



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
.....  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
.....  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

**DIPLOMADO SEIS SIGMA  
NIVEL GREEN BELT**

MÓDULO III  
MEDIR

CA-165

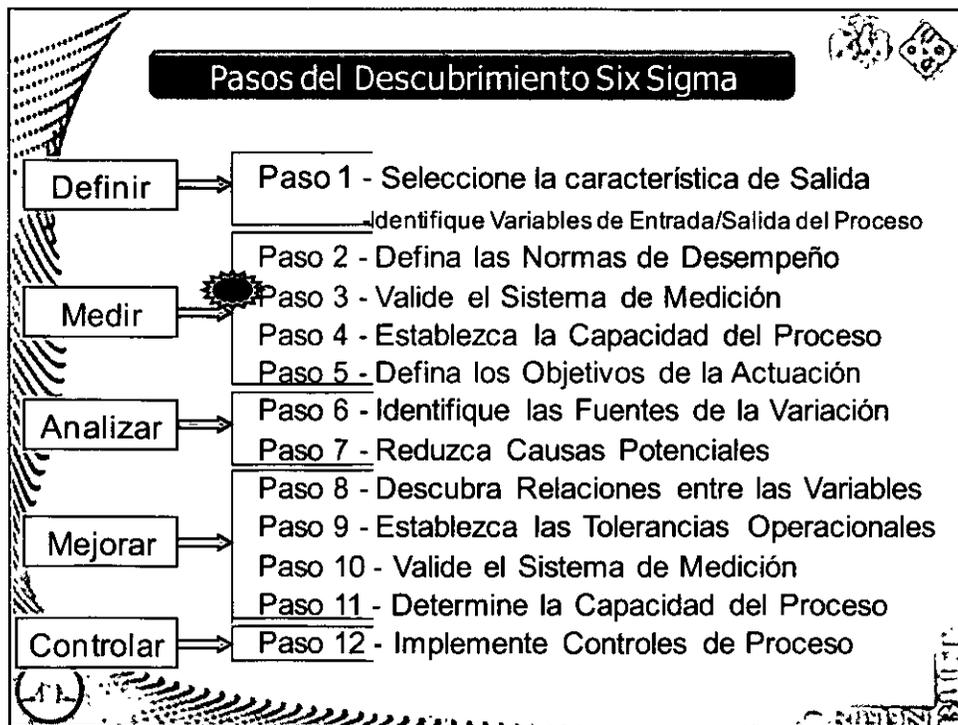
The image shows a normal distribution curve with a shaded area under the curve, representing a probability distribution. Below the curve is a photograph of four people (three men and one woman) sitting around a table, looking at documents, suggesting a collaborative learning or work environment.

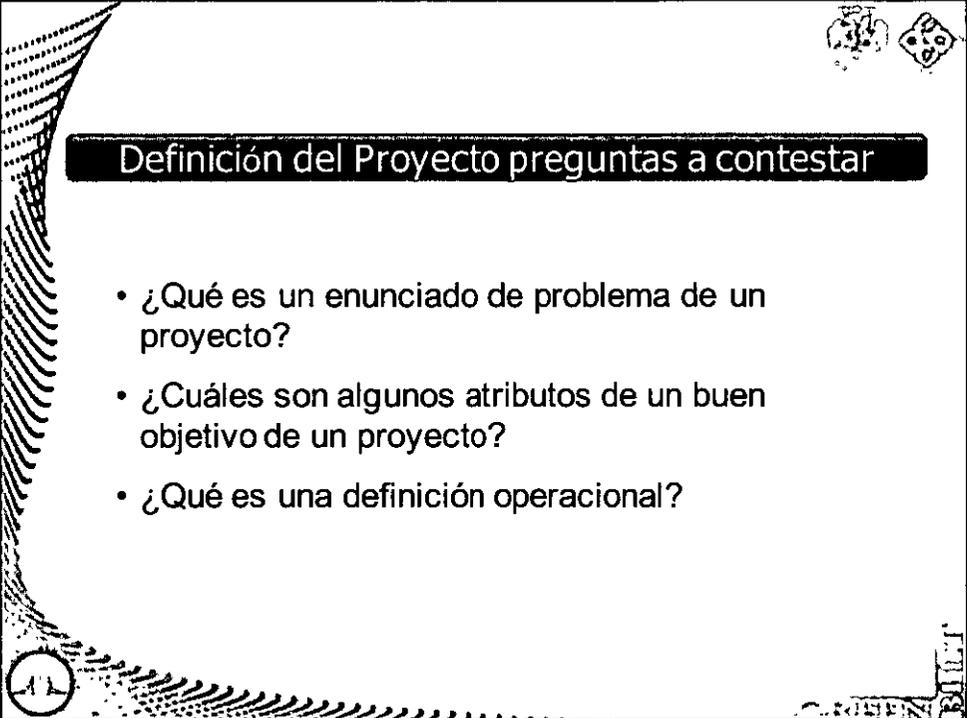
**Modulo III**

**MEDIR**

*"Lo que puedes medir, seguramente lo puedes mejorar"*

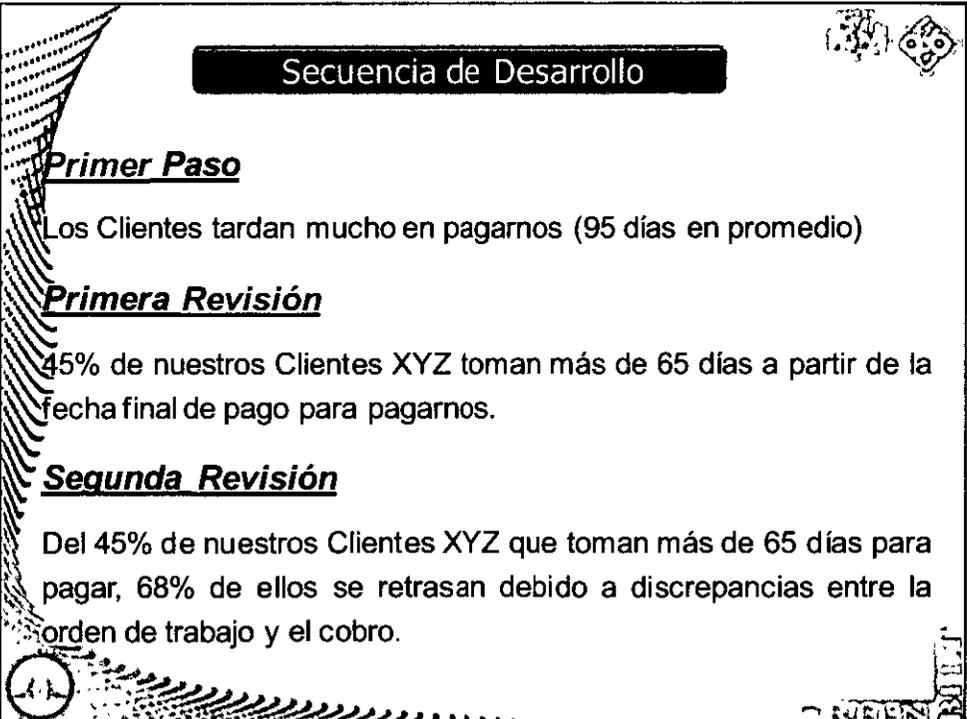
Shingeo Shingo  
Toyota Motors





### Definición del Proyecto preguntas a contestar

- ¿Qué es un enunciado de problema de un proyecto?
- ¿Cuáles son algunos atributos de un buen objetivo de un proyecto?
- ¿Qué es una definición operacional?



### Secuencia de Desarrollo

**Primer Paso**  
Los Clientes tardan mucho en pagarnos (95 días en promedio)

**Primera Revisión**  
45% de nuestros Clientes XYZ toman más de 65 días a partir de la fecha final de pago para pagarnos.

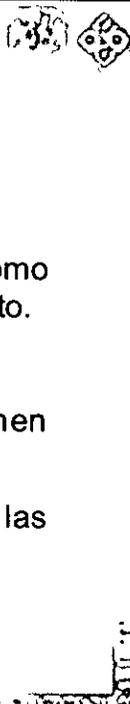
**Segunda Revisión**  
Del 45% de nuestros Clientes XYZ que toman más de 65 días para pagar, 68% de ellos se retrasan debido a discrepancias entre la orden de trabajo y el cobro.



