:

Muestra 1 = 0 5 5 5 10

Muestra 2 = 0 1 5 9 10

Ambas tienen el mismo rango muestral de 10, pero en la muestra 1 hay variabilidad solo en los dos valores extremos en tanto que la muestra 2 tiene más variabilidad en sus valores intermedios.

Por lo que obtener una medida efectiva de variabilidad depende más que de solo unas cuantas de las observaciones.

### Medidas de Dispersión

**Varianza:** la diferencia cuadrada se cada valor con respecto a la media.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}$$

Donde:

$\sigma^2$ : desviación estándar al cuadrado

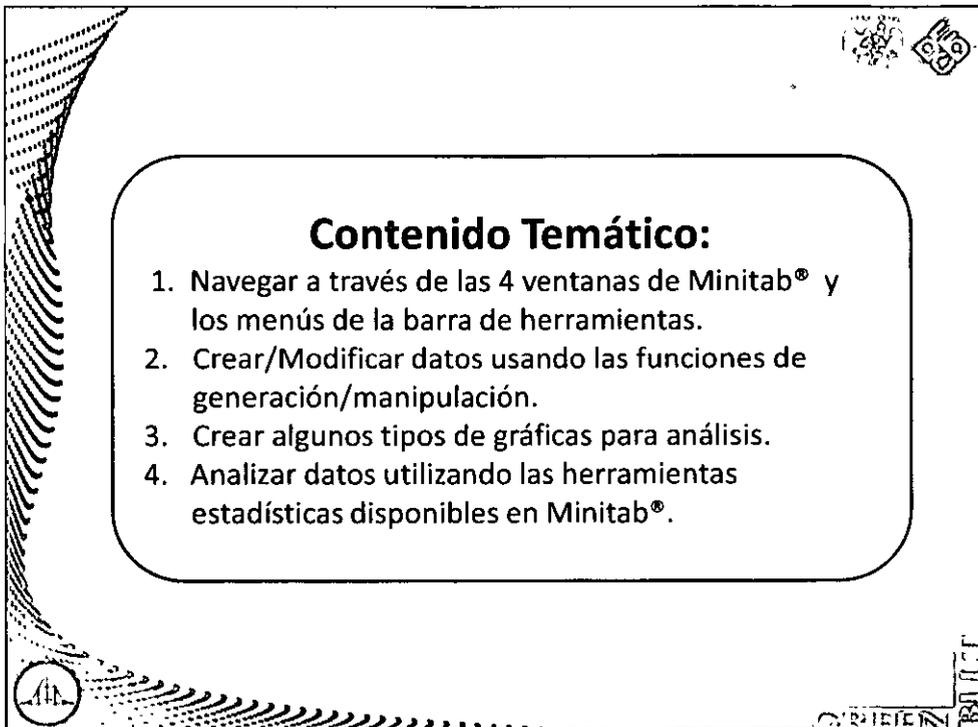
$\Sigma$ : sumatoria de los elementos X-

Barra: la media aritmética

**Desviación estándar  $\sigma$ :** Raíz Cuadrada de la Varianza



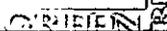


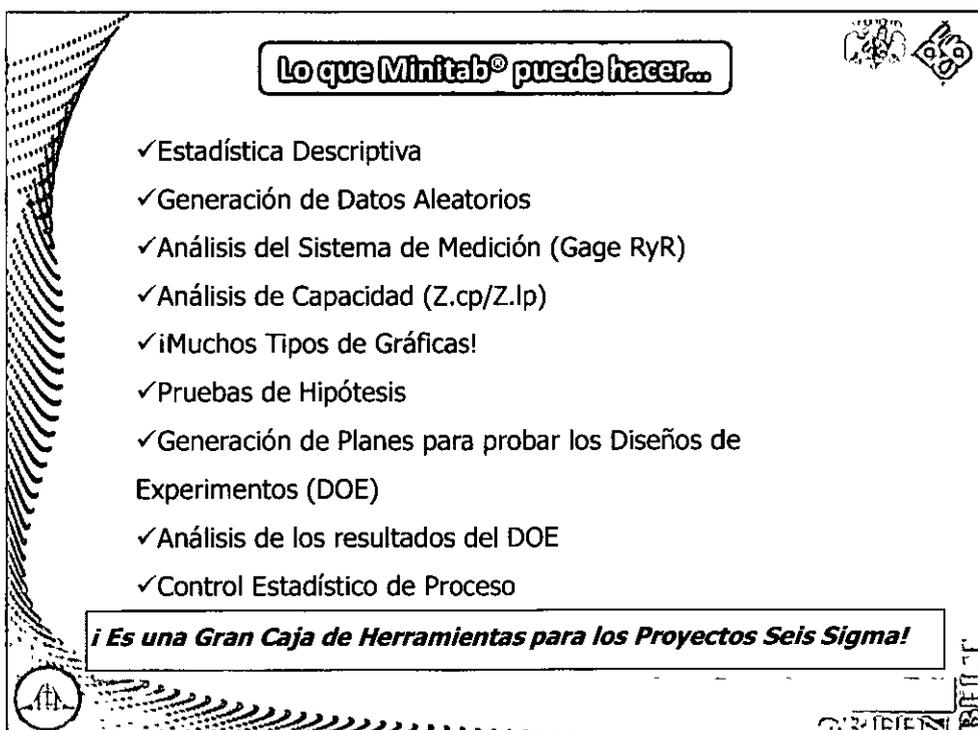






**Contenido Temático:**

1. Navegar a través de las 4 ventanas de Minitab® y los menús de la barra de herramientas.
2. Crear/Modificar datos usando las funciones de generación/manipulación.
3. Crear algunos tipos de gráficas para análisis.
4. Analizar datos utilizando las herramientas estadísticas disponibles en Minitab®.








**Lo que Minitab® puede hacer...**

- ✓ Estadística Descriptiva
- ✓ Generación de Datos Aleatorios
- ✓ Análisis del Sistema de Medición (Gage RyR)
- ✓ Análisis de Capacidad (Z.cp/Z.lp)
- ✓ ¡Muchos Tipos de Gráficas!
- ✓ Pruebas de Hipótesis
- ✓ Generación de Planes para probar los Diseños de Experimentos (DOE)
- ✓ Análisis de los resultados del DOE
- ✓ Control Estadístico de Proceso

**¡ Es una Gran Caja de Herramientas para los Proyectos Seis Sigma!**





### Manejo de Información en Minitab®

The screenshot displays the Minitab software interface with several labeled components:

- Barra de menús:** The top menu bar containing options like File, Edit, Data, Calc, Stat, Graph, Editor, Tools, and Help.
- Barra de herramientas:** A toolbar below the menu bar with icons for common actions like New, Open, Save, Print, etc.
- Ventana de sesión:** The main workspace showing a 'Master62' project with a 'Histogram of H Sales' chart and a data table.
- Ventana de datos:** A data table with columns labeled C1 through C6, containing numerical values and dates.
- Ventana de gráfico:** A separate window showing a histogram of 'H Sales' data.
- Administrador de proyecto:** A 'Project Manager' window on the right side of the interface.
- Menú simplificado:** A simplified menu structure on the right side.
- Barra de estado:** The status bar at the bottom of the window.

Módulo III

“Fase - Medir”

### Proyectos y Hojas de Trabajo

Un proyecto es un ambiente en el cual puedes manipular datos, realizar análisis, y generar gráficos.

Archivos de proyecto(\*.MPJ):

- Hojas de trabajo
- Gráficas
- Cierre de sesión
- Historial de sesión

Guarda tu trabajo como un archivo de proyecto, para conservar todos tus datos, gráficas, cuadros de diálogo y las preferencias.

Archivos de Hoja de Trabajo(\*.MTW):

- Columnas
- Constantes
- Matrices

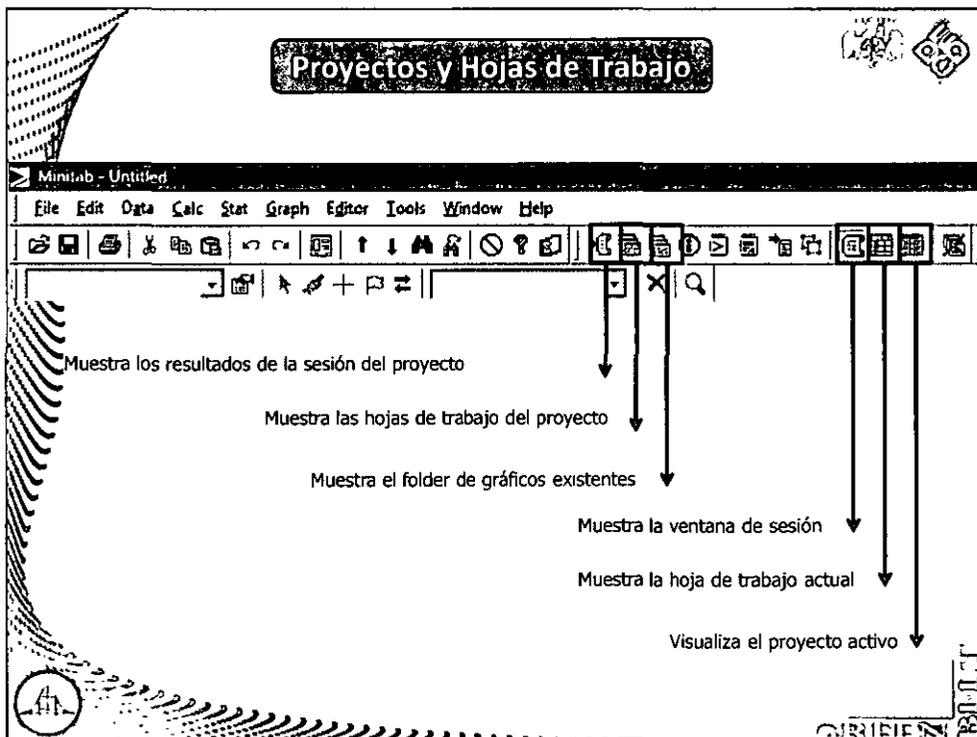
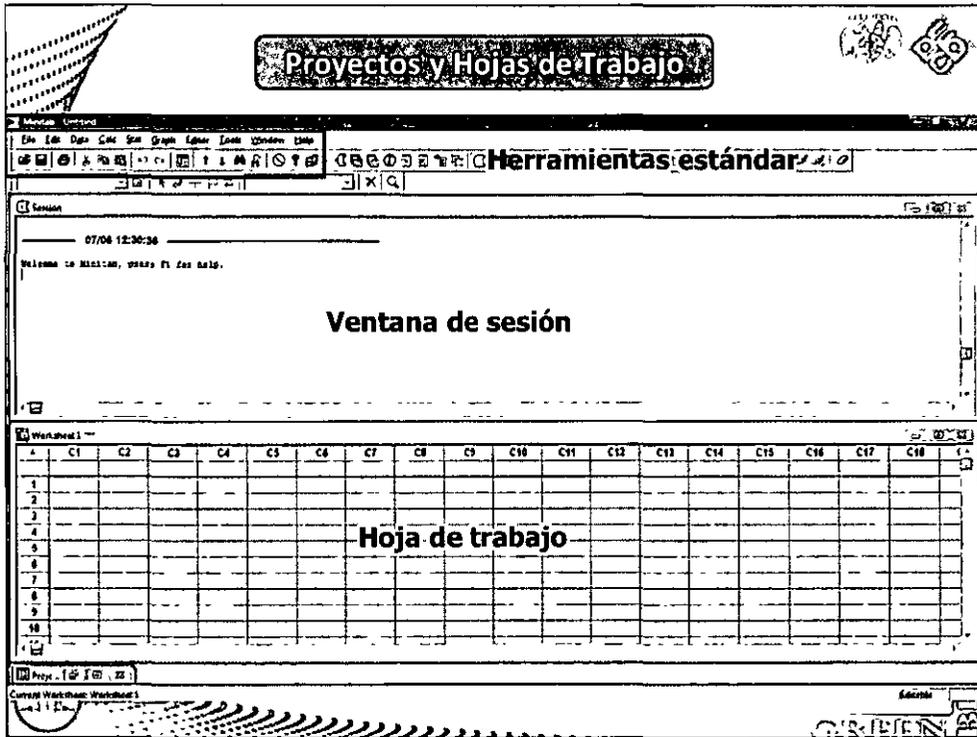
Guarda como un archivo de hoja de trabajo para conservar solo los datos.

The screenshot shows the 'File' menu with the following options:

- New... (Ctrl-N)
- Open Project... (Ctrl-O)
- Save Project... (Ctrl-S)
- Save Project As...
- Project Description...
- Open Worksheet...
- Save Current Worksheet
- Save Current Worksheet As...
- Worksheet Description...
- Close Worksheet
- Query Database (OOBC)...
- Open Graph...
- Other Files
- Save Worksheet As...
- Print Worksheets... (Ctrl-P)
- Print Setup...
- Exit

At the bottom of the menu, a list of recent files is shown:

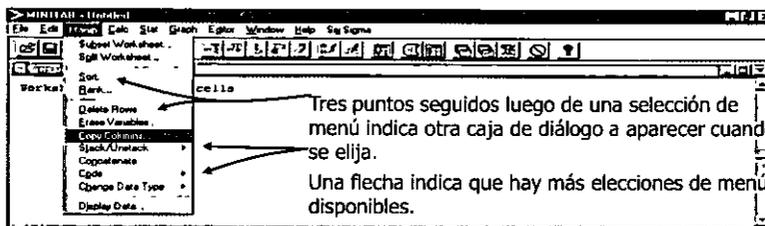
- 1 \\\MEJORANTES DESPUES.MPJ
- 2 CAUSERS\APKADIC.TMP;CALL CENTER.MPJ
- 3 \\\ANALIZAR\PUREBA T.MPJ
- 4 \\\MEDIR\MEDICION\_EXTRUDER\_AGO.MPJ





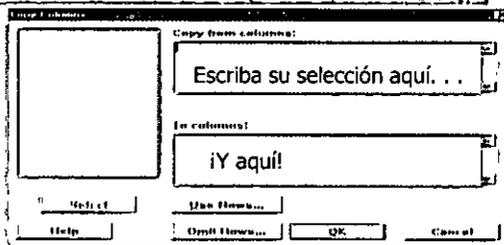
### Cajas de diálogo

La caja de diálogo es una vía de comunicación de sus requerimientos a Minitab (variables, opciones, análisis, métodos, etc...).



Tres puntos seguidos luego de una selección de menú indica otra caja de diálogo a aparecer cuando se elija.  
Una flecha indica que hay más elecciones de menú disponibles.

**Ejemplo de una caja de diálogo:**



Módulo III

“Fase - Medir”

### Tips de Minitab – Capturas de Datos

Cuando ingrese datos, hay tres aspectos importantes:

- Los datos se capturan en columnas para facilidad de análisis. (Marcando en la flecha de la esquina superior izquierda cambiará la dirección de entrada)
- Los encabezados de las columnas se escriben **arriba** de la columna, NO en el primer renglón (31 caracteres máximo)
- Si el primer carácter que se escribe en una columna es alfabético, la columna entera se declara de texto.

Flecha de dirección de entrada

Renglón de encabezado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10-T
	Clarity	Aroma	Body	Flavor	Oakiness	Quality	Region	Bottle	Case No.	
9	1.0	4.3	4.3	3.9	2.9	13.6	3	4	2	Lower Spec.
10	1.0	4.3	3.9	4.7	3.9	13.9	1	5	2	Nominal.
11					3.6					Opportunity.
12					3.6	12.3				
13	0.8	5.9	5.7	7.0	4.1	16.1	3	3	3	
14	0.7	7.7	6.6	6.7	3.7	16.1	3	4	3	
15	1.0	7.1	4.4	5.8	4.1	15.5	3	5	3	
16	0.0	5.5	5.0	5.6	4.4	15.5	3	1	1	

Columna Numérica

Columna Texto



**Vamos a Practicar...**

Un Call Center ha decidido mejorar su proceso de respuesta a clientes (tiempo de llamadas en espera "Hold"), por lo que está implementando la metodología de seis sigma, el líder del equipo es un experimentado Green Belt que los ayudará durante el desarrollo del proyecto.