### Definición Operacional

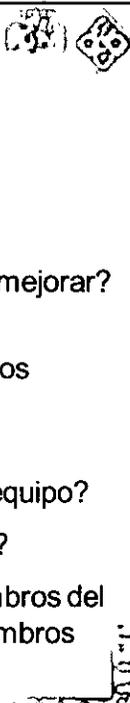
**Una Descripción Precisa:**

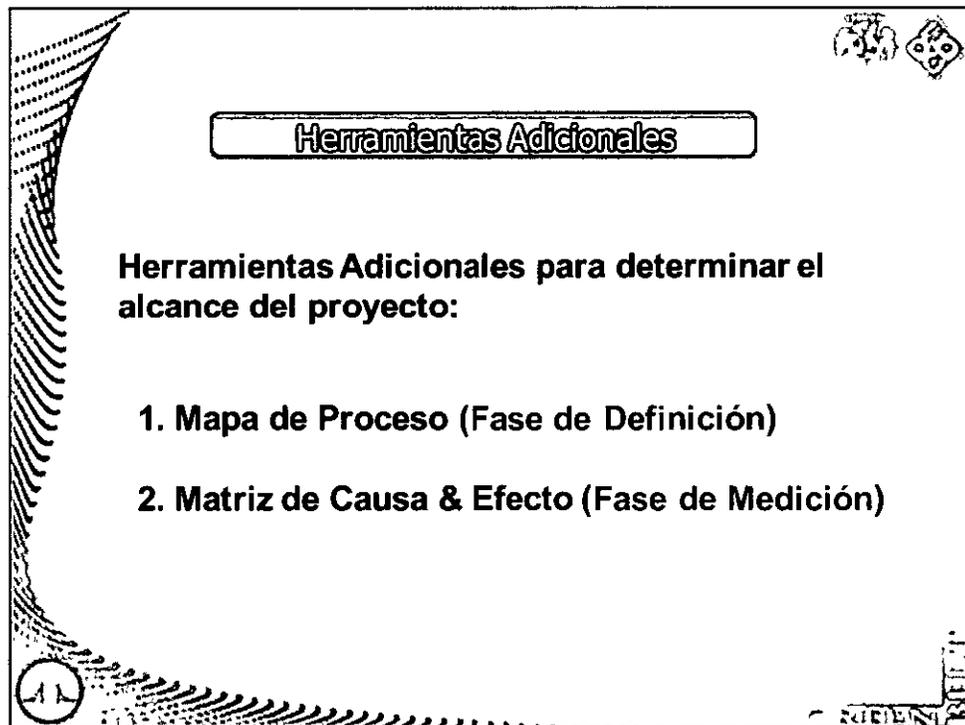
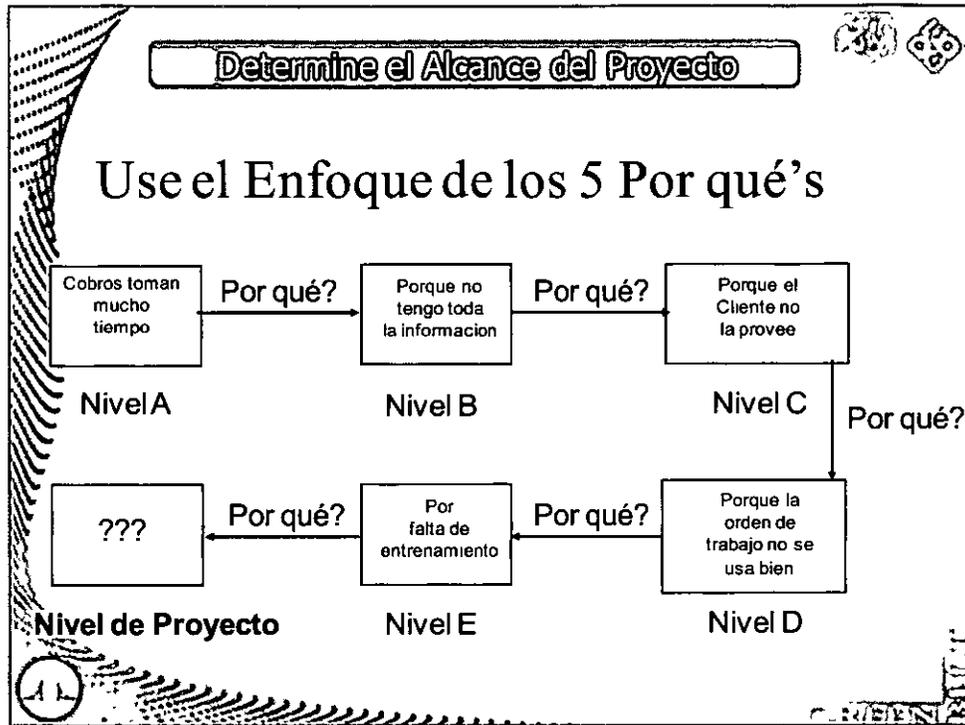
- Define el Crítico a la Satisfacción, como cuando el Cliente diría que es libre de defecto.
- Incluye lo qué es algo y cómo medirlo.
- Se usa para eliminar ambigüedad; todos tienen el mismo entendimiento.
- Provee una manera clara de medir las características de salida.

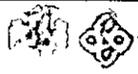


### Alcance del Proyecto

- ¿Qué deberá lograrse con este proyecto?
- ¿Qué recursos están disponibles para mi y mi equipo?
- ¿Cuáles son los límites del proceso que vamos a mejorar?  
¿El punto de partida? ¿El punto final?
- ¿Necesito a otros en este proyecto? ¿Son los miembros los adecuados en el equipo, para su funcionalidad y responsabilidad?
- ¿Qué pasará si algo está fuera del alcance para mi y mi equipo?
- ¿Bajo qué restricciones debemos trabajar mi equipo y yo?
- ¿Cuál es el compromiso de tiempo esperado de los miembros del equipo? ¿Cómo vamos a programar el tiempo de los miembros del equipo?







### Definición del Proyecto Lecciones Aprendidas

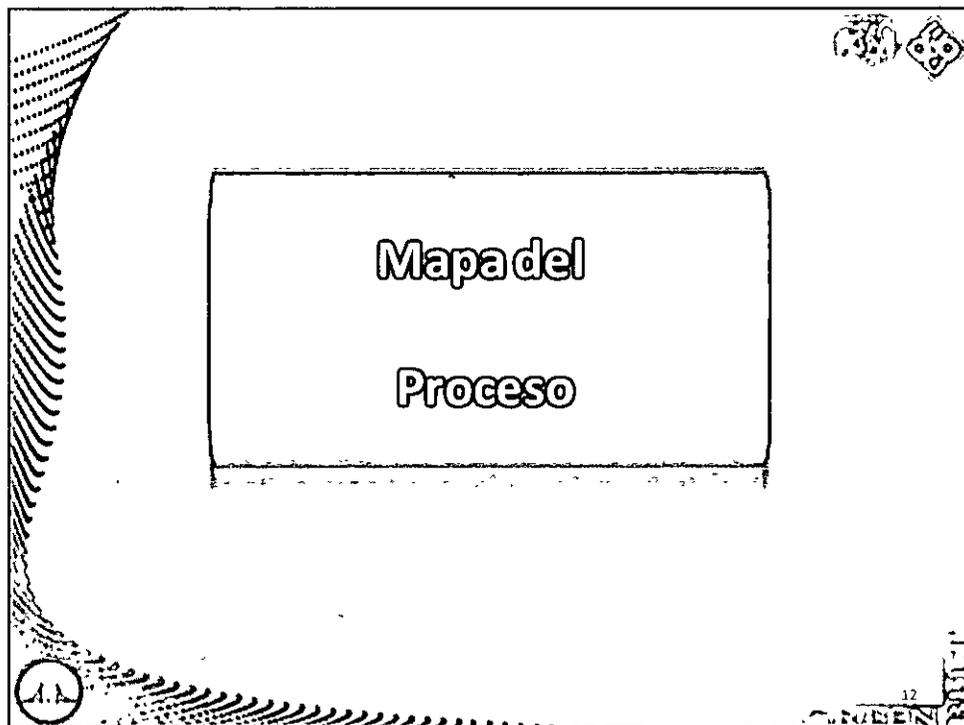
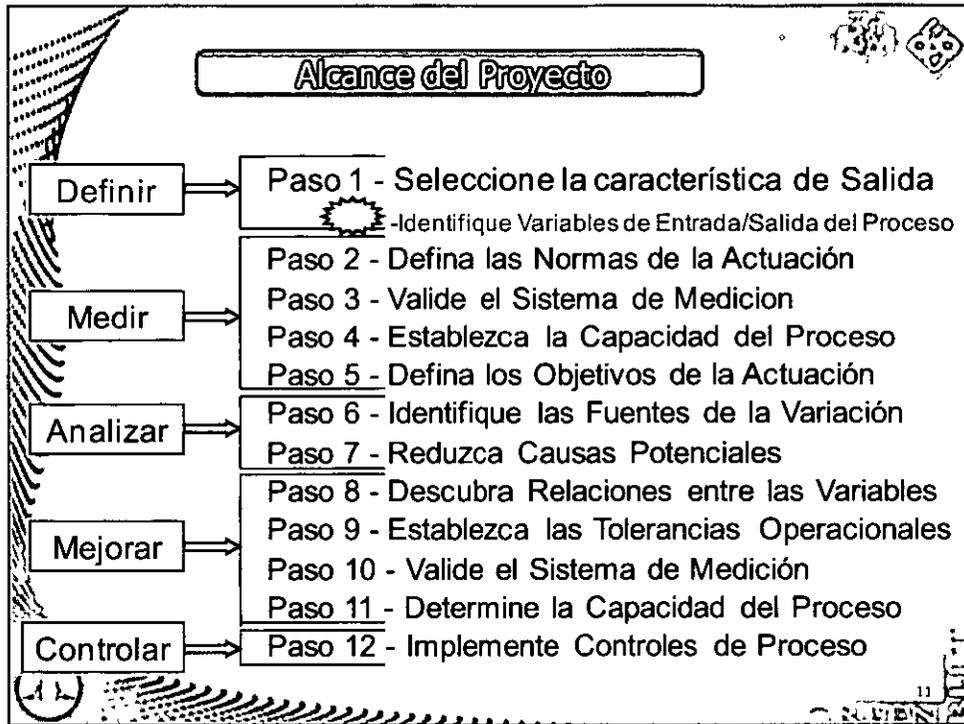
- El Enunciado del Problema y la Descripción del Proyecto apropiadamente definidos son críticos
- La respuesta deseada deberá ser cuantificable y deberá estar ligada con los CTS's identificados.
- El método de medición y las fuentes de datos potenciales deberán ser identificadas y, si es necesario, crearlas.
- Los Objetivos y Metas del Proyecto deben relacionarse con el Enunciado del Problema.



### Alcance del Proyecto

- Identificar las Variables de Entrada y Salida del Proceso:
  - Desarrollar un mapa de proceso relacionado al proyecto.
  - Identificar variables clave de entrada y salida del proceso
  - Evaluación inicial de los métricos del proceso







### Mapeo del Proceso Preguntas a Contestar

- ¿Cuál es la definición de un proceso?
- ¿Qué es un mapa de proceso?
- ¿Cuándo usa un mapa de proceso?
- ¿Cómo preparas un mapa de proceso?
- ¿Qué debe incluirse en un mapa de proceso?
- ¿Cómo usas un mapa de proceso?
- ¿Cómo está encadenado un mapa de proceso a las próximas etapas del proyecto?

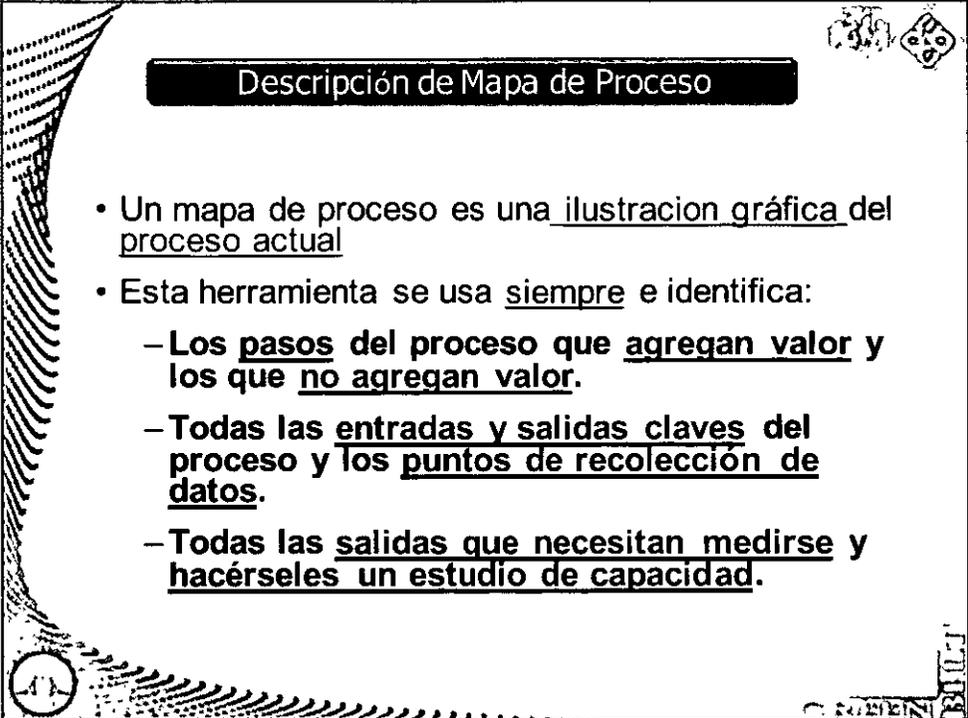


### Definición de Proceso

Un Proceso es:

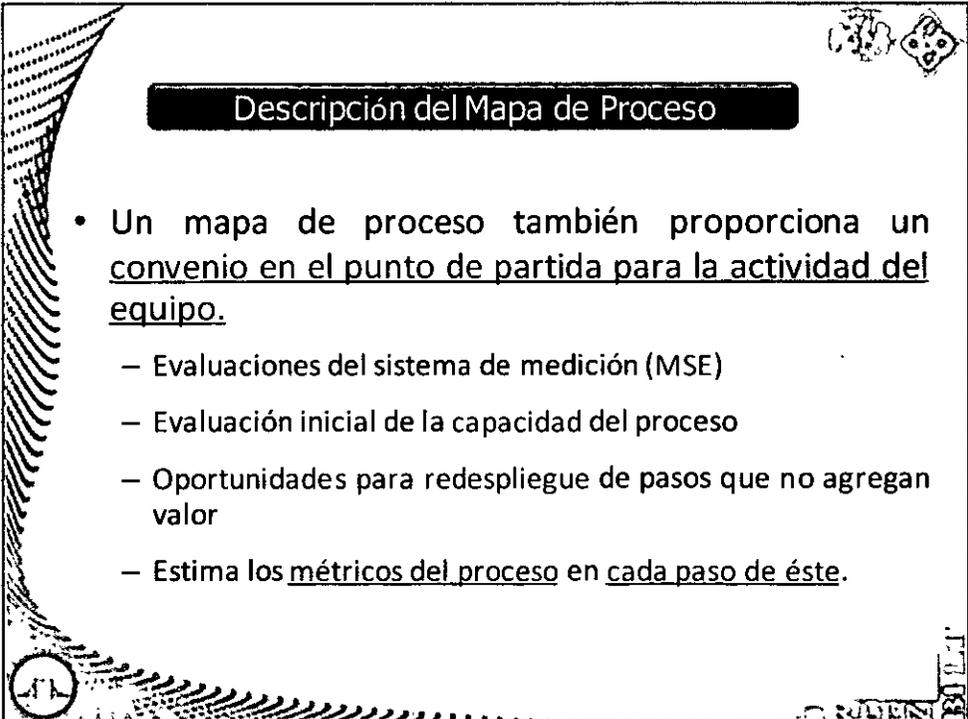
Un Grupo o Serie de Actividades y Tareas relacionadas lógicamente, involucrando Gente, Procedimientos, Máquinas, Computadoras y Documentos necesarios para transformar Materiales y/o Información en Productos, Servicios o Información significantes para el cliente





### Descripción de Mapa de Proceso

- Un mapa de proceso es una ilustración gráfica del proceso actual
- Esta herramienta se usa siempre e identifica:
  - Los pasos del proceso que agregan valor y los que no agregan valor.
  - Todas las entradas y salidas claves del proceso y los puntos de recolección de datos.
  - Todas las salidas que necesitan medirse y hacerseles un estudio de capacidad.



### Descripción del Mapa de Proceso

- Un mapa de proceso también proporciona un convenio en el punto de partida para la actividad del equipo.
  - Evaluaciones del sistema de medición (MSE)
  - Evaluación inicial de la capacidad del proceso
  - Oportunidades para rediseño de pasos que no agregan valor
  - Estima los métricos del proceso en cada paso de éste.

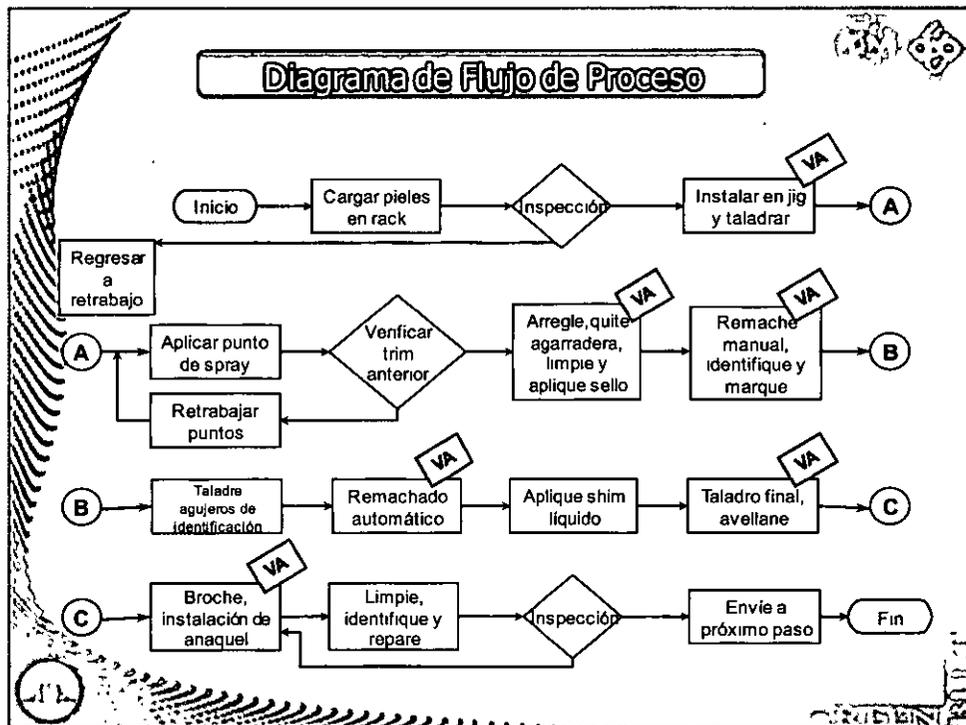
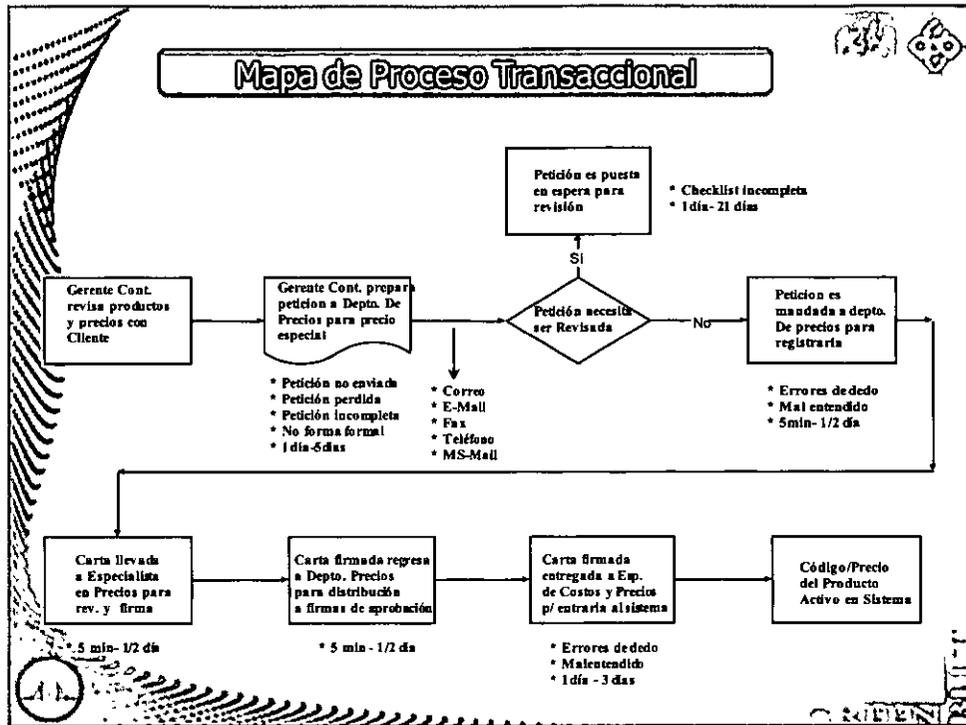
### Beneficios Adicionales