Su misión es analizar las mediciones que se tienen y sugerir algunas recomendaciones.

Abrir file "call center"

**Cuál es la "Y" del proyecto?  
¿Es variable continua ó discreta?**



Módulo III

"Fase - Medir"

**Trabajo de un Green Belt**





### Estadística descriptiva

Minitab nos muestra ya sea en resumen ó en gráfico estadística descriptiva:

Stat < Basic Statistics < Graphical Summary < seleccionar variable

Módulo III

"Fase - Medir"

### Estadística descriptiva

Descriptive Statistics: HOLD

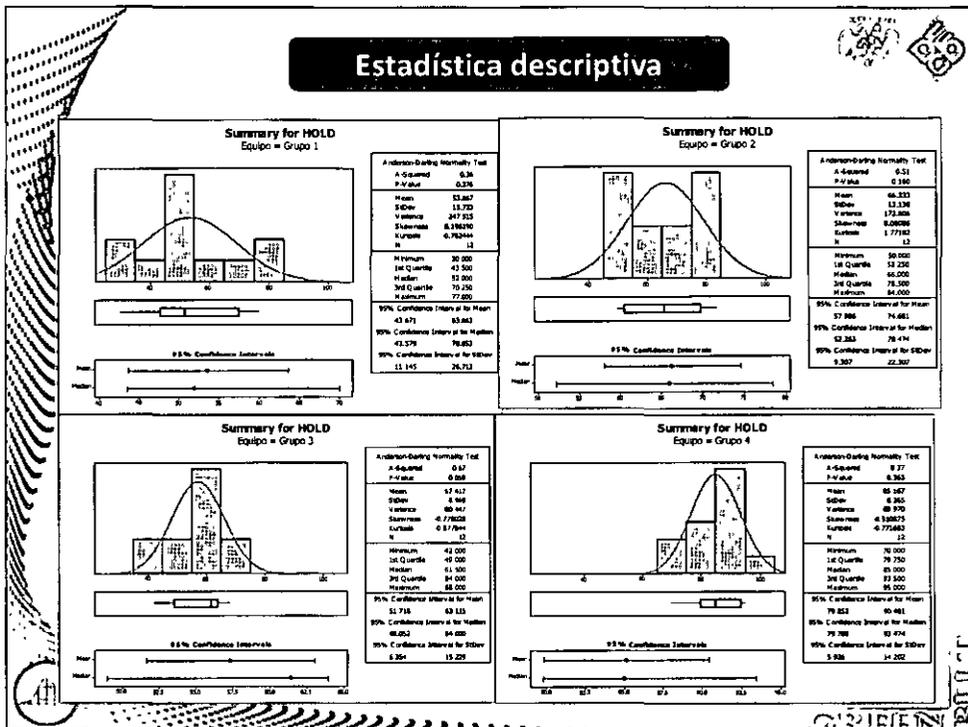
Variable	Equipo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
HOLD	Grupo 1	12	0	53.67	4.54	15.73	30.00	43.50	52.00	70.25
	Grupo 2	12	0	66.33	3.79	13.14	50.00	52.25	66.00	78.50
	Grupo 3	12	0	57.42	2.59	8.97	42.00	49.00	61.50	64.00
	Grupo 4	12	0	85.17	2.41	8.36	70.00	79.75	85.00	93.50

Variable	Equipo	Maximum
HOLD	Grupo 1	77.00
	Grupo 2	84.00
	Grupo 3	68.00
	Grupo 4	95.00



### Estadística descriptiva

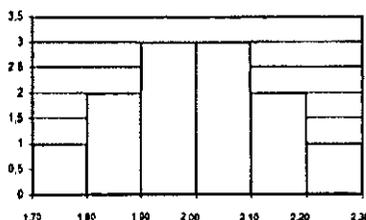


Módulo III

“Fase - Medir”

### Histograma

Un histograma es una gráfica de barras que agrupa los datos por clases. La altura de cada barra muestra cuántos valores pertenecen a cada clase. Normalmente se busca forma, centralidad y dispersión





### Creando Histogramas

Tipos de histogramas que podemos elegir

Graph < Histogram < simple < seleccionar variable

Módulo III

“Fase - Medir”

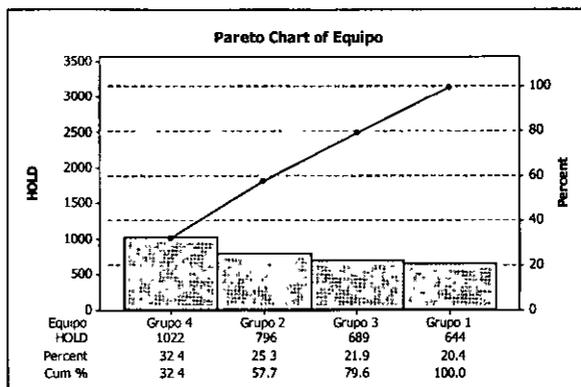
### Interpretación de Histograma

Recordar ejercicio de “Yoga”



### Gráficas de Pareto

Un Diagrama de Pareto es una gráfica de barras ordenadas de mayor a menor, de izquierda a derecha, de acuerdo con la frecuencia de ocurrencias.



Módulo III

“Fase - Medir”

Para seleccionar un gráfico de Pareto

seleccionar stat < Quality Tools < Pareto Chart < seleccionar variable a graficar

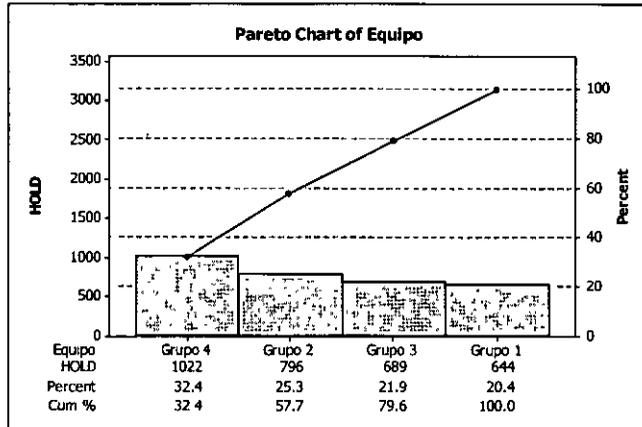
Se puede seleccionar defectos en una columna ó en una tabla

**Pareto Chart**

- Chart defects data in:
  - variable in: (optional)
  - Default (all on one graph, same ordering of bars)
  - One group per graph, same ordering of bars
  - One group per graph, independent ordering of bars
- Chart defects table:
  - Labels in:
  - Frequencies in:
- Combine remaining defects into one category after the percent.  95
- Do not combine



### Interpretación de Gráficos de Pareto



¿Qué recomendación puedes dar?

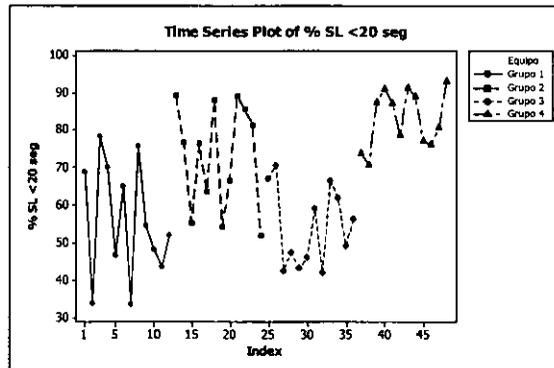
Algunas veces el gráfico no permite diferenciar entre los grupos por lo que debemos buscar otra herramienta para analizar los datos

Módulo III

“Fase - Medir”

### Gráficas de Series de tiempo

Herramienta que nos ayuda a identificar el comportamiento de una variable a lo largo del tiempo





Graph < Time Series Plot < Multiple With Groups < seleccionar variable

Módulo III

“Fase - Medir”

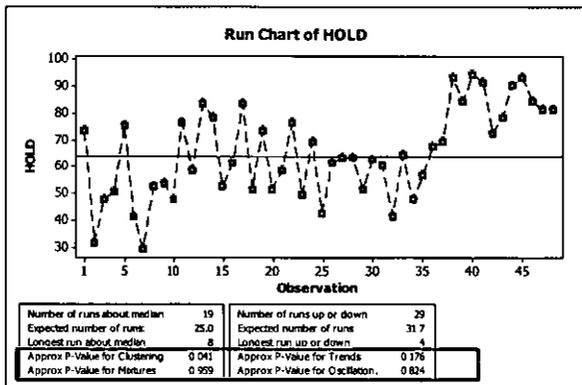
### Interpretación de la serie de tiempo

El green belt a cargo del proyecto ha solicitado diferenciar llamadas abandonadas después de 5 seg. y el tiempo de respuesta menor a 20 seg. A qué conclusión pudo haber llegado...???



### Gráficas de Series de tiempo - Run Chart

Herramienta que nos ayuda a identificar el desempeño a lo largo del tiempo de un dato (tendencias, mezclas, oscilaciones o agrupaciones)



Módulo III

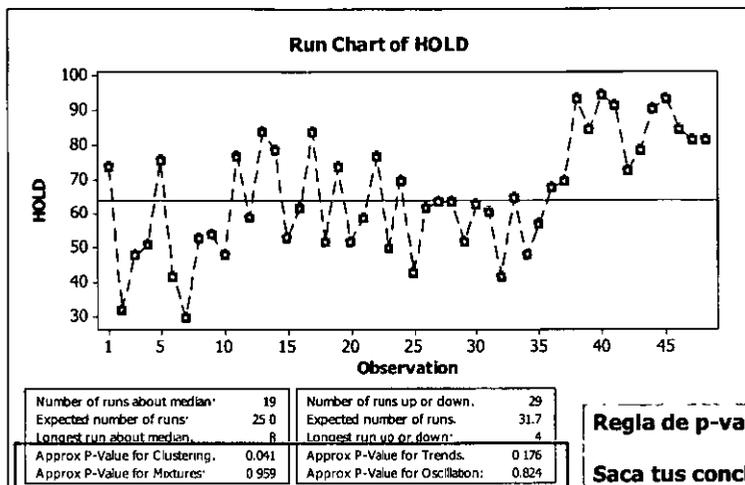
“Fase - Medir”

Para seleccionar un gráfico de series de tiempo  
 seleccionar stat < Quality Tools <  
 Run Chart < seleccionar variable a graficar

Se puede graficar media o medianas



### Interpretación del Run Chart



Regla de p-value > 0.05

Saca tus conclusiones!!!

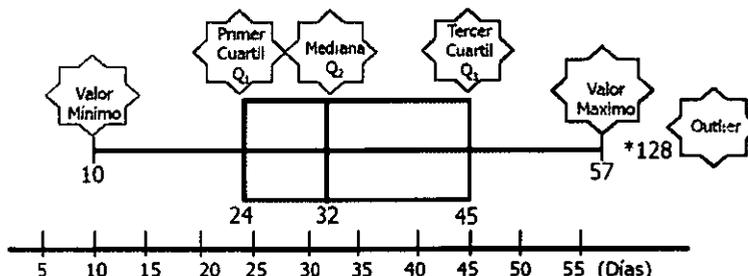
Módulo III

"Fase - Medir"

### Gráfico de Caja - Box Plot

Los box plots son gráficas que revelan:

- La Tendencia Central (mediana)
- El Esparcimiento de los Datos (rango)
- La Distribución de los Datos (los cuartiles dividen los datos en 4 partes iguales)
- La Presencia de outliers (valores de datos extremos).





Minitab - CALL CENTER.MPJ

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help

Scatterplot...  
Matrix Plot...  
Marginal Plot...  
Histogram...  
Dotplot...  
Stem-and-Leaf...  
Probability Plot...  
Empirical CDF...  
Probability Distribution Plot...  
Boxplot...  
Interval Plot...  
Factorial Plot...

Session  
Summary of HOLD  
Summary of HOLD  
Boxplot of HOLD  
Boxplot of HOLD

Call Center

4	C1-D
1	Mes
1	abr
2	may

Boxplots

One Y

Single With Groups

Multiple Ys Single With Groups

Boxplots of data in separate columns with labels

Graph < Box Plot < With Groups < seleccionar variable

Boxplot - Multiple Y's With Groups

Y-axis: HOLD

Scale Level for Graph variables

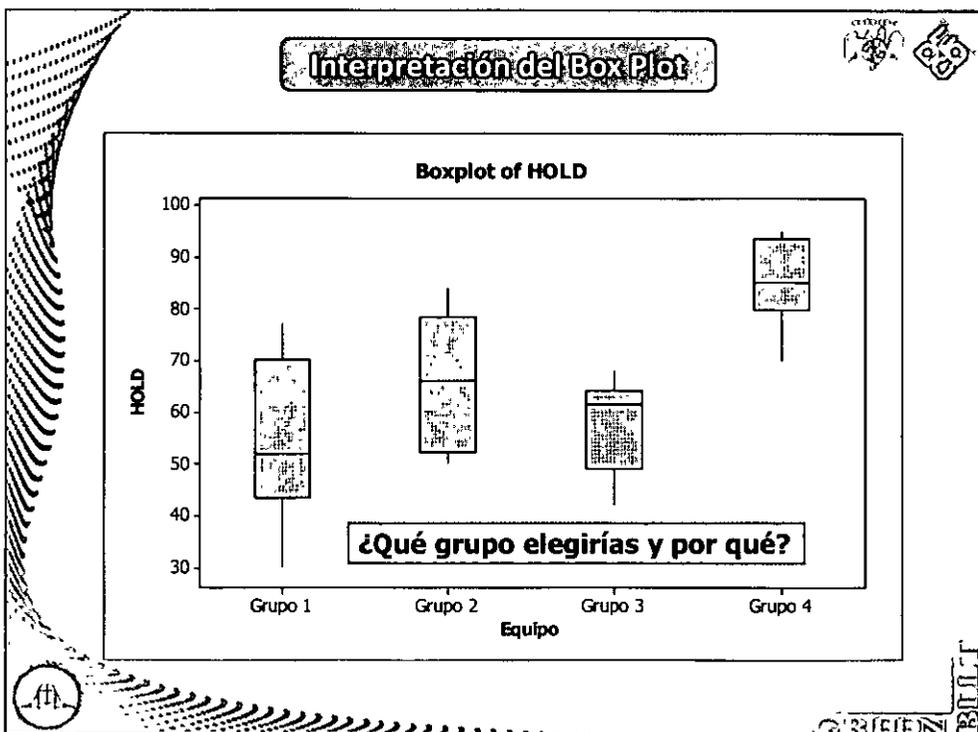
Graph variables displayed automatically on scale

Group variables displayed on scale

Seleccionar la variable y elegir segregación

Módulo III

"Fase - Medir"





**Trabajo en Grupo**

¿Con el análisis de datos qué recomendaciones se pueden obtener para el call center?

¿Si realizas el box plot para % de ocupación cambian tus conclusiones?

Módulo III

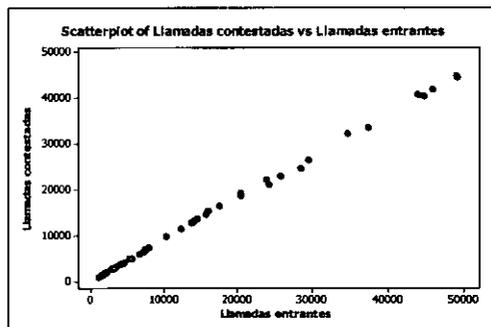
“Fase - Medir”

**Gráfico de Dispersión - Scatter Plot**

El gráfico de scatter plot nos servirá para identificar si una variable afecta el resultado de nuestra Y, normalmente se utiliza la ecuación de regresión (Simple, Múltiple) para identificar la correlación.