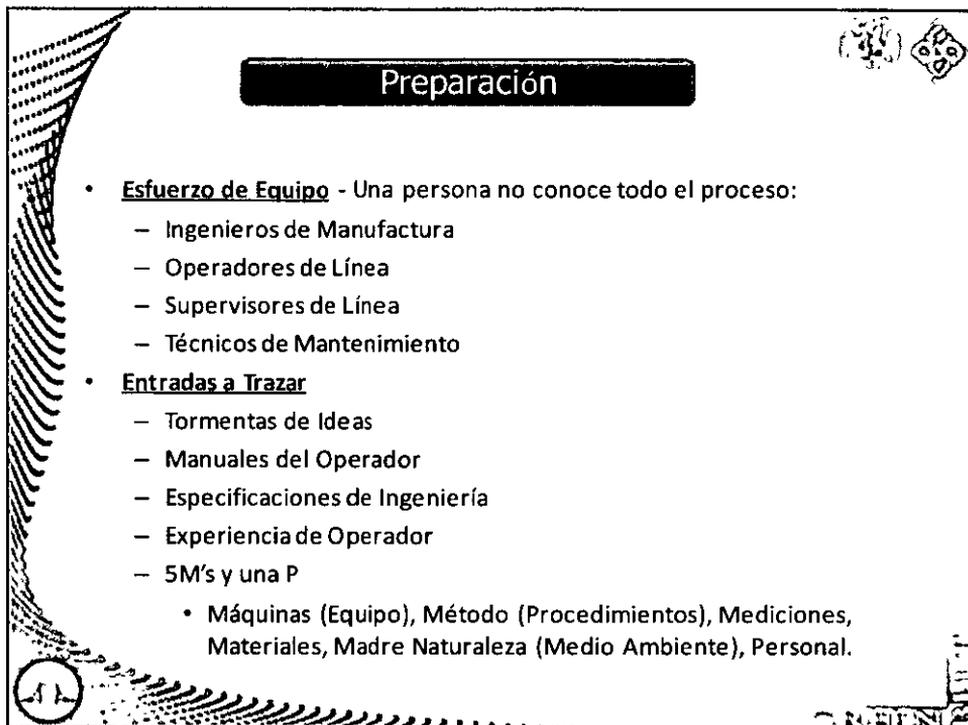
- Flexibilidad en el nivel de preparación de un mapa de proceso.
- Exige verificación y objetividad, exposición a las actividades reales.
- Identifica ciclos de retrabajo y redundancia.
- Ayuda a adentrarse en los cuellos de botella, tiempos de ciclo e inventarios.
- Una herramienta de entrenamiento y orientación.
- Ayuda a identificar cuándo y dónde recolectar información.
- Identifica en dónde diferentes equipos de trabajo usan diferentes procesos.

### Estructura Básica y Símbolos

The diagram illustrates the basic structure and symbols of a process map. It shows a sequence of steps: a square (operational step), another square, a circle (measurement/inspection point), a diamond (decision point), and another square. A red diamond (bottleneck) is shown above the first diamond, with an arrow pointing to a white diamond labeled 'Malo'. A yellow diamond (warehouse) is shown below the second diamond, with an arrow pointing to a white diamond labeled 'Bueno'. A yellow triangle (waste) is shown above the second diamond, with an arrow pointing to a white triangle labeled 'Malo'. A yellow triangle (warehouse) is shown below the second diamond, with an arrow pointing to a white triangle labeled 'Bueno'. A yellow arrow (transport) points from the second diamond to the second triangle. A white arrow points from the second triangle to the first square. A legend below the diagram defines the symbols:

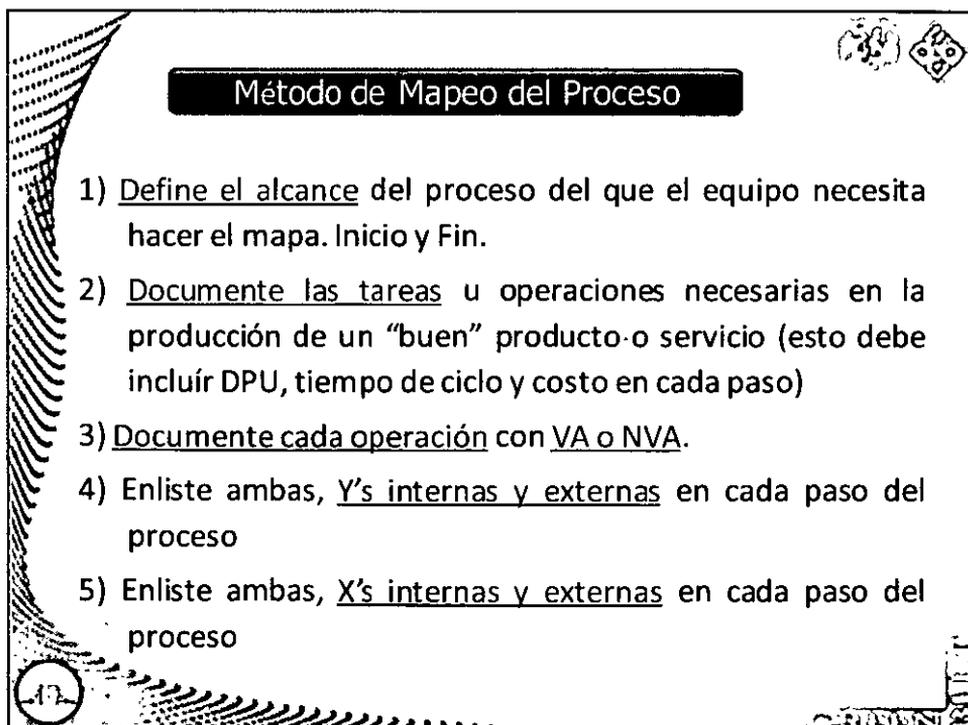
- Pasos operacionales - cuadros blancos □
- Puntos de decisión - diamantes azules ◆
- Puntos de medición/inspección - círculo amarillo ○
- Cuello de botella (retraso) - figura roja ◆
- Almacén - triángulo amarillo ▽
- Transporte, flujo de material - flecha amarilla ↘





### Preparación

- **Esfuerzo de Equipo** - Una persona no conoce todo el proceso:
  - Ingenieros de Manufactura
  - Operadores de Línea
  - Supervisores de Línea
  - Técnicos de Mantenimiento
- **Entradas a Trazar**
  - Tormentas de Ideas
  - Manuales del Operador
  - Especificaciones de Ingeniería
  - Experiencia de Operador
  - 5M's y una P
    - Máquinas (Equipo), Método (Procedimientos), Mediciones, Materiales, Madre Naturaleza (Medio Ambiente), Personal.



### Método de Mapeo del Proceso

- 1) **Define el alcance** del proceso del que el equipo necesita hacer el mapa. Inicio y Fin.
- 2) **Documente las tareas** u operaciones necesarias en la producción de un "buen" producto o servicio (esto debe incluir DPU, tiempo de ciclo y costo en cada paso)
- 3) **Documente cada operación** con VA o NVA.
- 4) Enliste ambas, **Y's internas y externas** en cada paso del proceso
- 5) Enliste ambas, **X's internas y externas** en cada paso del proceso

**Método de Mapeo de Proceso (cont.)**

6) Clasifique todas las X's como una o más de lo siguiente:

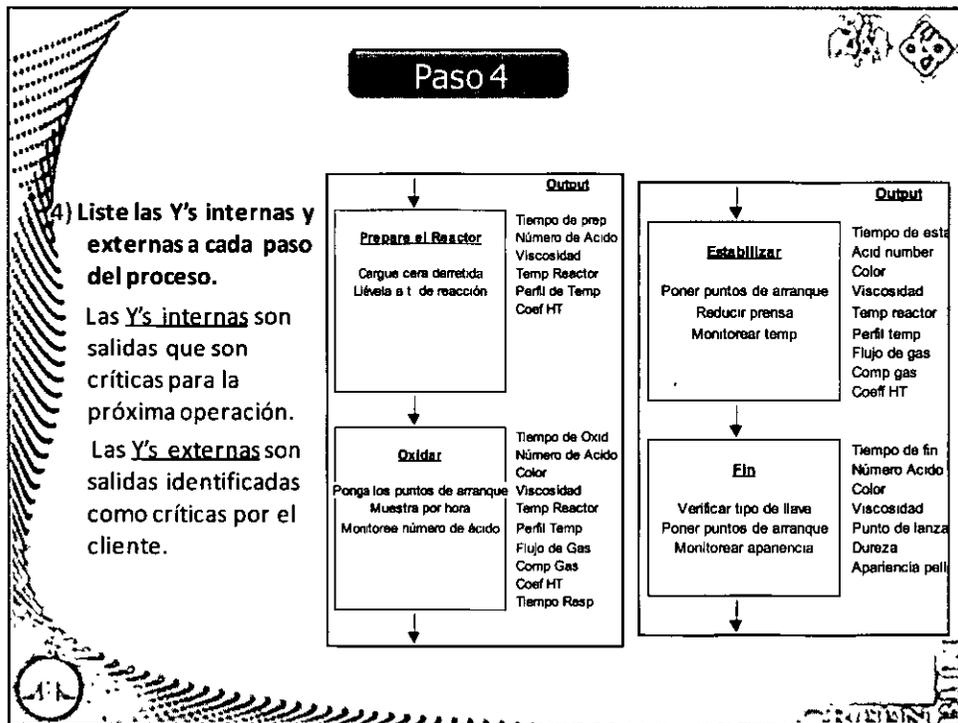
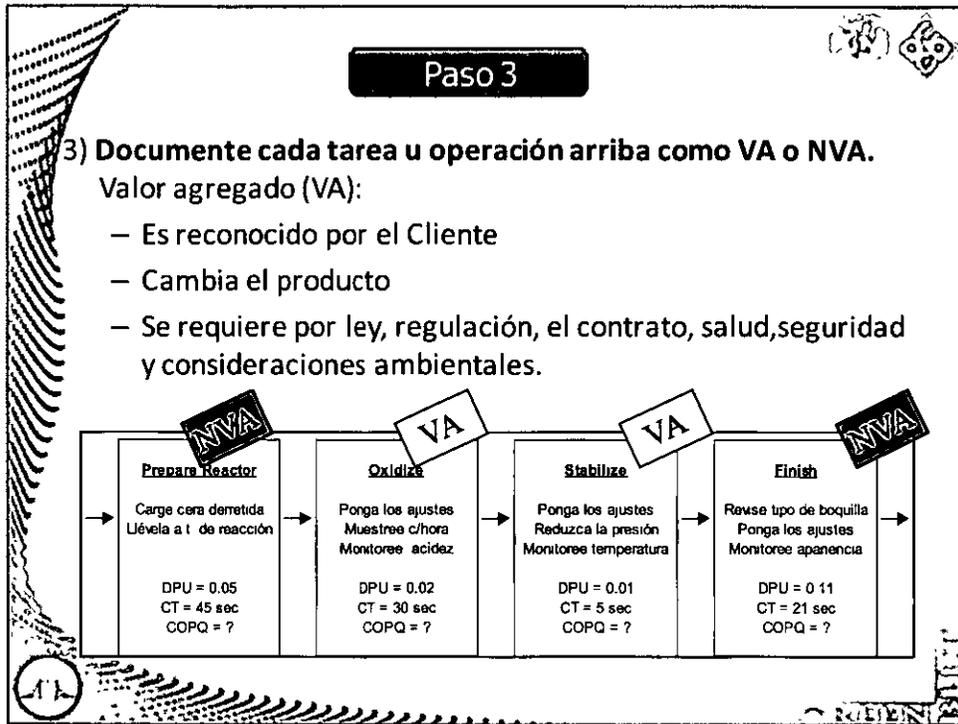
- Controlable (C): estas son entradas que puedes ajustar o controlar mientras el proceso está corriendo.
- Procedimientos Estándar de Operación (SOP): cosas de sentido común que uno puede hacer porque tienen sentido.
- Ruido (N): cosas que no se pueden controlar debido al costo o a la dificultad.

7) Claramente identifique todos los puntos de recolección de datos.

**Pasos 1 y 2**

- 1) Defina el alcance del mapa de proceso que el grupo debe hacer: El alcance del proceso necesita estar a un nivel procesable. ¿Todos los pasos documentados abajo están a un nivel procesable?
- 2) Documente todas las tareas u operaciones necesarias en la producción de un "buen" producto o servicio (esto incluye DPU, tiempo de ciclo y costo en cada paso). Toda la inspección, retrabajo y etapas de transporte deberán identificarse también.

<p><b>Prepare Reactor</b></p> <p>Charge cera derretida Llévela a t. de reacción</p> <p>DPU = 0.05 CT = 45 sec COPQ = ?</p>	<p><b>Oxidize</b></p> <p>Ponga los ajustes Muestree c/hora Monitoree acidez</p> <p>DPU = 0.02 CT = 30 sec COPQ = ?</p>	<p><b>Stabilize</b></p> <p>Ponga los ajustes Reduzca la presión Monitoree temperatura</p> <p>DPU = 0.01 CT = 5 sec COPQ = ?</p>	<p><b>Finish</b></p> <p>Revise tipo de boquilla Ponga los ajustes Monitoree apariencia</p> <p>DPU = 0.11 CT = 21 sec COPQ = ?</p>
--	--	---	---



**Paso 5**

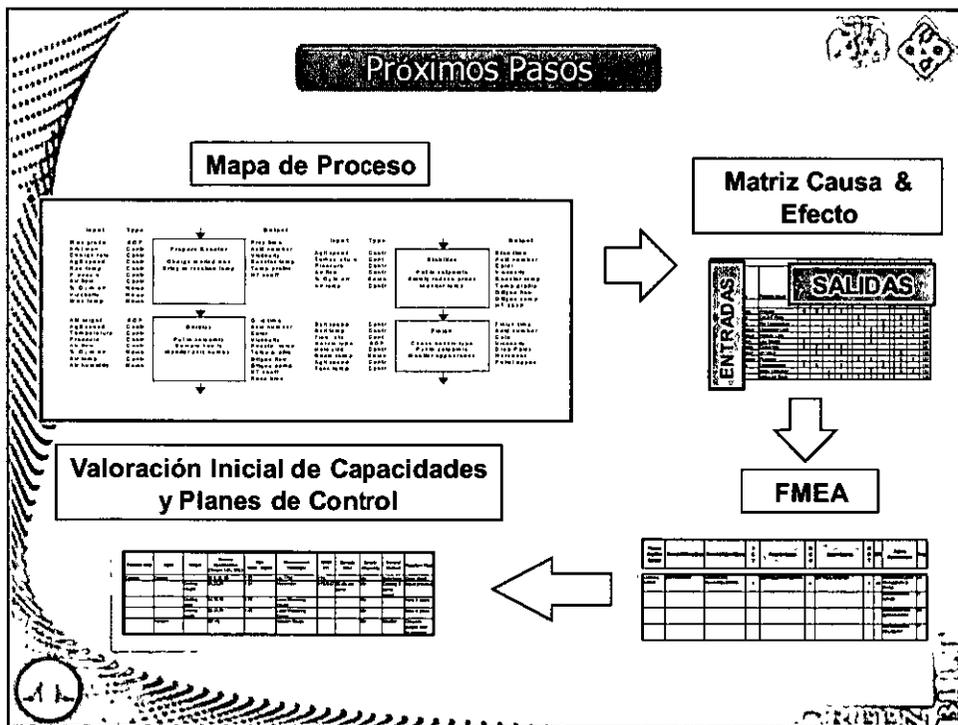
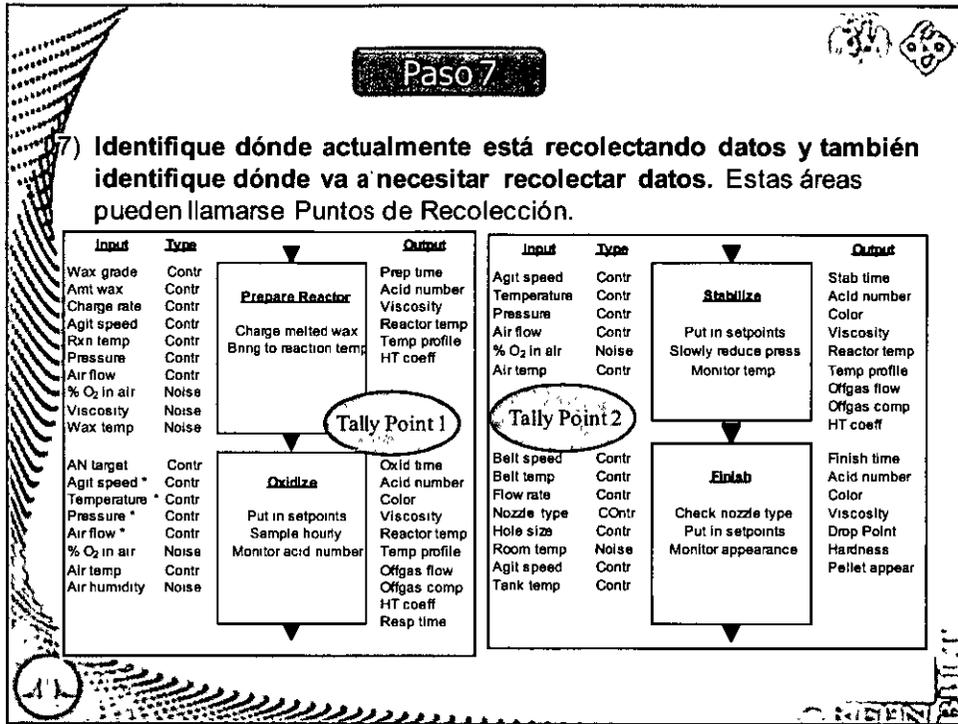
5) **Liste las X's internas y externas a cada paso del proceso.**  
 Entradas externas son características críticas identificadas de la materia prima.  
 Entradas internas son variables dentro del mismo proceso.