**$Y = a + mx$**

Donde Y es la variable dependiente  
 a = ordenada al origen (intersección con Y)  
 m = pendiente de la recta  
 x = variable independiente





Para seleccionar un gráfico de dispersión  
seleccionar graph < ScatterPlot < Simple < seleccionar variables a graficar

### Gráfico de Dispersión - Interpretación

¿Existe una correlación entre las llamadas en espera y el % de ocupación?

Scatterplot of HOLD vs % Ocupación

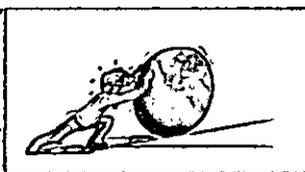


### Reflexión

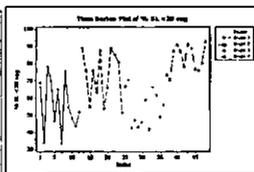
El trabajo de un Green/Black Belt no es dar evidencia estadística del problema, mucho menos mostrar los gráficos de un software.

El verdadero trabajo es utilizar los resultados de un proceso, transformarlos en variables estadísticas, interpretar los datos y finalmente dar recomendaciones de mejora a los dueños del proceso.

Problemas del día



Datos abstractos



Recomendaciones



Módulo III

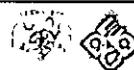
“Fase - Medir”

### Objetivo:

Al finalizar el módulo, el participante aprenderá el conocimiento de la situación actual por medio de herramientas de estadística descriptiva.

### Contenido Temático:

- I. Introducción a Estadística.
- II. Introducción al software Minitab.
- III. MEDIR (Measure).



**Medición**

CONTENIDO TEMÁTICO:

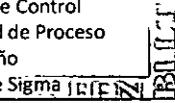
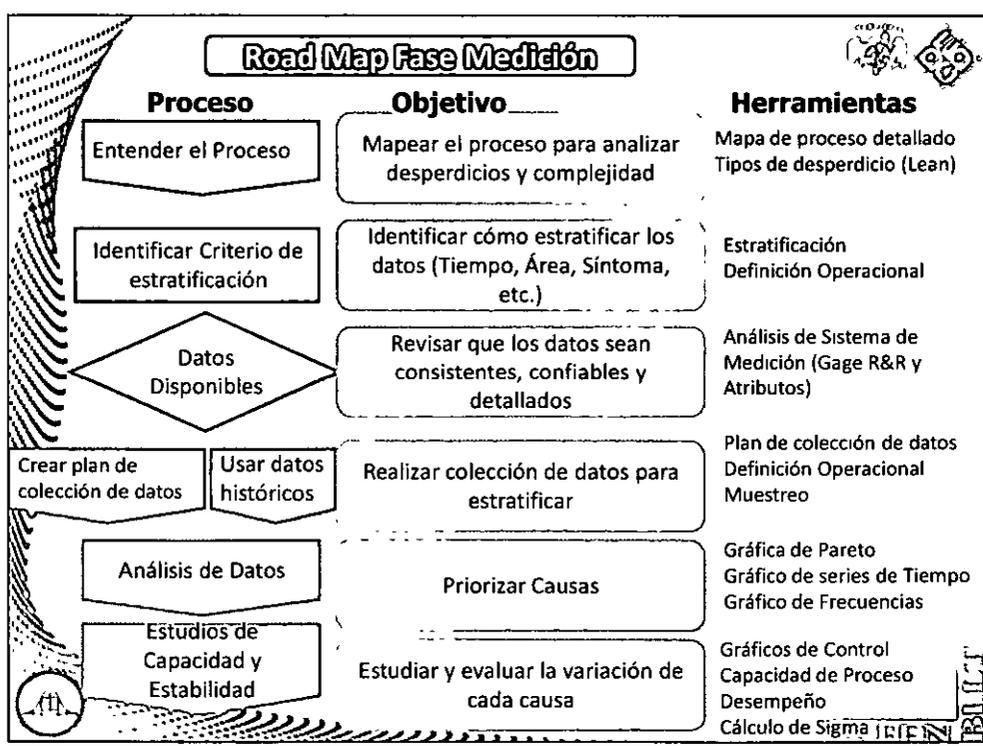
- 3. Medir (Measure).
  - 3.1 Establecimiento de la línea base.
    - 3.1.1 Mapa del proceso (primer nivel).
    - 3.1.2 Identificación de variables que influyen en el resultado.
  - 3.2 Plan de colección de datos.
    - 3.2.1 Estratificación.
    - 3.2.2 Muestreo.
  - 3.3 Análisis de Capacidad de proceso y nivel Sigma.
    - 3.3.1 Cp, Cpk, Pp y Ppk.
    - 3.3.2 dpm's, dpmo's, dpu's.
  - 3.4 Validación del sistema de medición (MSA).
  - 3.5 Sumario de la fase.
- Continuación del ejercicio integrador.
- Revisión de proyectos (2da. Etapa)



Módulo III

"Fase - Medir"

**Road Map Fase Medición**





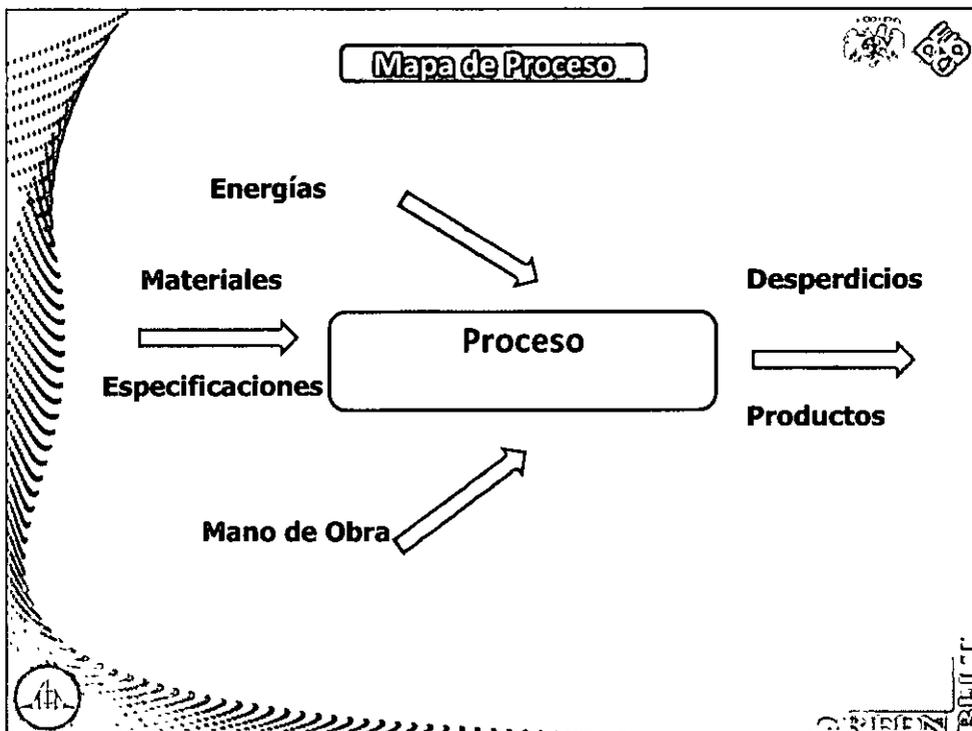
### Mapa de Proceso

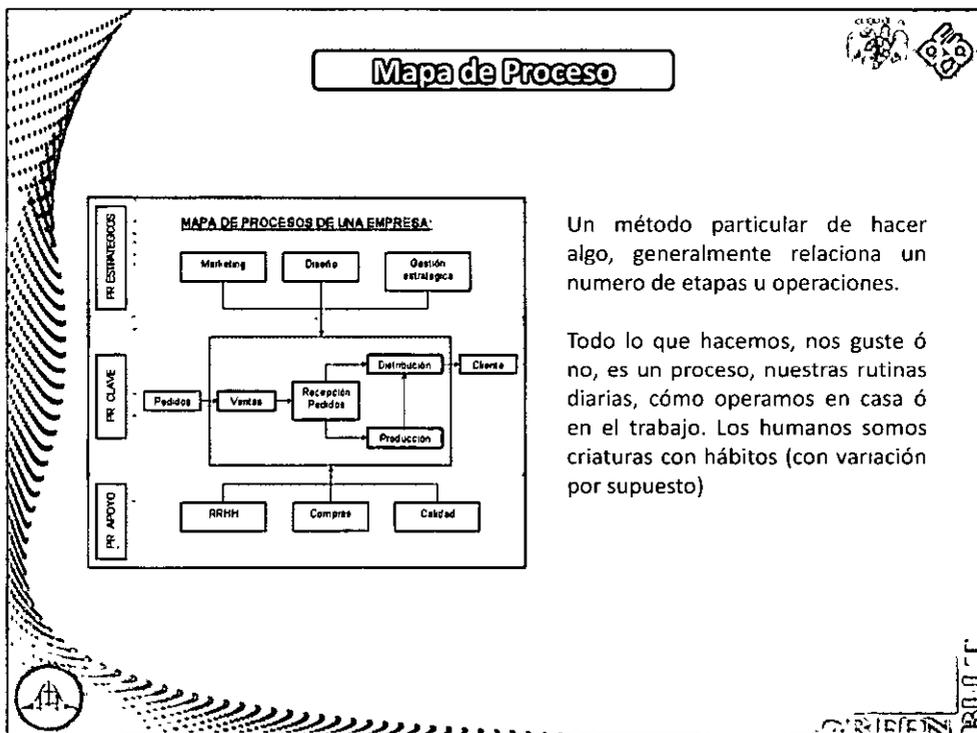
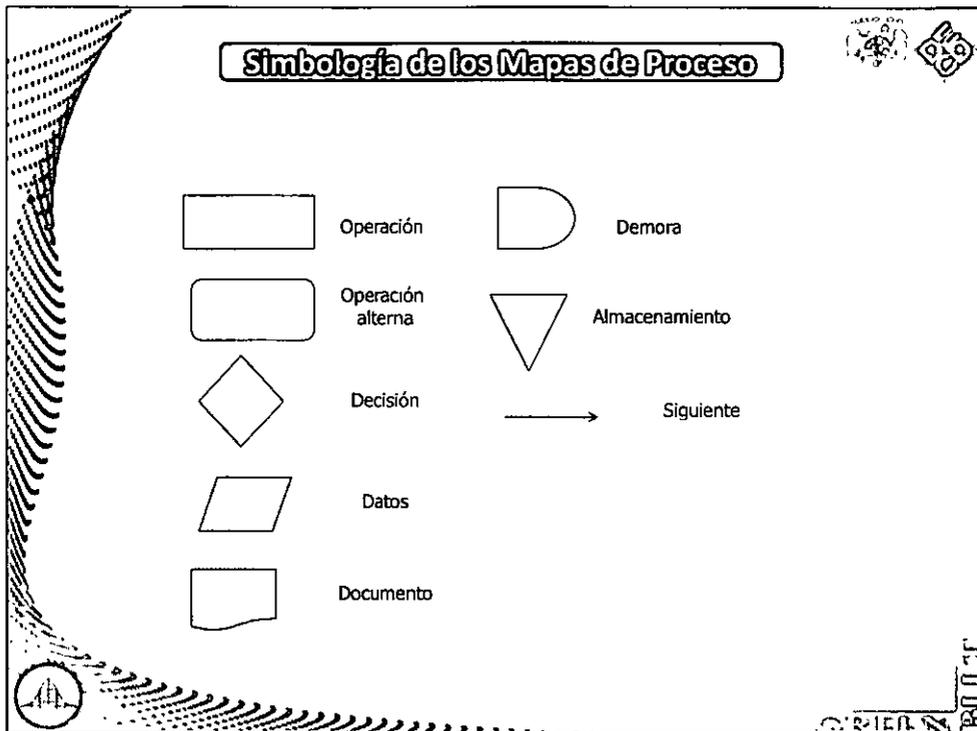
El mapa de proceso es una herramienta fundamental de seis sigma. En el cual, el proceso real se documenta.

Es de suma importancia que se realice con cuidado dado que afecta al proceso que queremos mejorar.

Se pueden considerar alternativas de mapas de proceso como son:  
Espagueti, Mapa de Cadena de Valor, entre otros.

El mapa se utilizará para observar de dónde se obtendrán los datos para establecer nuestras métricas (indicadores), para fallas y/o cuellos de botella en los procesos actuales, mostrar los sub-procesos que tienen los más altos niveles de falla, diseño de condiciones futuras ya mejoradas (en la etapa de MEJORAR).

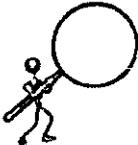









**Mapa de Proceso**

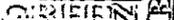


El mapa de proceso en un proyecto de seis sigma documenta el proceso en el que estamos trabajando.

Es el proceso tal y como es, no como queremos que sea ó como nos dicen que es. La acción de "Caminar el Proceso" debe tomarse en forma literal.

Se espera que el GB se convierta en miembro del proceso, investigue el proceso en el piso de manufactura, servicios, en la oficina, centro de diseño, etc. El tiempo y paciencia son críticos, así como observar los detalles que pueden causar variación en nuestros procesos.

Así mismo el GB debe vigilar los pasos del proceso o actividades que agregan valor y los que no agregan valor, todas las entradas y salidas clave del proceso, los puntos de recolección de datos, todas las salidas que necesiten medirse y hacerseles un estudio de capacidad.






**Puntos a cubrir en un Mapa de Proceso**

1. Definir el alcance (inicio y fin)
2. Documentar las tareas (incluyendo DPU, tiempo de ciclo y costo en cada paso).
3. Etiquetar cada operación con Valor Agregado (VA) ó NVA (No Valor Agregado).
4. Enlistar ambas Y's (internas y externas) en cada paso del proceso.
5. Enlistar ambas X's (internas y externas) en cada paso del proceso
6. Clasificar las X's Controlables, Procedimiento Estándar de Operación (SOP) y Ruido
7. Identificar puntos de recolección de datos.

**!!! Mientras más información puedas proporcionar, mejor será tu mapa de proceso !!!**





### ¿Quién participa en la elaboración del mapa de proceso?

1. Los interesados ó dueños del proceso
2. El equipo DMAIC
3. Todos los que intervienen en una operación / etapa
4. Proveedores
5. Clientes
6. Técnicos ó Expertos
7. ¡¡¡¡Todos aquellos que proporcionen información!!!

### Mapa de Proceso

Ejemplo: “Lo que dicen”



**Mapa de Proceso**

Ejemplo: "Lo que es"

Es de gran utilidad detallar el proceso tanto como sea posible: Tiempos, personal a utilizar, flujo, cantidades etc.

**Identificar los procesos ocultos**

GREEN BELT

**Mapa de Proceso**

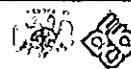
Ejemplo: "Lo que debe ser"

Una vez realizado el mapeo del proceso, una de las primeras mejoras puede ser organizar las cosas de tal manera que se obtengan unos beneficios "rápidos"

GREEN BELT



### Actividad



**Objetivo:** Crear un mapa de proceso detallado

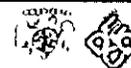
#### Instrucciones:

- \* Trabajar en equipo ó individualmente\*
- \* Usando el SIPOC desarrollado crear su Mapa de Proceso
- \* Identificar Puntos de Medición
- \* Identificar algunas oportunidades

**Tiempo:** 30 Minutos



### Resumen



- Los Mapas de Proceso se utilizan para entender cómo se realiza el trabajo
- Los Mapas de Proceso muestran visiblemente los detalles
- Bien realizados ayudan a otros a entender el proceso
- Obteniendo la información de lo que realmente pasa ayuda a:
  - Ir al lugar de los hechos y observar
  - Intervención del Staff
  - Mostrar Posibles Mejoras
- Nos ayuda para la evaluación del sistema de medición, Para evaluar la capacidad del proceso, verificar oportunidades para re-plantear los pasos que no agregan valor, estimar las métricas del proceso en cada paso de éste.