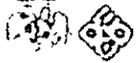
Input	Process	Output	Input	Process	Output
Wax grade Amt wax Charge rate Agit speed Rxn temp Pressure Air flow % O <sub>2</sub> in air Viscosity Wax temp	<b>Prepare Reactor</b> Charge melted wax Bnng to reaction temp	Prep time Acid number Viscosity Reactor temp Temp profile HT coeff	Agit speed Temperature Pressure Air flow % O <sub>2</sub> in air Air temp	<b>Stabilize</b> Put in setpoints Slowly reduce press Monitor temp	Stab time Acid number Color Viscosity Reactor temp Temp profile Off gas flow Off gas comp HT coeff
AN target Agit speed Temperature Pressure Air flow % O <sub>2</sub> in air Air temp Air humidity	<b>Oxidize</b> Put in setpoints Sample hourly Monitor acid number	Oxid time Acid number Color Viscosity Reactor temp Temp profile Offgas flow Offgas comp HT coeff Resp time	Belt speed Belt temp Flow rate Nozzle type Hole size Room temp Agit speed Tank temp	<b>Finish</b> Check nozzle type Put in setpoints Monitor appearance	Finish time Acid number Color Viscosity Drop Point Hardness Pellet appear

**Paso 6**

6) **Clasifique todas las X's como uno o más de lo siguiente: Controlable, Ruido.** Todas las X's controlables deberán tener Procedimientos Estándar de Operación (SOP'S)

Input	Type	Process	Output	Input	Type	Process	Output
Wax grade Amt wax Charge rate Agit speed Rxn temp Pressure Air flow % O <sub>2</sub> in air Viscosity Wax temp	Contr Contr Contr Contr Contr Contr Contr Noise Noise	<b>Prepare Reactor</b> Charge melted wax Bnng to reaction temp	Prep time Acid number Viscosity Reactor temp Temp profile HT coeff	Agit speed Temperature Pressure Air flow % O <sub>2</sub> in air Air temp	Contr Contr Contr Contr Noise Contr	<b>Stabilize</b> Put in setpoints Slowly reduce press Monitor temp	Stab time Acid number Color Viscosity Reactor temp Temp profile Off gas flow Off gas comp HT coeff
AN target Agit speed Temperature Pressure Air flow % O <sub>2</sub> in air Air temp Air humidity	Contr Contr Contr Contr Contr Contr Contr Noise	<b>Oxidize</b> Put in setpoints Sample hourly Monitor acid number	Oxid time Acid number Color Viscosity Reactor temp Temp profile Offgas flow Offgas comp HT coeff Resp time	Belt speed Belt temp Flow rate Nozzle type Hole size Room temp Agit speed Tank temp	Contr Contr Contr Contr Contr Noise Contr Contr	<b>Finish</b> Check nozzle type Put in setpoints Monitor appearance	Finish time Acid number Color Viscosity Drop Point Hardness Pellet appear



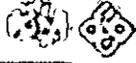


**Evaluación Inicial del Plan de Control**

- Inicie una evaluación del plan de control (existente) después que el mapa esté completo.
- Agregue la técnica de medición, especificaciones de operación, y objetivos para las entradas y salidas controlables y críticas (para el proyecto solamente)

Control Plan Actual											
Paso del Proceso	Entrada	Salida	Esp. de Proceso (LSL, USL, Target)	Cpk / Fecha (Sample Size)	Sistema de Medicion	%R&R or P/T	Metodo de Control Actual (from FMEA)	Quien	Donde	Cuando	Reaccion





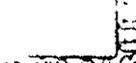
**Mapas de Proceso Preguntas a contestar (1 de 4)**

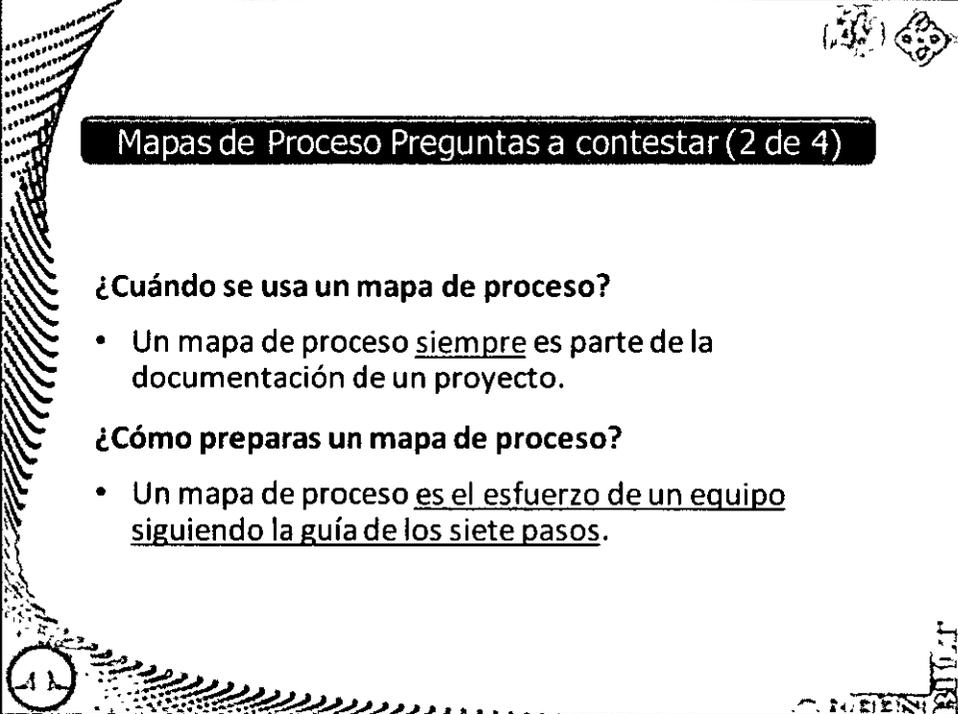
¿Cuál es la definición de un proceso?

- Un proceso es un grupo o serie de actividades o tareas lógicamente relacionadas involucrando gente, procedimientos, máquinas, computadoras y documentos necesarios para transformar materiales y/o información en un producto o servicio significante para el Cliente.

¿Qué es un mapa de proceso?

- Un mapa de proceso es una ilustración gráfica de un proceso actual.





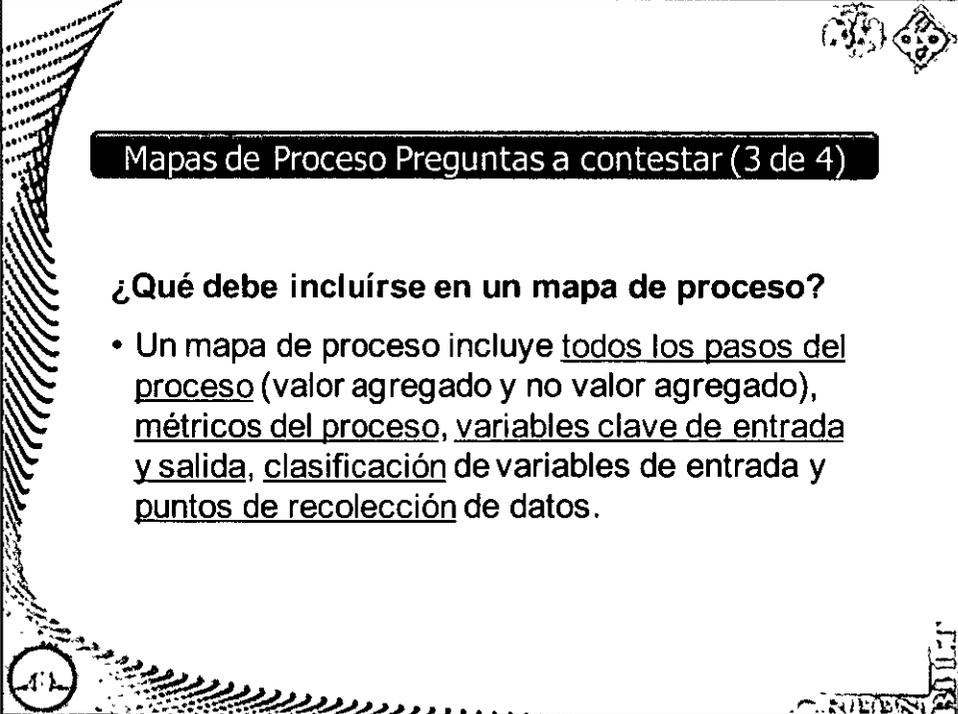
**Mapas de Proceso Preguntas a contestar (2 de 4)**

**¿Cuándo se usa un mapa de proceso?**

- Un mapa de proceso siempre es parte de la documentación de un proyecto.

**¿Cómo preparas un mapa de proceso?**

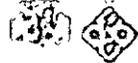
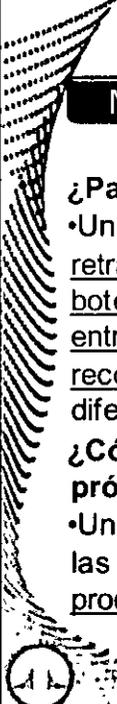
- Un mapa de proceso es el esfuerzo de un equipo siguiendo la guía de los siete pasos.



**Mapas de Proceso Preguntas a contestar (3 de 4)**

**¿Qué debe incluirse en un mapa de proceso?**

- Un mapa de proceso incluye todos los pasos del proceso (valor agregado y no valor agregado), métricos del proceso, variables clave de entrada y salida, clasificación de variables de entrada y puntos de recolección de datos.



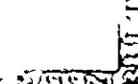
**Mapas de Proceso Preguntas a contestar (4 de 4)**

**¿Para qué se usa un mapa de proceso?**

- Un mapa de proceso se usa para identificar ciclos de retrabajo y redundancias, nos deja ver cuellos de botella/tiempo de ciclo/inventarios; como una herramienta de entrenamiento y orientación, identifica cuándo y dónde recolectar datos, e identifica dónde diferentes grupos usan diferentes procesos.

**¿Cómo está encadenado un mapa de proceso a las próximas etapas del proyecto?**

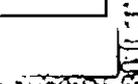
- Un mapa de proceso es una fuente de información ligada a las evaluaciones de Matriz de Causa y Efecto, capacidad del proceso inicial, plan de control y el AMEF.

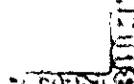
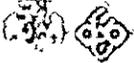


**Mapas de Proceso Lecciones Aprendidas**

- El mapa de proceso deberá incluir TODOS los pasos del proceso relacionados con su proyecto.
- La falla en confirmar el mapa con la realidad pudiera causar que el enfoque del proyecto sea incorrecto.
- Es benéfico seguir todas las siete etapas al completar el mapa. Toda esta información será importante más tarde en el proyecto.

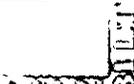
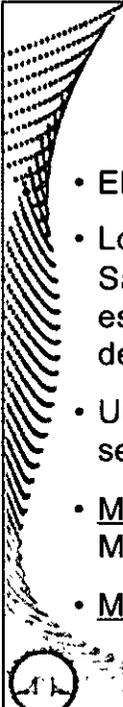
**¡Revisa los 7 pasos de Mapas de Proceso nuevamente!**





### Resumen

- Los mapas de proceso ayudan a clarificar
  - Qué es el proceso
  - Qué se supone debería ser
  - Dónde puedes cambiarlo (mejorarlo)
- Los mapas de proceso pueden ayudar a identificar
  - Las entradas en cada paso del proceso para empezar a llenar el embudo
  - Pasos que no agregan valor (son fuentes posibles de mejoras del proyecto)



### Resultados para el Proyecto

- El cliente impactado por el proyecto ha sido identificado
- Los asuntos Críticos a la Satisfacción (Características de Salida) han sido identificadas. La característica de salida específica que el proyecto va a corregir ha sido determinada. Esta es la "Y".
- Un enunciado claro del problema y objetivo inicial deberán ser establecidos.
- Mapa del Proceso completo. Sigue todos los 7 pasos para Mapa del Proceso.
- Mapa de proceso/tiempo del proyecto están completos.

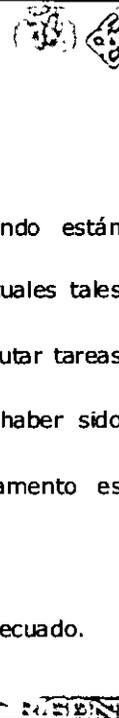


## Introducción al RACI Chart

**¿Para qué sirve?**

Es una herramienta para:

- Asignar roles a individuos o departamentos relacionados cuando están trabajando en una tarea en grupo, o
- Identificar problemas organizacionales asociados con procesos actuales tales como:
  - Próximos pasos o la asignación de responsabilidades para ejecutar tareas que no son claras.
  - El trabajo está atrasado y las tareas están avanzando sin haber sido completadas las anteriores.
  - Hay ambigüedad acerca de qué individuo o qué departamento es responsable para la tarea.
  - Pareciera que existen tareas traslapadas.
  - La comunicación o la coordinación no es adecuada.
  - La ejecución y la toma de decisiones no es conducida al nivel adecuado.




## ¿Qué es RACI?

RACI es el acrónimo de los roles de los involucrados en un Proceso o Función

<b>Responsable:</b>	Persona quien realiza un paso del proceso particular o guía al personal quien lo hace (acciones) (R)
<b>Accountable:</b>	Persona responsable asignado por la dirección superior para la implementación de la tarea (responsable de la toma de decisiones) (A)
<b>Consulted:</b>	Persona a quien se consulta antes de que una decisión final sea realizada y/o implementada (C)
<b>Informed:</b>	Persona o personas a quienes se notifica una vez que la decisión final ha sido tomada o implementada (I)

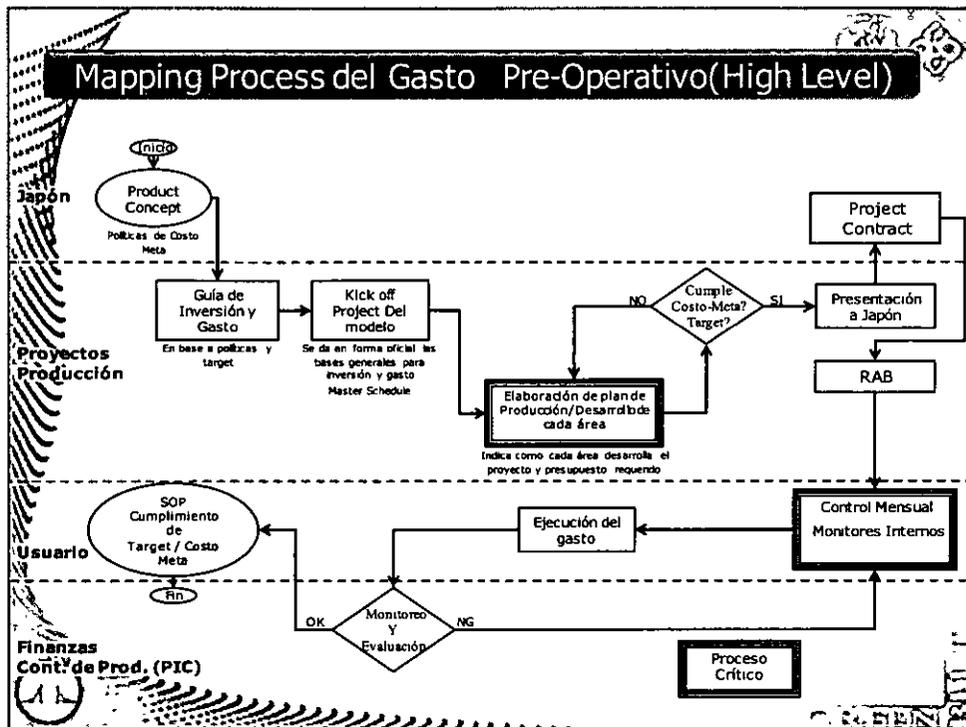


### Pasos para Generar un RACI Chart

Paso	Ilustración																																																	
<p><b>Paso 1:</b> Construir una matriz RACI</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Acciones</th> <th colspan="6">Individuos / Departamentos</th> </tr> <tr> <th>Operador</th> <th>Jefe</th> <th>Gerente A</th> <th>Gerente B</th> <th>Gerente C</th> <th>Gerente en Jefe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Registrar de quejas</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Recopilar quejas en unidades informadas</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Manejar reclamaciones</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Manejar como asunto de alta prioridad</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	Acciones	Individuos / Departamentos						Operador	Jefe	Gerente A	Gerente B	Gerente C	Gerente en Jefe	Registrar de quejas							Recopilar quejas en unidades informadas							Manejar reclamaciones							Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad							Manejar como asunto de alta prioridad							<p><b>Proceso bajo estudio:</b> Manejo de quejas de dientes recibidas en el Call Center (Centro Telefónico)</p>
Acciones	Individuos / Departamentos																																																	
	Operador	Jefe	Gerente A	Gerente B	Gerente C	Gerente en Jefe																																												
Registrar de quejas																																																		
Recopilar quejas en unidades informadas																																																		
Manejar reclamaciones																																																		
Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad																																																		
Manejar como asunto de alta prioridad																																																		
<p><b>Paso 2:</b> Asignar "R", "A", "C" e "I" a las acciones</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Acciones</th> <th colspan="6">Individuos / Departamentos</th> </tr> <tr> <th>Operador</th> <th>Jefe</th> <th>Gerente A</th> <th>Gerente B</th> <th>Gerente C</th> <th>Gerente en Jefe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Registrar de quejas</td> <td>RA</td><td></td><td>A</td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Recopilar quejas en unidades informadas</td> <td></td><td>RA</td><td></td><td></td><td>I</td><td></td> </tr> <tr> <td>Manejar reclamaciones</td> <td></td><td></td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td> </tr> <tr> <td>Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad</td> <td></td><td>R</td><td>C</td><td>C</td><td>C</td><td>C</td> </tr> <tr> <td>Manejar como asunto de alta prioridad</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>?</td> </tr> </tbody> </table>	Acciones	Individuos / Departamentos						Operador	Jefe	Gerente A	Gerente B	Gerente C	Gerente en Jefe	Registrar de quejas	RA		A				Recopilar quejas en unidades informadas		RA			I		Manejar reclamaciones			?	?	?	?	Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad		R	C	C	C	C	Manejar como asunto de alta prioridad						?	
Acciones	Individuos / Departamentos																																																	
	Operador	Jefe	Gerente A	Gerente B	Gerente C	Gerente en Jefe																																												
Registrar de quejas	RA		A																																															
Recopilar quejas en unidades informadas		RA			I																																													
Manejar reclamaciones			?	?	?	?																																												
Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad		R	C	C	C	C																																												
Manejar como asunto de alta prioridad						?																																												
<p><b>Paso 3:</b> Analizar y Evaluar</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Acciones</th> <th colspan="6">Individuos / Departamentos</th> </tr> <tr> <th>Operador</th> <th>Jefe</th> <th>Gerente A</th> <th>Gerente B</th> <th>Gerente C</th> <th>Gerente en Jefe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Registrar de quejas</td> <td>RA</td><td></td><td>A</td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Recopilar quejas en unidades informadas</td> <td></td><td>RA</td><td></td><td></td><td>I</td><td></td> </tr> <tr> <td>Manejar reclamaciones</td> <td></td><td></td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td> </tr> <tr> <td>Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad</td> <td></td><td>R</td><td>C</td><td>C</td><td>C</td><td>C</td> </tr> <tr> <td>Manejar como asunto de alta prioridad</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>?</td> </tr> </tbody> </table>	Acciones	Individuos / Departamentos						Operador	Jefe	Gerente A	Gerente B	Gerente C	Gerente en Jefe	Registrar de quejas	RA		A				Recopilar quejas en unidades informadas		RA			I		Manejar reclamaciones			?	?	?	?	Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad		R	C	C	C	C	Manejar como asunto de alta prioridad						?	<p><b>Análisis:</b> 3) y 5) no tienen "A" ni "R" 4) puede no haber avance debido a mudas C's</p>
Acciones	Individuos / Departamentos																																																	
	Operador	Jefe	Gerente A	Gerente B	Gerente C	Gerente en Jefe																																												
Registrar de quejas	RA		A																																															
Recopilar quejas en unidades informadas		RA			I																																													
Manejar reclamaciones			?	?	?	?																																												
Recopilar e gestionar como asunto de alta prioridad		R	C	C	C	C																																												
Manejar como asunto de alta prioridad						?																																												