**Plan de Colección de Datos**

GREEN BELT

**Plan de Colección de Datos**

- Los datos nos ayudan a:
- Separar lo que pensamos que pasa y lo que realmente pasa
- Probar ó desaprobar teorías de lo que ocurre
- Ver el comportamiento a través del tiempo
- Medir el impacto en el proceso
- Control del Proceso
  
- Entre otras!!!

GREEN BELT



### Plan de Colección de Datos

- Características de los datos:
- Suficientes
- Relevantes
- Representativos
- Dentro del Contexto

¿Podrías mencionar algunos ejemplos de problemas?

### Establecimiento de la línea base

- Pasos para la colección de datos

Establecer  
Objetivos

Desarrollar el  
plan  
Operacional

Validar  
el MSA

Inicio de  
toma de  
datos

Mejora  
de la  
colección



**Establecimiento de la línea base**

**Establecer Objetivos**

Asegurar que los datos que vas a coleccionar (que tienes) son los que te darán las respuestas.



GREEN BELT

**Establecimiento de la línea base**

**Establecer Objetivos**

Algunas ventajas de tener datos es que el equipo no pierde el tiempo en recolectar información y pueda avanzar rápidamente en el análisis de las causas, lamentablemente cuando no estamos acostumbrados al análisis de datos, los datos que se tienen no son suficientes, no son confiables y/o no ayudan a dar respuestas a lo que buscamos

GREEN BELT



**Establecimiento de la línea base**

Establecer Objetivos → **Plan de colección de datos**

Datos (Y)		Definición Operacional y Procedimientos			
Que	Tipo de Dato (continuo ó discreto)	Cómo medirlo	Condiciones a Registrar (estratificación factores, 5Ws)	Muestras / Frecuencia	Registros
			Qué Cuál Dónde Cuándo Quién. Estratificar por:		

Módulo III

“Fase - Medir”

**Establecimiento de la línea base**

Establecer Objetivos → **Asegurar la toma de datos**

- ✓ Debe describir el problema que estamos analizando
- ✓ Detalles que ayuden a probar “hipótesis”
- ✓ Que puedan ser analizados para resolver nuestras preguntas






**Establecimiento de la línea base**

Desarrollar el  
plan  
Operacional

Asegurar que la colección de datos de una característica sea de la misma manera.

La definición operacional elimina ambigüedades y reduce variación en la medición







**Definición Operacional**

Es una descripción precisa que nos dice cómo obtener un valor de la característica que deseamos medir.

Especifica qué medir y cómo medir

Describe la manera de medir una característica






### Definición Operacional

- Debe ser **específico y concreto**
- Debe ser **Medible**
- Debe ser **útil para ti y para el cliente**



GREEN BELT

Módulo III

“Fase - Medir”

### Estratificación

Separar un conjunto de datos en diferentes grupos o categorías, de forma que los datos pertenecientes a cada muestra sean analizados de distintas maneras, con el objetivo de observar alguna diferencia entre éstos.

Algunos criterios para estratificar son:

- Tipo de defecto**
- Causas**
- Personas**
- Turnos**
- Días**
- Meses**



GREEN BELT

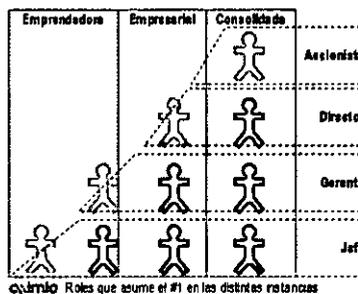
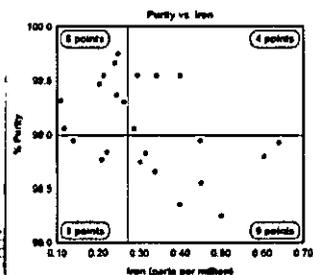


### Estratificación

Zona Urbana	Viviendas
1	2.860
2	9.393
3	14.814
4	5.123
5	1.569
<b>Total</b>	<b>33.759</b>

GRUPOS DE EDAD (AÑOS)	SEXO				TOTAL	
	Masculino		Femenino		Nº	%
Menos de 30	1	2,1	0	0,3	1	1,8
30 - 49	7	14,6	1	7,1	8	12,9
50 - 69	34	70,8	12	86,8	46	74,2
70 y más	6	12,5	1	7,1	7	11,3
<b>Total (n=62)</b>	<b>48</b>	<b>77,4</b>	<b>14</b>	<b>22,6</b>	<b>62</b>	<b>100,0</b>

Promedio de edad = 61,15 ± 9,85 años



Módulo III

“Fase - Medir”

### Muestreo

**Muestreo significa tomar solamente una parte de los datos**

Esto nos ayudará a ahorrar tiempo y dinero, a las conclusiones que se obtengan se le llama estadística inferencial.

Para que las conclusiones sean válidas, las muestras deben ser representativas:

- Los datos que tomas representan a la población (Tamaño de la muestra )
- No hay diferencias significativas entre lo que se toma y lo que no. (Calidad de la muestra)



### Tipos de Muestreo

		<p>Muestreo aleatorio, cada muestra tiene la misma posibilidad de ser escogida</p>
		<p>Muestreo estratificado, cada muestra representa una parte de cada grupo. (Éste tipo de muestreo puede ser tanto aleatorio como sistemático)</p>
		<p>Muestreo sistemático, tomar una muestra cada "X" tiempo, muestra, color, etc.</p>
		<p>Muestreo en subgrupos, tomar tres muestras cada "X" tiempo, después se calcula la media del subgrupo</p>

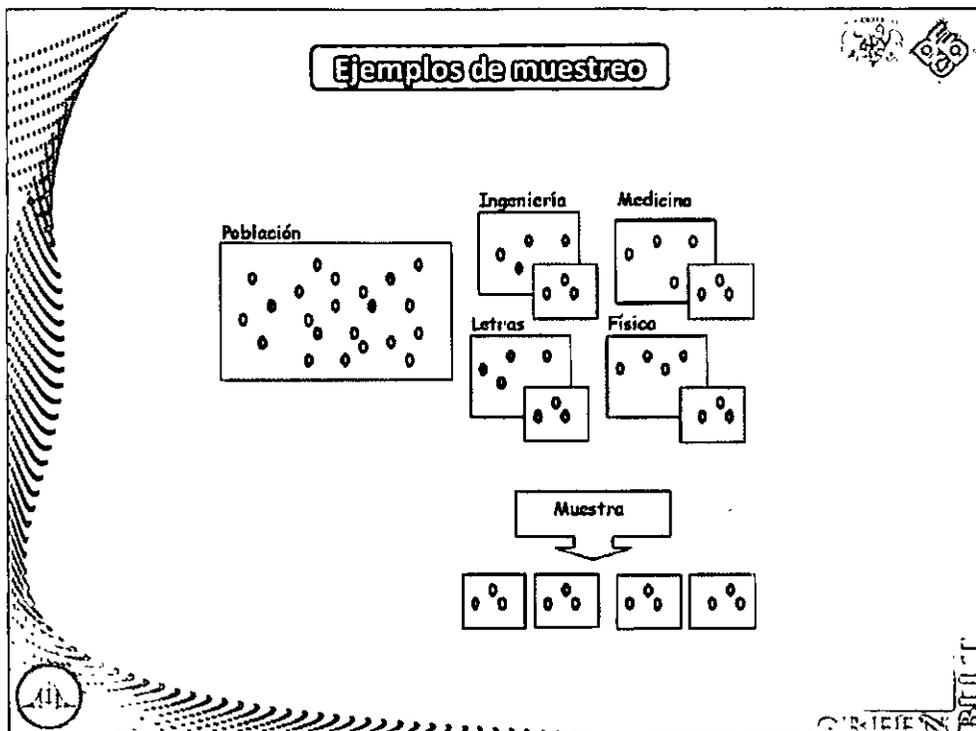
### Ejemplos de muestreo

Chart A

Chart B

Chart C

Chart D



Módulo III

"Fase - Medir"





**Muestreo**

Existen diferentes tablas que nos ayudan a determinar el número de muestras para que nuestro estudio sea confiable y representativo, ¿¿conoces algunas??:

- Militar Standard
- ANSI

**Actividad**

**Objetivo:** Desarrollar un Plan Operacional, para obtener número de defectos en una bolsa de M&M's.

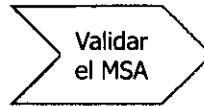
**Instrucciones:**

- \* Realiza el plan operacional de las mediciones para la bolsa de M&M's.
- \* Estratificar las causas que nos pueden ayudar a obtener algunas conclusiones.

**Tiempo:** 30 Minutos



### Establecimiento de la línea base.



Objetivo: minimizar la variación que se podría obtener en factores controlables.

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



Módulo III

“Fase - Medir”

### Análisis del Sistema de Medición (MSA).



Al evaluar la capacidad del Sistema de Medición nos estamos preguntando ¿Estamos midiendo adecuadamente la variable en estudio (Entrada ó Salida)?

**Herramientas a utilizar:**

Plan de recolección de datos

Estudio Gage R&R (Repetibilidad & Reproducibilidad)

por variables y por atributos.





### Estudios Gage R&R



**El estudio Gage R&R nos permite:**

- ✓ Determinar si el error de medición es pequeño y aceptable relativo a la variación del proceso ó especificaciones del producto.
- ✓ Determinar la confianza de la certeza de los datos.
- ✓ Obtener una adecuada resolución del Gage.
- ✓ Enfocar los esfuerzos de mejora si la variación de la medición es inaceptable.



**Módulo III**

**“Fase - Medir”**

### Definamos algunos conceptos.



**Medición:** es una estimación de un objeto.

Tratamos de medir las cosas para compararlas contra una referencia (estándar) y tomar una decisión.

Al realizar las mediciones esperamos que se acerquen lo más posible a la referencia pero no siempre es así debido a la variación.

¿puedes citar algunos ejemplos?





**Ejercicio...**



Contabiliza cuantas vocales hay en este texto...

“La utilización incorrecta de Comparaciones Múltiples lleva a los investigadores a conclusiones erróneas que se reflejan en ambos tipos de error (tipo I y tipo II). En un trabajo de Coward (1991) sobre la utilización de las pruebas de comparaciones múltiples en Estados Unidos se detectan cuatro posibles situaciones que pueden conducir a error en la aplicación de las pruebas:”



**Ejercicio...**



Contabiliza cuantas vocales hay en este texto...

“La utilización incorrecta de Comparaciones Múltiples lleva a los investigadores a conclusiones erróneas que se reflejan en ambos tipos de error (tipo I y tipo II). En un trabajo de Coward (1991) sobre la utilización de las pruebas de comparaciones múltiples en Estados Unidos se detectan cuatro posibles situaciones que pueden conducir a error en la aplicación de las pruebas:”





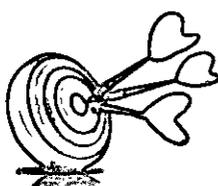
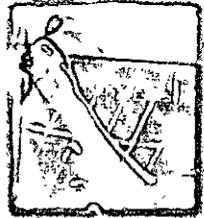
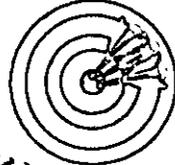
**Definamos algunos conceptos.**

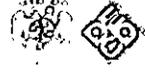
**Exactitud:** Minimizamos problemas con la exactitud calibrando el equipo. Nos comparamos contra un estándar y ajustamos según sea necesario.

**Precisión:** para problemas de precisión nos preguntamos qué tan consistentes son las mediciones de nuestro instrumento y qué tan consistentes son las mediciones de una persona y otra. (Repetibilidad y Reproducibilidad).




**Exactitud vs. Precisión**

	Exacto y Preciso	
	Sin Exactitud y No Preciso	
	Preciso mas no exacto	






**Definamos algunos conceptos.**

**Estudio Gage R&R:** Es una serie de evaluaciones para verificar la Repetibilidad y Reproducibilidad del sistema de medición.

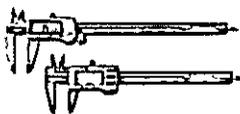
¿Cómo se lleva a cabo?

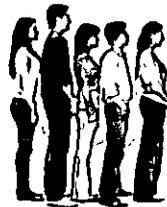
Diferentes operadores repetidamente miden el objeto que está en estudio. Los resultados nos dirán cuánta variación es atribuible al operador y al sistema de medición.





**Definamos algunos conceptos.**

**Repetibilidad.**  **Consistencia con los equipos de medición.**

**Reproducibilidad.**  **Consistencia entre personas.**





### Definamos algunos conceptos.

**Resolución:** Es la diferencia más pequeña que un instrumento de medición puede registrar (L,ml).

Es la habilidad del sistema de medición para discriminar diferencias en la medición.

¿Qué equipo tiene mejor resolución?

1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	Resolución 0.01
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	Resolución 0.1

El instrumento de medición deberá tener una resolución menor ó igual al 10% de la especificación ó variación del proceso.

Módulo III

"Fase - Medir"

### Definamos algunos conceptos.

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

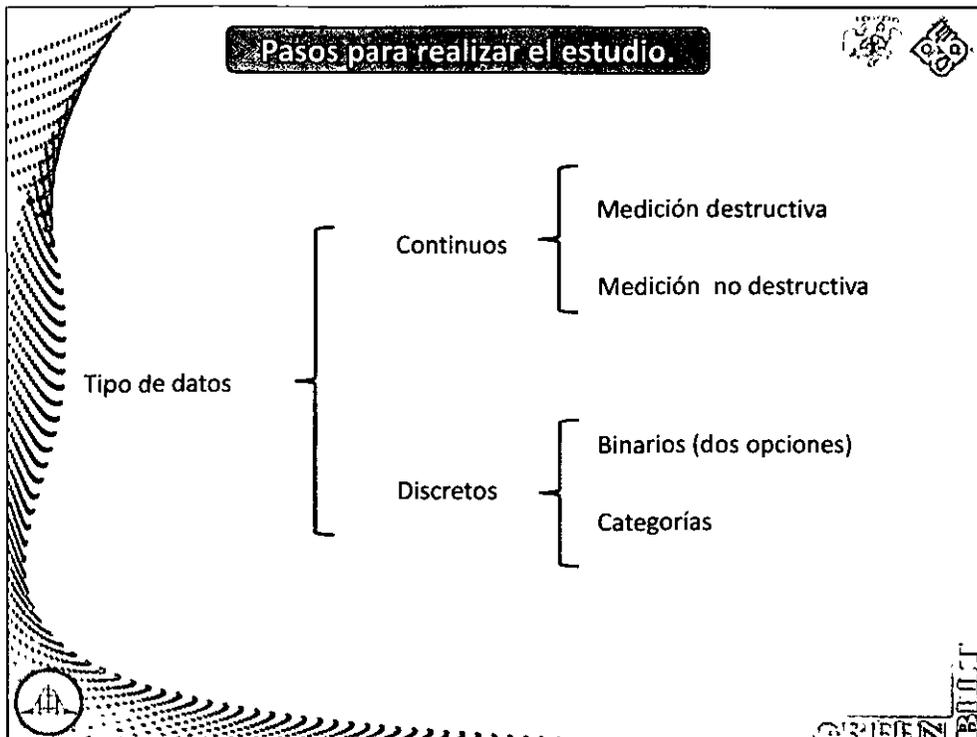
$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{parte a parte} + \sigma^2_{R \& R}$$

Donde:

$\sigma^2$ : variación

Parte a Parte: entre piezas

R&R: Estudio de Medición



Módulo III

“Fase - Medir”

**Pasos para realizar el estudio.**

**Selección de muestras.**

- Las muestras deben cubrir todo el rango de observaciones esperadas, la variación debe ser representativa.
- Para pruebas destructivas las muestras deben ser lo más homogéneas posibles.
- Para datos por atributos seleccionar piezas dentro y fuera de especificación.
- Seleccionar algunas muestras cercanas al límite de especificación.

GREEN BELT






**Pasos para realizar el estudio.**

**Recolección de Datos.**

- Asegurar que el instrumento esté calibrado y que tenga la resolución adecuada.
- Usar como mínimo dos operadores, los operadores que normalmente hacen las mediciones son los que deben desarrollar el estudio.
- Medir 10 unidades.
- Cada unidad será medida 2-3 veces por cada operador en forma aleatoria.









**Pasos para realizar el estudio.**

**Análisis de datos:**

Datos Continuos.

Método Corto: Rangos.

Anova - Medias y Rangos (X-R)

Datos Discretos.

Datos Binarios (solo dos opciones) y por categorías.






**Criterio de Validación del MSA Parte 1.**

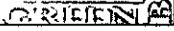


Inaceptable si es mayor de 30%

Condicional si está entre 20% y 30%

Aceptable si es menor al 20%



**Pasos para realizar el estudio.**

Método Corto: Rangos

Proporciona un estimado rápido de la variación de la medición.

Solo requiere 5 piezas y dos operadores.

Los cálculos se pueden hacer a mano.

La contribución de Repetibilidad y Reproducibilidad no pueden separarse.

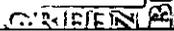
Anova - Medias y Rangos (X-R).

Muestra una mejor estimación de la variación.

La contribución de Repetibilidad y Reproducibilidad se analizan por separado

Requiere más recolección de datos.





### Gage Método Corto.

$R\&R = 5.15\sigma_{\text{gage}} / \text{Tolerancia} \times 100$

Donde:  
 $\sigma_{\text{gage}}$ : variación estimada  
 R&R: Estudio de Medición  
 Tolerancia = LSE - LIE  
 5.15 Factor de estimación del 90% de la variación.

Para especificaciones unilaterales tomar el valor de 2.33.

99%

GREEN BELT

### Gage Método Corto.

$\sigma_{\text{gage}} = R \text{ promedio} / d^*$   
 donde  $d^*$  es calculada por la tabla:

N.Partes	Operador2	Operador3	Operador4	Operador5
1	1.41	1.91	2.24	2.48
2	1.28	1.81	2.15	2.40
3	1.23	1.77	2.12	2.38
4	1.21	1.75	2.11	2.37
5	1.19	1.74	2.10	2.36
6	1.18	1.73	2.09	2.35
7	1.17	1.73	2.09	2.35
8	1.17	1.72	2.08	2.35
9	1.16	1.72	2.08	2.34
10	1.16	1.72	2.08	2.34

GREEN BELT

**Ejemplo.**

Se tiene un producto de 2 pulgadas con una tolerancia de  $\pm 0.015$  para que pueda ser ensamblado, se necesita realizar un estudio R&R para determinar si el sistema de medición es adecuado, los datos obtenidos son los siguientes:

Parte	Juan	Luis
1	2.003	2.001
2	1.998	2.003
3	2.007	2.006
4	2.001	1.998
5	1.999	2.003

Realiza el ejercicio y determina si es capaz ó no el Sistema de Medición

Módulo III

"Fase - Medir"

**Ejemplo.**

De las fórmulas anteriores tenemos:

$$R\&R = 5.15\sigma_{\text{gage}} / \text{Tolerancia} \times 100$$

$$\sigma_{\text{gage}} = R \text{ promedio} / d^* = 0.003 / 1.19 = 0.002521$$

$$R\&R = 5.15 \times 0.002521 / (2.015 - 1.985) \times 100 = 43.3\%$$



**Ejemplo en Excel.**

Parte	Juan	Luis	Rango [R]
1	2.003	2.001	0.002
2	1.998	2.003	0.005
3	2.007	2.006	0.001
4	2.001	1.998	0.003
5	1.999	2.003	0.004
		Suma	0.015
		Promedio R	0.003
$\sigma$	0.00252101		
Cte	5.15		
Especificación tolerancia	2	R&R	43.3%
LSE	0.015		
LIE	1.985		

**¿...y para pruebas destructivas?**

Escoger muestras que minimicen la variación de las porciones.

Analizar los datos igual que con muestras no destructivas (ANOVA).

Contemplar que la variación asignada a la repetibilidad incluye variación de las porciones.

**Muestra 1**

1 2 3 porciones

1 1 1

**Muestra 2**

1 2 3 porciones

2 2 2

**Muestra 2**

1 2 3 porciones

3 3 3



**Estudio Método ANOVA.**

Para la configuración del Estudio en Minitab se configura de la siguiente manera:

**Diseño del estudio:**

- 3 inspectores
- 2 intentos
- 10 muestras

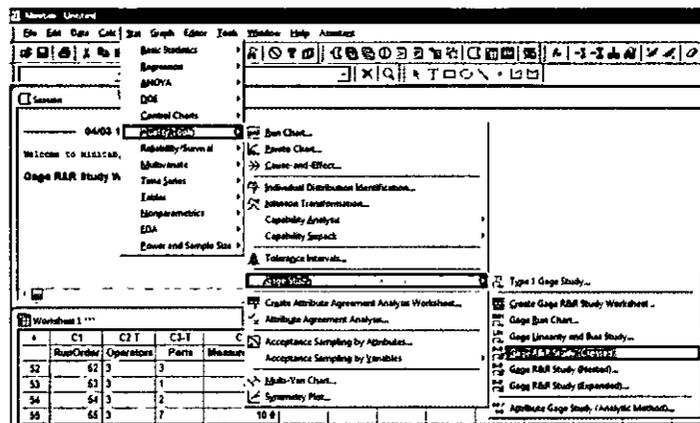
RunOrder	Operators	Parts	Measurement
1	1	9	10
2	1	10	9.8
3	1	3	9.9
4	1	4	10.1

Módulo III

“Fase - Medir”

**Estudio Método ANOVA.**

Realicemos el ejercicio con Minitab, sigue la ruta...



Stat>Quality Tools>Gage Study> Gage Study (Crossed)



### Estudio Método ANOVA.

Realicemos el ejercicio con Minitab, sigue la ruta...

Gage R&R Study (Crossed)

Part Numbers:  Gage Info...  
 Operators:  Options...  
 Measurement data:  Conf Int...  
 Storage...

Method of Analysis  
 ANOVA  
 Bar and R

OK  
Cancel

Gage R&R Study (Crossed) - ANOVA Options

Study variation:  (number of standard deviations)

Process tolerance  
 Enter at least one specification limit  
 Lower spec:   
 Upper spec:   
 Upper spec - Lower spec

Historical standard deviation:   
 Alpha to remove interaction term:

Display probabilities of misclassification  
 Do not display percent contribution  
 Do not display percent study variation  
 Draw graphs on separate graphs, one graph per page

Title:

Help OK Cancel

Llena los cuadros y selecciona método Anova, en la parte de "options" se escribe 5.15, da click en ok.

Para la especificación coloca  
 LSE: 10.4  
 LIE: 9.6

Módulo III

"Fase - Medir"

### Estudio Método ANOVA.

¿Qué nos proporciona?

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0171019	100.00
Repeatability	0.0126667	74.07
Reproducibility	0.0044352	25.93
Operators	0.0000000	0.00
Operators*Parts	0.0044352	25.93
Part-To-Part	0.0000000	0.00
Total Variation	0.0171019	100.00

Process tolerance = 0.8

¿Qué observas del % de contribución?



**Estudio Método ANOVA.**

¿Qué nos proporciona?

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
<b>Total Gage R&amp;R</b>	<b>0.130774</b>	<b>0.673486</b>	<b>100.00</b>	<b>84.19</b>
Repeatability	0.112546	0.579613	86.06	72.45
Reproducibility	0.066597	0.342976	50.93	42.87
Operators	0.000000	0.000000	0.00	0.00
Operators*Parts	0.066597	0.342976	50.93	42.87
Part-To-Part	0.000000	0.000000	0.00	0.00
Total Variation	0.130774	0.673486	100.00	84.19

Number of Distinct Categories = 4 El número de categorías debe ser 4 para una adecuada resolución.

% Study Var: Estudio de variación de la muestra, se relaciona al sistema de medición  
 % Tolerance: se relaciona para determinar la aceptación ó rechazo del producto

Módulo III

"Fase - Medir"

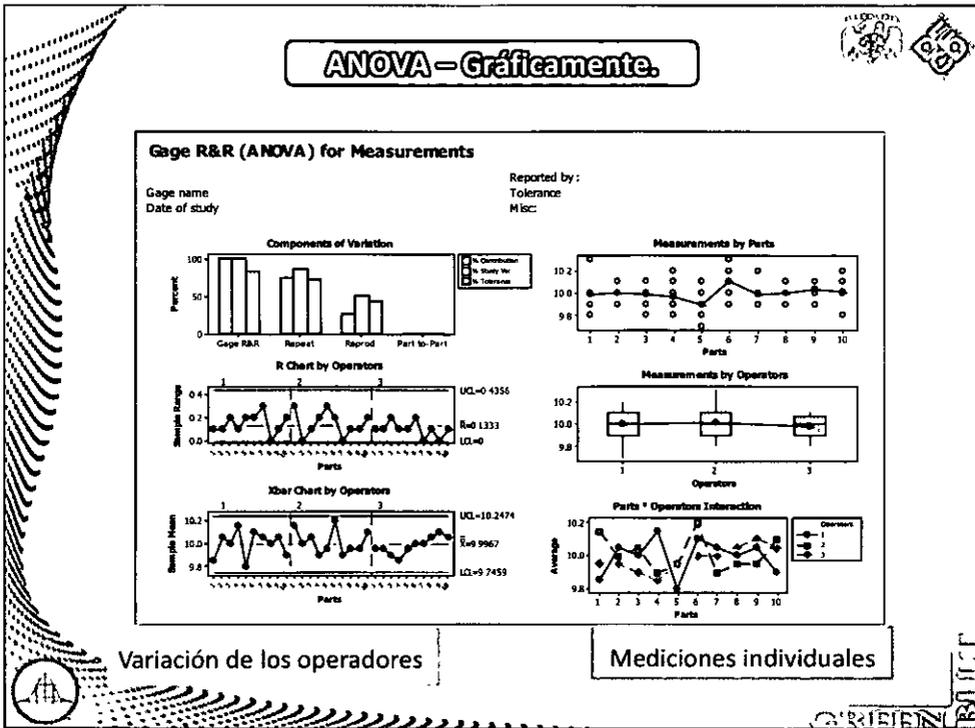
**Criterio de Validación del MSA Parte 2.**

El MSA lo validaremos por dos criterios:

1. % de tolerancia Y % de estudio de Variación Gage
2. % de Contribución

Estatus	Método1	Método2
Inaceptable	Mayor a 30%	Mayor 8%
Condicional	Entre 20% y 30%	2% al 8%
Aceptable	Menor a 20%	Menor al 8%

¿qué conclusiones obtienes?



Módulo III

"Fase - Medir"

### Estudio para datos por Atributos.

Los atributos tienen menos información que los datos variables, pero a veces es con lo único que contamos.

El problema es el mismo:

¿Puedo confiar en los datos que proporciona mi sistema de medición?

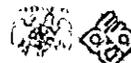


**Estudio para datos por Atributos.**

Selecciona un mínimo de 20 unidades del proceso. Estas unidades deben representar TODA la variación del proceso (buenas, erróneas y en límites).

Un inspector "Experto" realiza una evaluación de cada parte, clasificándola como "Pasa" o "No Pasa".

Cada persona evaluará las unidades, independientemente, en orden aleatorio y las definirá como "Pasa" o "No Pasa".

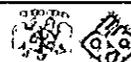



GREEN BELT

**Estudio para datos por Atributos.**

Inspector	Pieza	Clasificación	Experto
Hugo	1	P	P
Paco	1	P	P
Luis	1	P	P
Andres	1	P	P
José	1	P	P
Carlos	1	P	P
Hugo	2	P	P
Paco	2	P	P
Luis	2	NP	P
Andres	2	NP	P
José	2	P	P
Carlos	2	P	P
Hugo	3	NP	NP
Paco	3	NP	NP
Luis	3	NP	NP
Andres	3	NP	NP
José	3	NP	NP
Carlos	3	NP	NP
Hugo	4	P	P
Paco	4	P	P
Luis	4	P	P

**Diseño del estudio:**  
 6 inspectores  
 2 intentos  
 3 muestras




GREEN BELT



### Analicemos los datos en Minitab.

Realicemos el ejercicio con Minitab, sigue la ruta...

Stat>Quality

Tools>Attribute

Agreement Analysis

GREEN BELT

Módulo III

"Fase - Medir"

### Analicemos los datos en Minitab.

Realicemos el ejercicio con Minitab, sigue la ruta...

Indica la columna correcta.

Incluye la evaluación del experto.

GREEN BELT



**Estudio Método por Atributos.**

¿Qué nos proporciona?

**Within Appraisers**

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Andrés	3	2	66.67	( 9.43, 99.14)
Carlos	3	3	100.00	(36.24, 100.00)
Hugo	3	3	100.00	(36.24, 100.00)
José	3	3	100.00	(36.24, 100.00)
Luis	3	3	100.00	(36.24, 100.00)
Paco	3	3	100.00	(36.24, 100.00)

Esto indica con qué frecuencia el evaluador da la respuesta correcta consigo mismo.

**Each Appraiser vs Standard**

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Andrés	3	2	66.67	( 9.43, 99.14)
Carlos	3	3	100.00	(36.24, 100.00)
Hugo	3	3	100.00	(36.24, 100.00)
José	3	3	100.00	(36.24, 100.00)
Luis	3	2	66.67	( 9.43, 99.14)
Paco	3	3	100.00	(36.24, 100.00)

Esto indica con qué frecuencia el evaluador da la respuesta correcta con respecto al estándar.

# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

**¡¡¡Queremos el 90% ó más de acuerdos!!!**



GREEN BELT

Módulo III

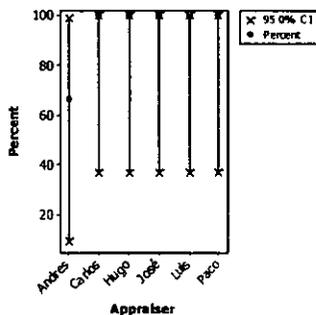
"Fase - Medir"

**Análisis Gráfico.**

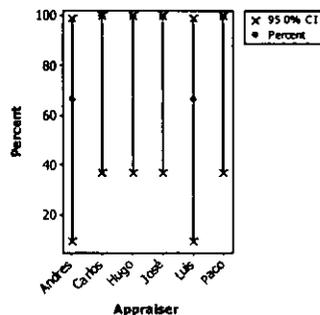
**Assessment Agreement**

Date of study:  
Reported by:  
Name of product:  
Misc:

**Within Appraisers**



**Appraiser vs Standard**



Esta Gráfica muestra el % de consistencia del evaluador consigo mismo.

Esta Gráfica muestra el % de consistencia del evaluador vs. El experto.



GREEN BELT



### Estudio para datos por Atributos.

- % del Evaluador es la consistencia de una persona.
- % Evaluador vs Atributo es el acuerdo entre la evaluación del operador y la del "experto".
- 
- % de Efectividad de Selección es el acuerdo que existe entre los operadores.
- % de Efectividad de Selección vs. el Atributo medida general de la consistencia entre los operadores y el acuerdo con el "experto".

### Estudio Método ANOVA.

¿Qué nos proporciona?

**Between Appraisers**

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
3	2	66.67	(9.43, 99.16)

# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P (va > 0)
NP	0.719421	0.0710669	10.1240	0.0000
P	0.719421	0.0710669	10.1240	0.0000

**All Appraisers vs Standard**

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
3	2	66.67	(9.43, 99.16)

# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard

Indica cuántas veces dieron la respuesta correcta.

Esto indica la efectividad de los estándares de inspección.



### Técnica Kappa

- En un estudio por atributos, los números Kappa se usan para resumir el nivel de entendimiento entre evaluadores.
- Si hay un acuerdo substancial, existe la posibilidad de que las mediciones sean exactas.
  - Si el acuerdo es malo, la utilidad de los evaluadores es muy limitado.
- Requisitos para su uso:
  - Las unidades de medición son independientes de cada una.
  - Los evaluadores inspeccionan y clasifican de forma independiente.
  - Las evaluaciones de las categorías son mutuamente excluyentes.
- Minitab calcula el valor de Kappa como parte del reporte de un gage R&R para atributos.

### Estudio Método ANOVA

¿Qué nos proporciona?

Fleiss' Kappa Statistics				
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
NP	0.719481	0.0710669	10.1240	0.0000
P	0.719481	0.0710669	10.1240	0.0000

El valor general de Kappa nos representa el acuerdo del estudio.

### Criterio de Validación del MSA Atributos.

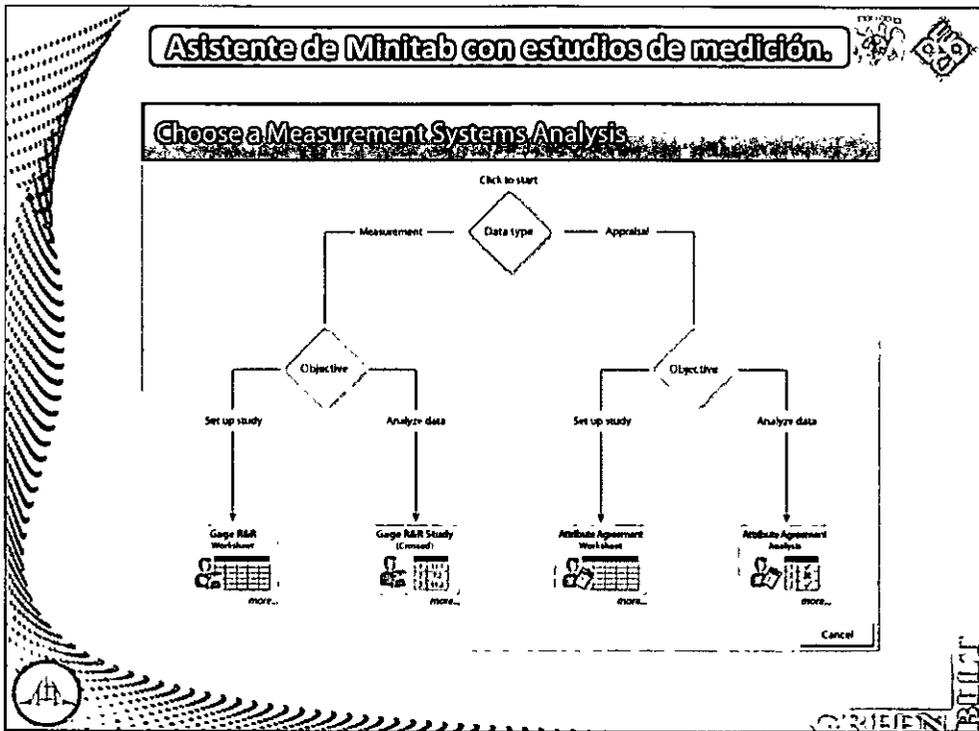
Estatus	Porcentaje
Inaceptable	Menor a 80%
Condicional	Entre 80% y 90%
Aceptable	Mayo a 90%

**Kappa se mide entre -1 y 1**

Estatus	Valor Kappa
Inaceptable	De 0 a 0.6
Condicional	Entre 0.6 a 0.7
Aceptable	Entre 0.7 a 0.8
Excelente	Mayor 0.9

### Mejorando las Mediciones por atributos.

- Multiplicar los sentidos (dispositivos para estimular los sentidos).
- Mascaras / Plantillas.
- Check Lists.
- Automatización.
- 5 S's.
- Gestión Visual.



Módulo III

"Fase - Medir"

### Establecimiento de la línea base.

Una vez validado nuestro Sistema de Medición podemos comenzar la recolección de datos, mientras más observes y realices el ejercicio tendrás mejor oportunidad en tus estudios.

Al realizar las mediciones siempre acompaña el proceso para detectar cualquier desviación.



Módulo III

**Establecimiento de la línea base.**

“Mis Ojos no ven lo que mi cerebro no conoce...”

“Fase - Medir”

**Road Map Fase Medición**

Proceso	Objetivo	Herramientas
Entender el Proceso	Mapear el proceso para analizar desperdicios y complejidad	Mapa de proceso detallado Tipos de desperdicio
Identificar Criterio de estratificación	Identificar cómo estratificar los datos (Tiempo, Área, Síntoma, etc.)	Estratificación Definición Operacional
Datos Disponibles	Revisar que los datos sean consistentes, confiables y detallados	Análisis de Sistema de Medición (Gage R&R y Atributos)
Crear plan de colección de datos Usar datos históricos	Realizar colección de datos para estratificar	Plan de colección de datos Definición Operacional Muestreo
Análisis de Datos	Priorizar Causas	Gráfica de Pareto Gráfico de series de Tiempo Gráfico de Frecuencias
Estudios de Capacidad y Estabilidad	Estudiar y evaluar la variación de cada causa	Gráficos de Control Capacidad de Proceso Desempeño Cálculo de Sigma



**Capacidad de Proceso.**

Definimos la capacidad como la habilidad de trabajar en un nivel esperado (cumplir con las especificaciones del cliente).

The diagram shows a normal distribution curve centered between two vertical dashed lines representing the Lower Specification Limit (LIE) and the Upper Specification Limit (LSE). A solid vertical line marks the center of the process. The entire width of the curve is contained within the space between the LIE and LSE lines.

Este proceso es capaz de trabajar dentro de las especificaciones.

**Capacidad de Proceso**

The diagram shows a normal distribution curve where the right tail extends beyond the Upper Specification Limit (LSE) line. The LIE and LSE lines are shown as vertical dashed lines, and the process center is marked with a solid vertical line.

¿Es capaz este proceso?  
¿Qué es lo que cambió?

La capacidad se determina comparando la variación total del proceso contra la variación aceptada por el cliente.



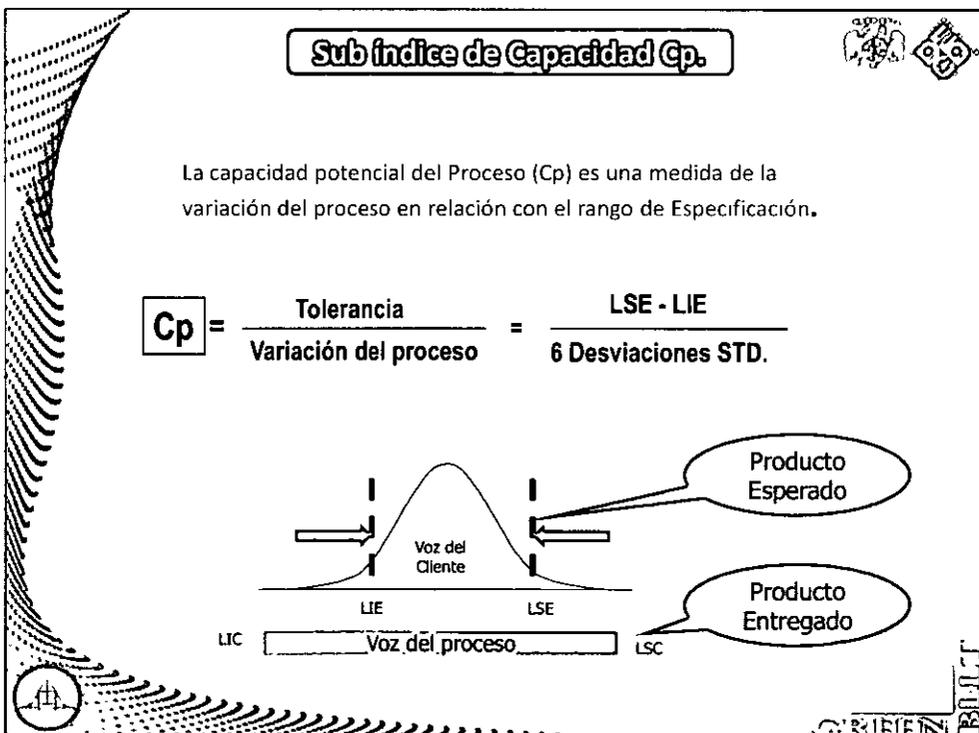
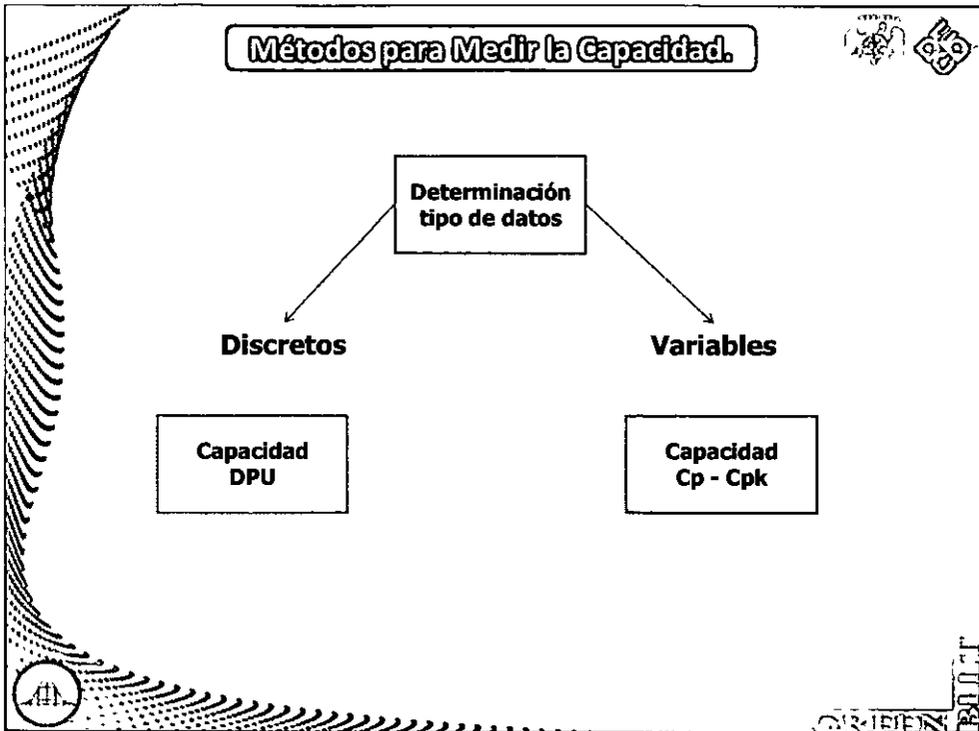
### Utilización de la Capacidad de Proceso:

La capacidad del proceso nos sirve para:

- Cuantificar la naturaleza del problema del proyecto.
- Predecir los verdaderos niveles de calidad.
- Para estimar el nivel sigma inicial del proceso.

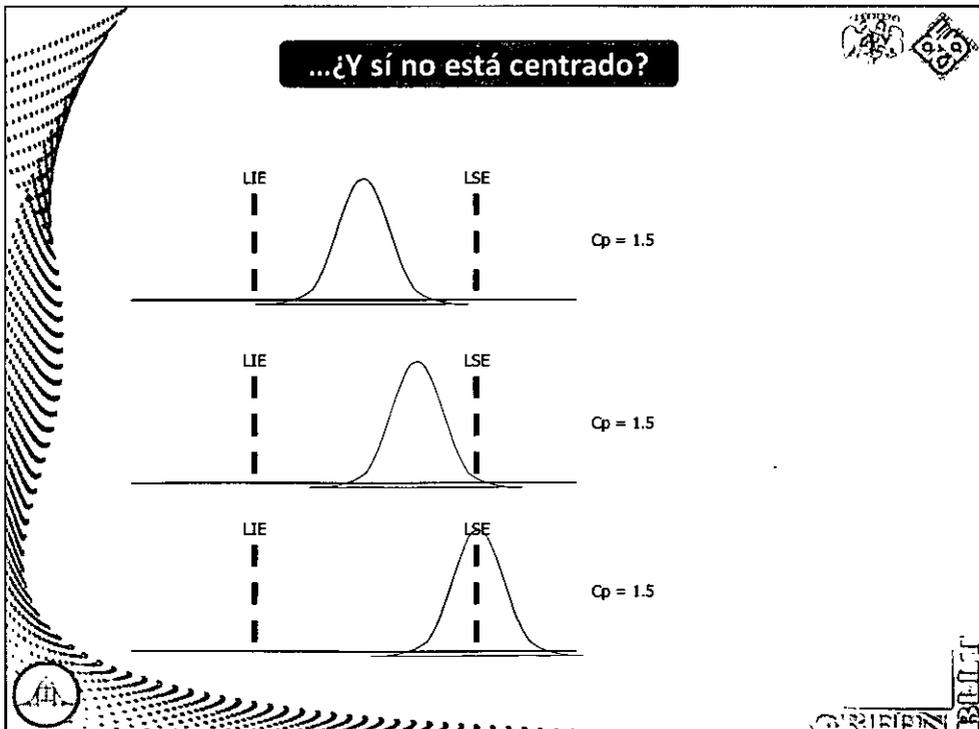
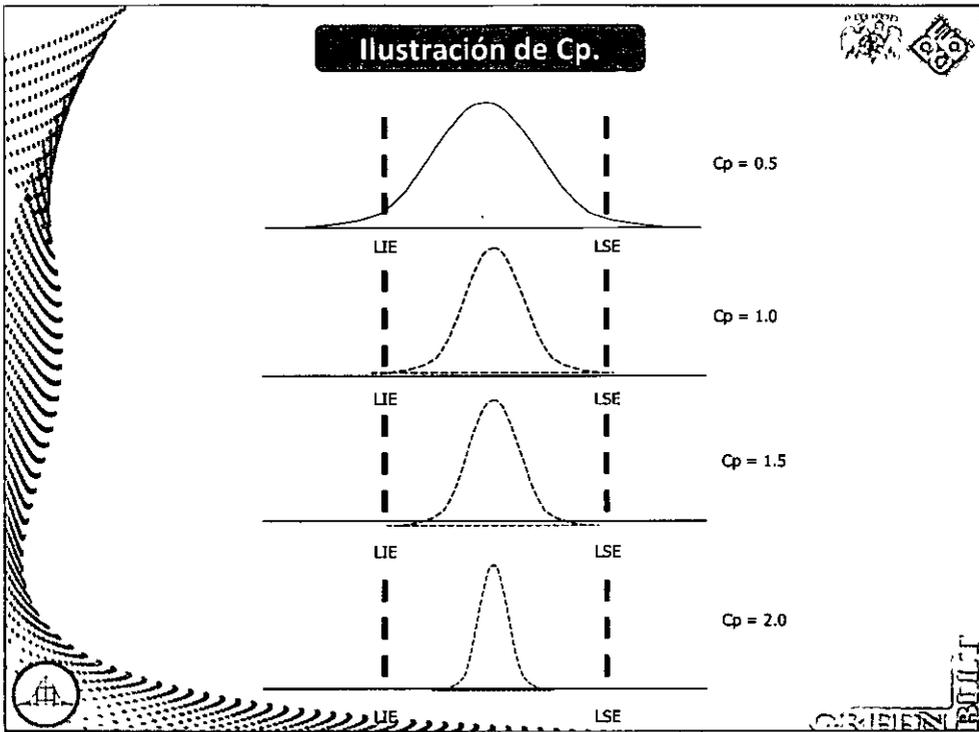
### Capacidad de Proceso – Estrategia.

1. “Dispersión” – Reducir la variación del proceso.
2. “Centrado” – Poner el proceso en el objetivo.





Módulo III



“Fase - Medir”



**Sub índice de Capacidad Cpk.**

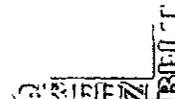
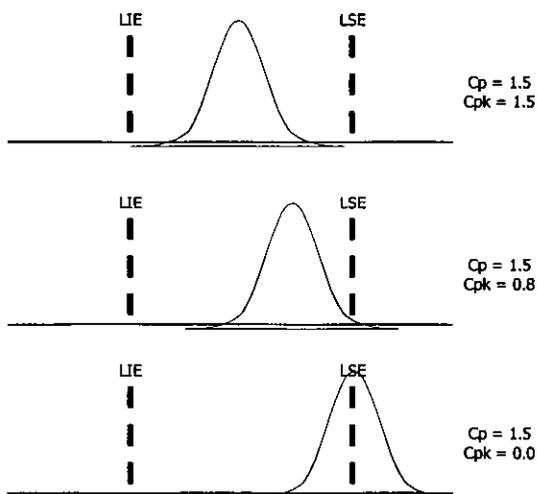
Cpk es una medida de la capacidad real del proceso en función de la posición de la media del proceso (X) en relación con los límites de especificación. Con límites bilaterales da una indicación del centrado. Es el menor de:

$$Cpk = \frac{LSE - \text{promedio del proceso}}{3 \text{ desviaciones STD}} \text{ y } \frac{\text{Promedio del proceso} - LIE}{3 \text{ desviaciones STD}}$$

Este indicador penaliza si estás fuera del objetivo.



**Comparando Cp y Cpk.**





### Capacidad de Proceso.

¿Cuándo podemos decir que nuestro proceso es capaz?

$Cpk < 1.0$  (menor)

$1 \leq Cpk < 1.66$  (mayor ó igual y menor)

$Cpk \geq 1.66$  (mayor ó igual que)

GREEN BELT

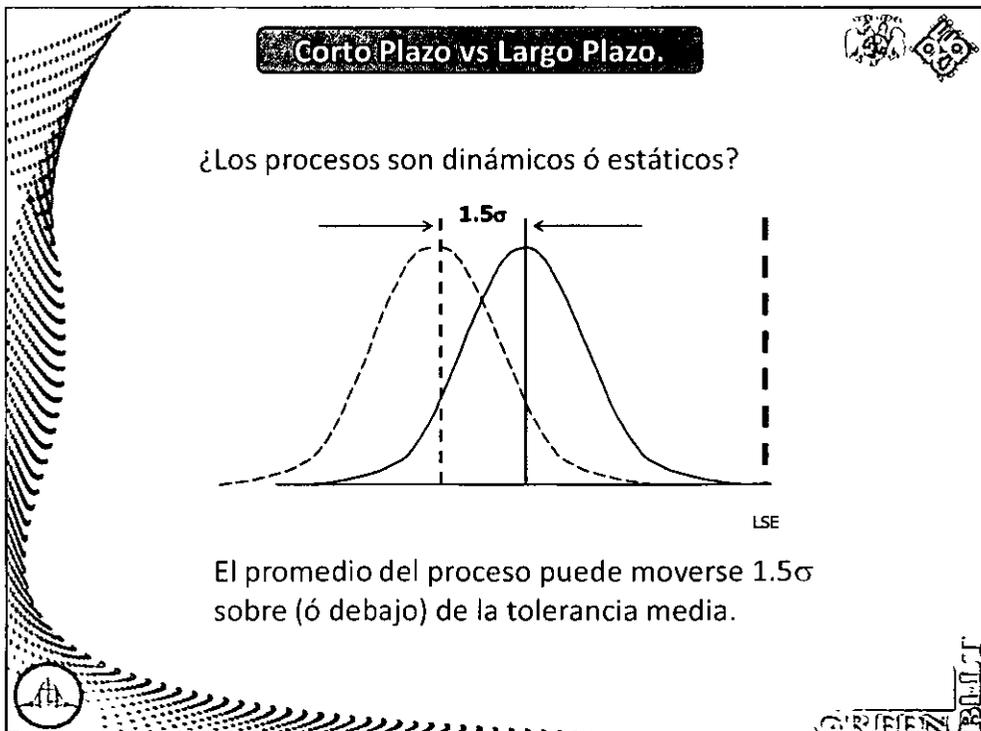
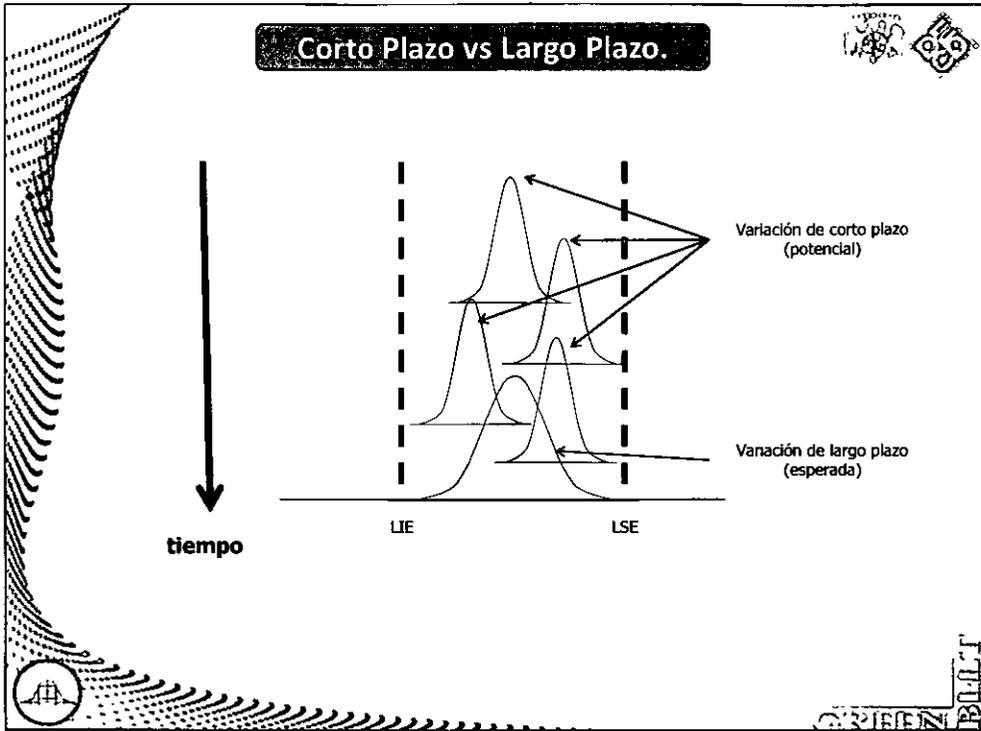
### Corto Plazo vs Largo Plazo.

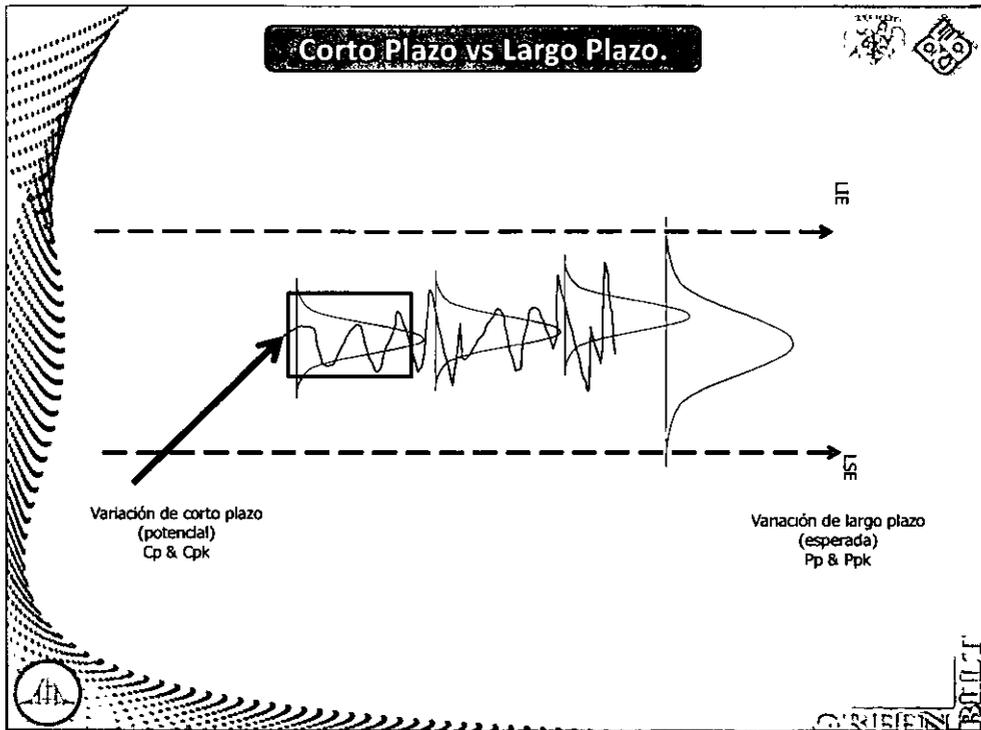
Pensemos en esto: imagina el inicio de una línea de producción, herramientas nuevas y calibradas, operadores entrenados, proveedores certificados y entregando a un buen nivel de calidad.

¿Cómo esperas que funcione este proceso?

¿Se podrá mantener el proceso siempre?

GREEN BELT





### Índices de Habilidad Real y Potencial.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>Índices de Habilidad de Corto Plazo (Short Term)</b> </div> <p> <math>C_p = (LSE - LIE) / 6 \sigma \text{ corto plazo}</math>  <math>C_{pk} = Z = \frac{LE - X}{3 \sigma_{st}} \text{ o } C_{pk} = \text{menor }  Z_1, Z_2  / 3</math> </p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>Índices de Habilidad de Largo Plazo (Long Term)</b> </div> <p> <math>P_p = (LSE - LIE) / 6 \sigma \text{ largo plazo}</math>  <math>P_{pk} = Z = \frac{LE - X}{3 \sigma_{lt}} \text{ o } P_{pk} = \text{menor }  Z_1, Z_2  / 3</math> </p>
---	--



### La Distribución Normal.

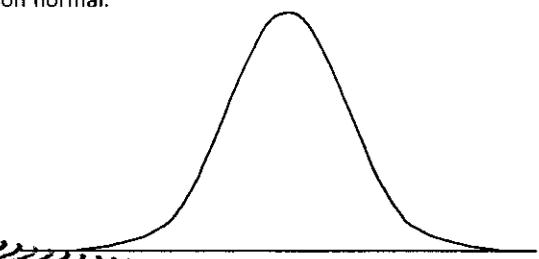
La distribución normal es una distribución de probabilidad que tiene media 0 y desviación estándar de 1.

El área bajo la curva o la probabilidad desde menos infinito a más infinito vale 1.

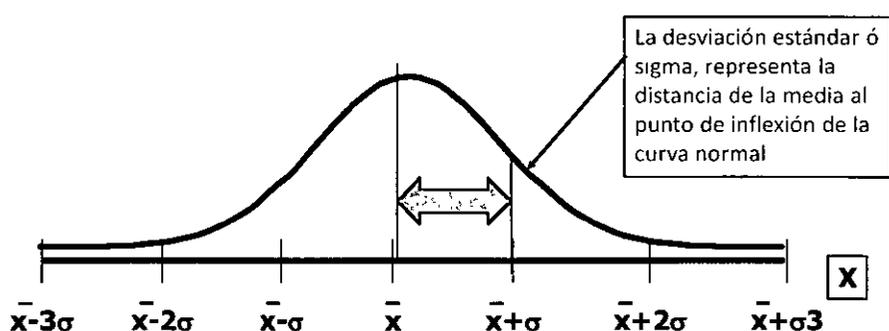
La distribución normal es simétrica, es decir cada mitad de curva tiene un área de 0.5.

La escala horizontal de la curva se mide en desviaciones estándar, su número se describe con Z.

Para cada valor Z se asigna una probabilidad o área bajo la curva mostrada en la Tabla de distribución normal.



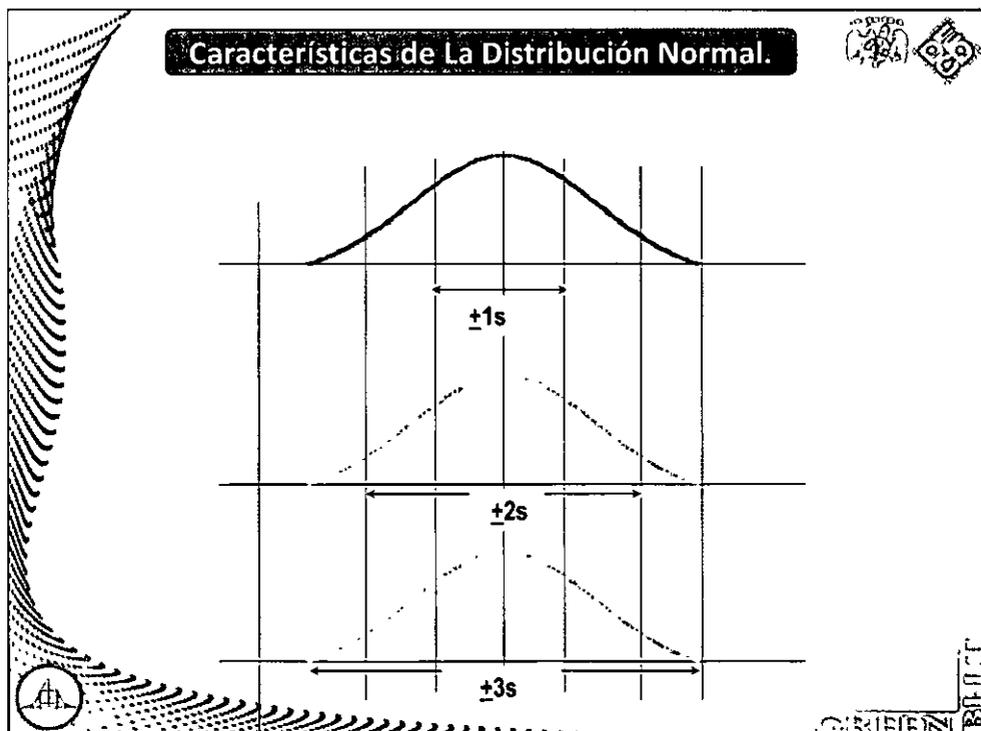
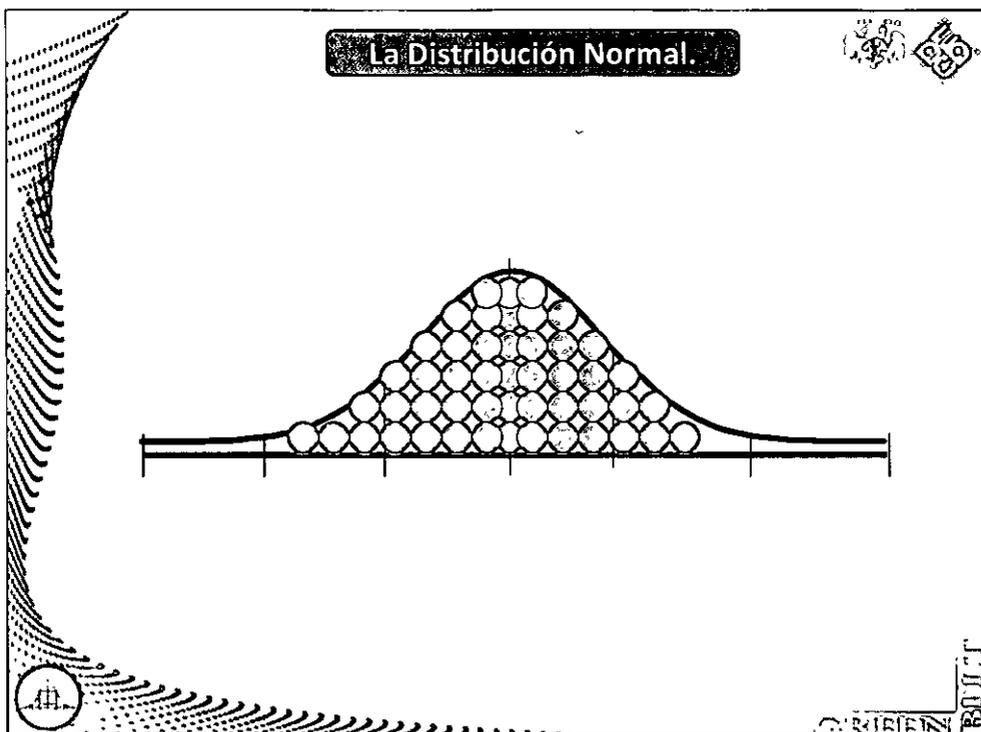
### La Distribución Normal.



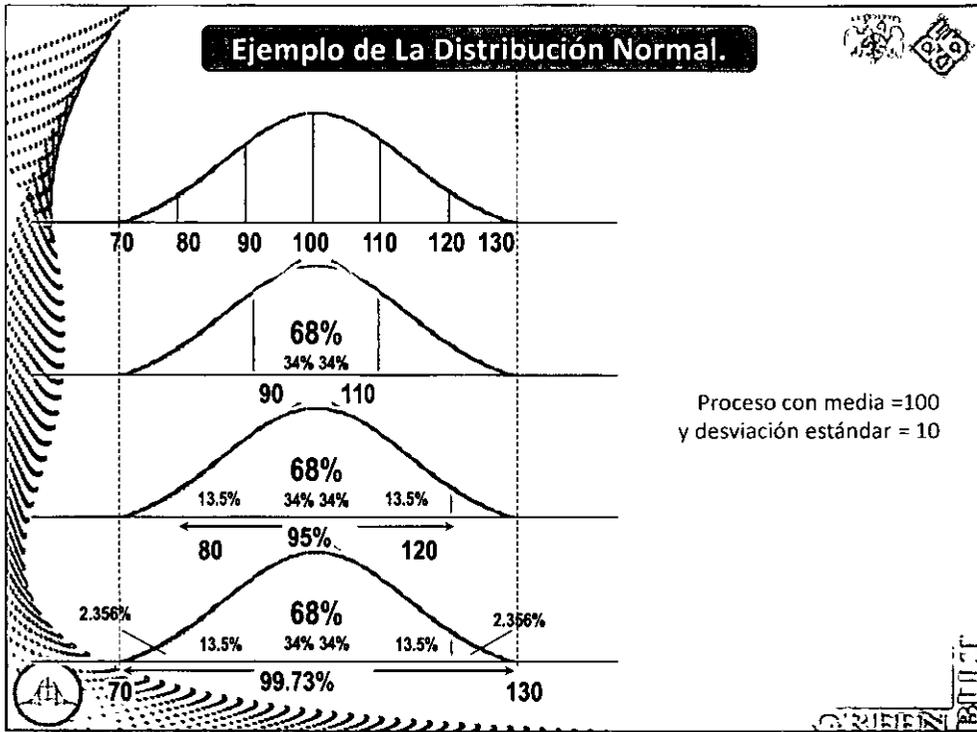
**X-Barra = Promedio**  
**σ = desviación estándar**



Módulo III



“Fase - Medir”



### El Valor de Z.

Determina el número de desviaciones estándar entre algún valor  $x$  y la media de la población  $\mu$ , Donde sigma es la desviación estándar de la población.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$



**El Valor de Z como medida de capacidad.**

La distancia entre un dato " X " y la media de una distribución en unidades de desviación estándar se denomina Z.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Diagram illustrating a normal distribution curve with mean  $\mu$  and standard deviation  $\sigma$ . A data point  $X$  is shown to the right of the mean. The area under the curve to the left of  $X$  is labeled "Área de Rendimiento". The area to the right of  $X$  is labeled "Probabilidad de Defecto". A vertical line marks the "Limite de Rendimiento".

**El Valor de Z como medida de capacidad.**

Diagram illustrating two normal distribution curves. The top curve shows a process with  $Z = 6$  and a capacity of  $\pm 6\sigma$ . The bottom curve shows a process with  $Z = 3$  and a capacity of  $\pm 3\sigma$ . Both curves show standard deviation intervals ( $1\sigma$  to  $6\sigma$ ) and a Limit of Specification (LSE).

Conforme disminuye la variación, disminuye la probabilidad de un defecto para un límite de especificación dado, de tal manera que la capacidad aumenta.



### El Valor de Z como medida de capacidad.

**\*\* Área bajo la curva = 1, el objetivo es 0 \*\***

Supongamos que calculamos la desviación normal estándar para un límite de rendimiento dado y encontramos que  $Z = 2.76$ . La pregunta sería, "¿Qué porción del área total, bajo la curva normal, se extiende más allá de un valor Z de 2.76?" Al contestar esta pregunta tendremos la probabilidad de producir un defecto. Recuerda que el valor Z es una medida de la capacidad de proceso y con frecuencia se le llama "la sigma del proceso", esto no debe confundirse con la desviación estándar del proceso.

**Z = 2.76**

La tabla lista el área de la cola hacia la derecha de Z.

Z	Área	Z	Área	Z	Área
0.00	0.50000000	1.00	0.24203818	2.00	0.05399438
0.01	0.50398942	1.01	0.24082094	2.01	0.05309033
0.02	0.50796832	1.02	0.23960370	2.02	0.05218628
0.03	0.51194723	1.03	0.23838646	2.03	0.05128223
0.04	0.51592613	1.04	0.23716922	2.04	0.05037818
0.05	0.51990504	1.05	0.23595198	2.05	0.04947413
0.06	0.52388394	1.06	0.23473474	2.06	0.04857008
0.07	0.52786285	1.07	0.23351750	2.07	0.04766603
0.08	0.53184175	1.08	0.23230026	2.08	0.04676198
0.09	0.53582066	1.09	0.23108302	2.09	0.04585793
0.10	0.53979956	1.10	0.22986578	2.10	0.04495388
0.11	0.54377847	1.11	0.22864854	2.11	0.04404983
0.12	0.54775737	1.12	0.22743130	2.12	0.04314578
0.13	0.55173628	1.13	0.22621406	2.13	0.04224173
0.14	0.55571518	1.14	0.22500000	2.14	0.04133768
0.15	0.55969409	1.15	0.22378500	2.15	0.04043363
0.16	0.56367300	1.16	0.22257000	2.16	0.03952958
0.17	0.56765190	1.17	0.22135500	2.17	0.03862553
0.18	0.57163081	1.18	0.22014000	2.18	0.03772148
0.19	0.57560972	1.19	0.21892500	2.19	0.03681743
0.20	0.57958862	1.20	0.21771000	2.20	0.03591338
0.21	0.58356753	1.21	0.21649500	2.21	0.03500933
0.22	0.58754644	1.22	0.21528000	2.22	0.03410528
0.23	0.59152534	1.23	0.21406500	2.23	0.03320123
0.24	0.59550425	1.24	0.21285000	2.24	0.03229718
0.25	0.59948316	1.25	0.21163500	2.25	0.03139313
0.26	0.60346206	1.26	0.21042000	2.26	0.03048908
0.27	0.60744097	1.27	0.20920500	2.27	0.02958503
0.28	0.61141988	1.28	0.20799000	2.28	0.02868098
0.29	0.61539878	1.29	0.20677500	2.29	0.02777693
0.30	0.61937769	1.30	0.20556000	2.30	0.02687288
0.31	0.62335660	1.31	0.20434500	2.31	0.02596883
0.32	0.62733550	1.32	0.20313000	2.32	0.02506478
0.33	0.63131441	1.33	0.20191500	2.33	0.02416073
0.34	0.63529332	1.34	0.20070000	2.34	0.02325668
0.35	0.63927222	1.35	0.19948500	2.35	0.02235263
0.36	0.64325113	1.36	0.19827000	2.36	0.02144858
0.37	0.64723004	1.37	0.19705500	2.37	0.02054453
0.38	0.65120894	1.38	0.19584000	2.38	0.01964048
0.39	0.65518785	1.39	0.19462500	2.39	0.01873643
0.40	0.65916676	1.40	0.19341000	2.40	0.01783238
0.41	0.66314566	1.41	0.19219500	2.41	0.01692833
0.42	0.66712457	1.42	0.19098000	2.42	0.01602428
0.43	0.67110348	1.43	0.18976500	2.43	0.01512023
0.44	0.67508238	1.44	0.18855000	2.44	0.01421618
0.45	0.67906129	1.45	0.18733500	2.45	0.01331213
0.46	0.68304020	1.46	0.18612000	2.46	0.01240808
0.47	0.68701910	1.47	0.18490500	2.47	0.01150403
0.48	0.69099801	1.48	0.18369000	2.48	0.01060000
0.49	0.69497692	1.49	0.18247500	2.49	0.00969595
0.50	0.69895582	1.50	0.18126000	2.50	0.00879190

Módulo III

"Fase - Medir"

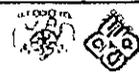
### En Excel

	Z	Z
	2.79	2.67
	P	P
DISTR.NORM.ESTAND	0.997364598	0.99620744
DISTR.NORM.ESTAND.INV	-2.79	-2.67

En Excel podemos calcular la probabilidad sin tablas, sólo debemos capturar los datos adecuadamente...



## Conclusiones – Capacidad.



Definir la nueva capacidad del proceso, crea la base para un nuevo estándar para análisis futuros.

Comparar capacidades (antes vs. después) es una medición muy objetiva de éxito de las compañías de clase mundial. Mientras mayor sean los sigmas, menos defectos tendremos y como consecuencia, menor costo.



Módulo III

“Fase - Medir”

## ... ¿y si tenemos datos discretos?



Si tenemos datos por atributos (discretos) la pregunta es qué tan capaz es el proceso de no generar defectos, necesitamos definir algunos conceptos...

Unidad : Facturas, llamadas, envíos, piezas.

Defecto: Cualquiera que no cumple los requerimientos del cliente.

DPU: Usado para medir el resultado de cuantificar defectos particulares por unidad inspeccionada.

**Total de Defectos**

**Total de Unidades**





### ejemplo

Al recibir 70 facturas se encontró que 7 tenían al menos un defecto, ¿cuál es su DPU?

$$\frac{\text{Total de Defectos}}{\text{Total de Unidades}} = \frac{7}{70} = 0.10$$

¿... y si tenemos varios defectos en una factura?



### Definamos algunos conceptos.

Una unidad *defectiva* es una unidad que tiene un *defecto*.

Puede haber varios *defectos* en una unidad *defectiva*.

La unidad defectiva es el resultado de los defectos, entonces:

Debemos enfocarnos en los defectos

Trabajar en los defectivos normalmente nos lleva a retrabajos.

#### Ejemplo:

**Una factura tiene 10 líneas potenciales de defectos, pero se contabiliza como un defectivo.**



**Del ejemplo anterior...**

Al recibir 70 facturas se encontró que 7 tenían al menos un defecto, ¿cuál es su DPU?

$$\frac{\text{Total de Defectos}}{\text{Total de Unidades}} = \frac{7}{70} = 0.10 = \text{DPU}$$

Como se tienen 10 posibles defectos.

$$\frac{\text{DPU}}{\text{Número de Oportunidades}} = \frac{0.10}{10} \times 1,000,000 = 10,000 = \text{DPMO}$$

**A esta unidad se le llama Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO).**

Módulo III

"Fase - Medir"

**Tabla para calcular Nivel Sigma y DPMO.**

1. Escribir el número de defectos posibles por unidad	O =		10
2. Escribir el número de unidades	N =		70
3. Escribir el número de defectos encontrados	D =		7
4. Cálculo de DPU (DPO)	$DPO = \frac{D}{N \times O} =$		0.01000
5. Cálculo de Yield	$Yield = (1 - DPO) \times 100 =$		99.000%
6. Cálculo del Nivel Sigma del proceso	Sigma =		3.83

**¿Recuerdas la tabla anterior de Z?**



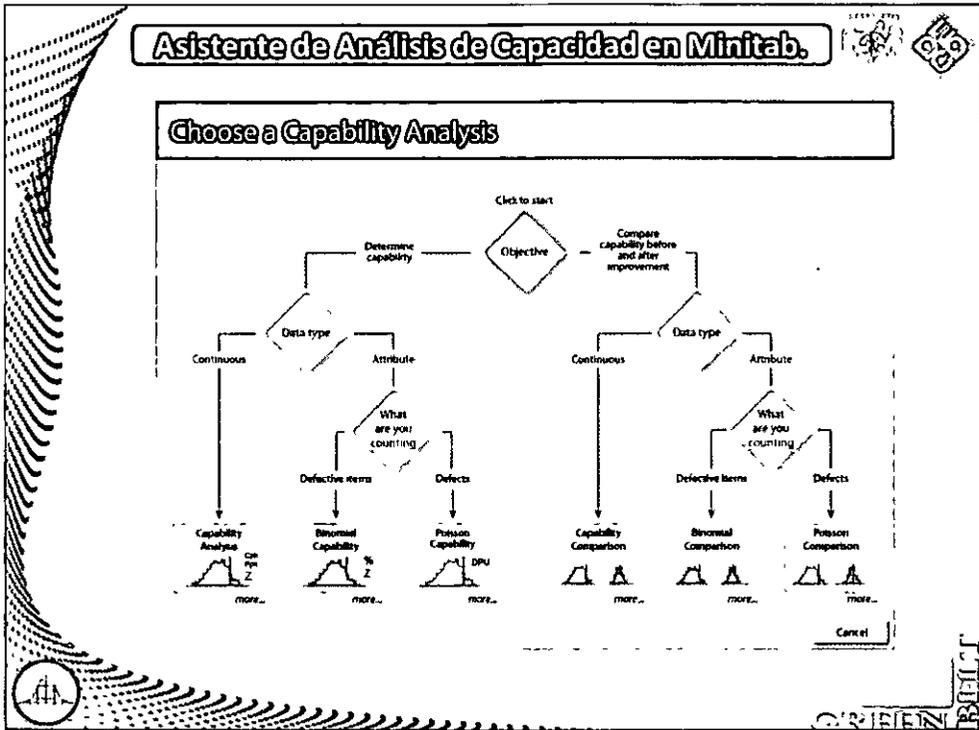
**Recapitulando.**

El promedio del proceso puede moverse  $1.5\sigma$  sobre (ó debajo) de la tolerancia media.

**Cálculo del nivel sigma.**

	Z	Z	P	P
	2.79	2.67		
DISTR.NORM.ESTAND	0.997364598	0.99620744	0.0026354	0.00379256
DISTR.NORM.ESTAND.INV	-2.79	-2.67		
Nivel Sigma	-4.29	-4.17		

**iiiEl nivel Sigma se calcula sumando el 1.5 del desplazamiento esperado a nuestra Z!!!**



Módulo III

"Fase - Medir"