### Tips para Desarrollar un RACI Chart

<p><b>Tips para el éxito:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Considerar los roles y responsabilidades desde una nueva perspectiva.</li> <li>2. Asignar la responsabilidad "A" y responsabilidad "R" hacia personas en el rango más bajo posible.</li> <li>3. Asignar sólo una persona responsable "A" por cada acción.</li> <li>4. La persona responsable "A" debe tener autoridad aprobada.</li> <li>5. Mantener mínimo el número de personas para ser consultadas "C" o informadas "I".</li> </ol>	<p><b>Errores comunes:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tratar de aplicar el RACI Chart a todo (la exactitud 100% no es siempre requerida).</li> <li>2. Llenar el RACI Chart sin el consenso de las funciones involucradas (realizar una doble revisión de que el proceso puede ser completado con el nuevo rol de asignaciones).</li> </ol>
---	---

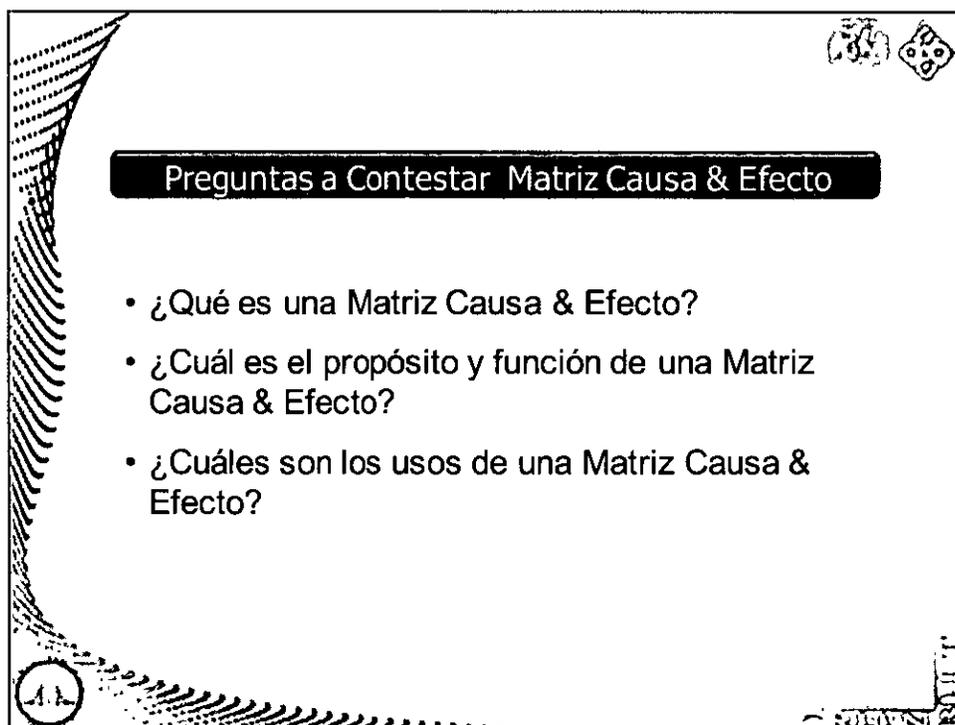
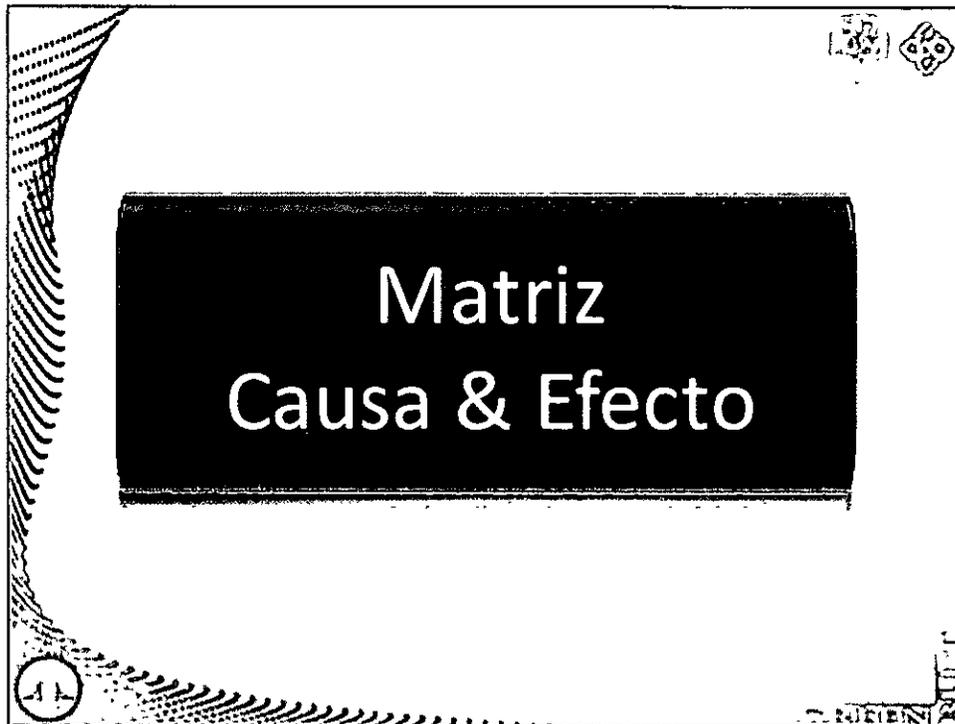


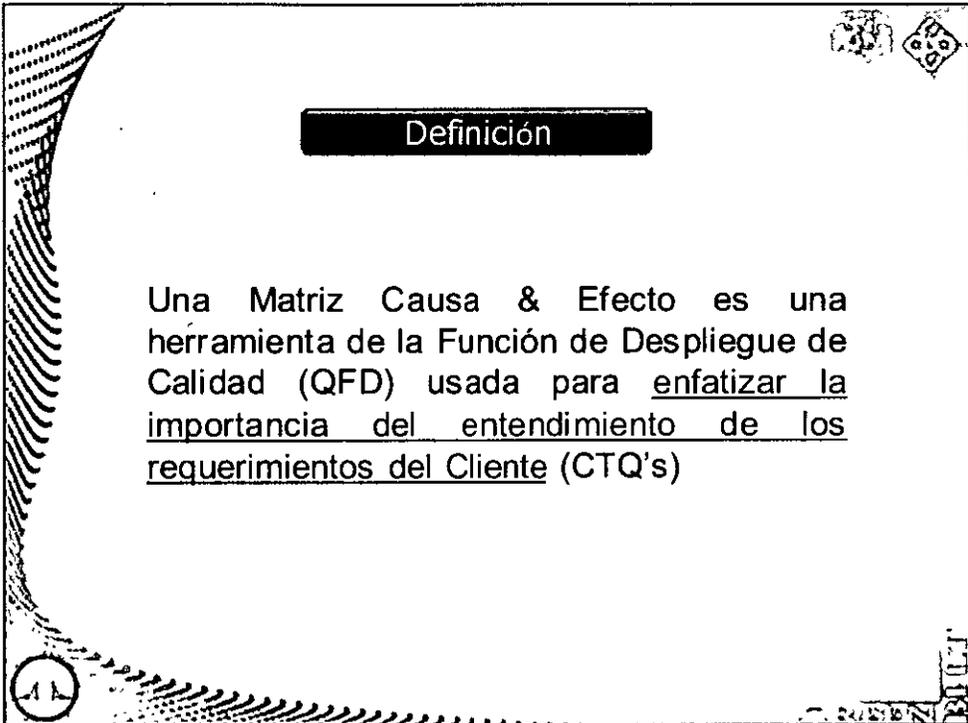
### Planeación, autorización y control de gastos diversos

**RACI Chart**

**Acciones**

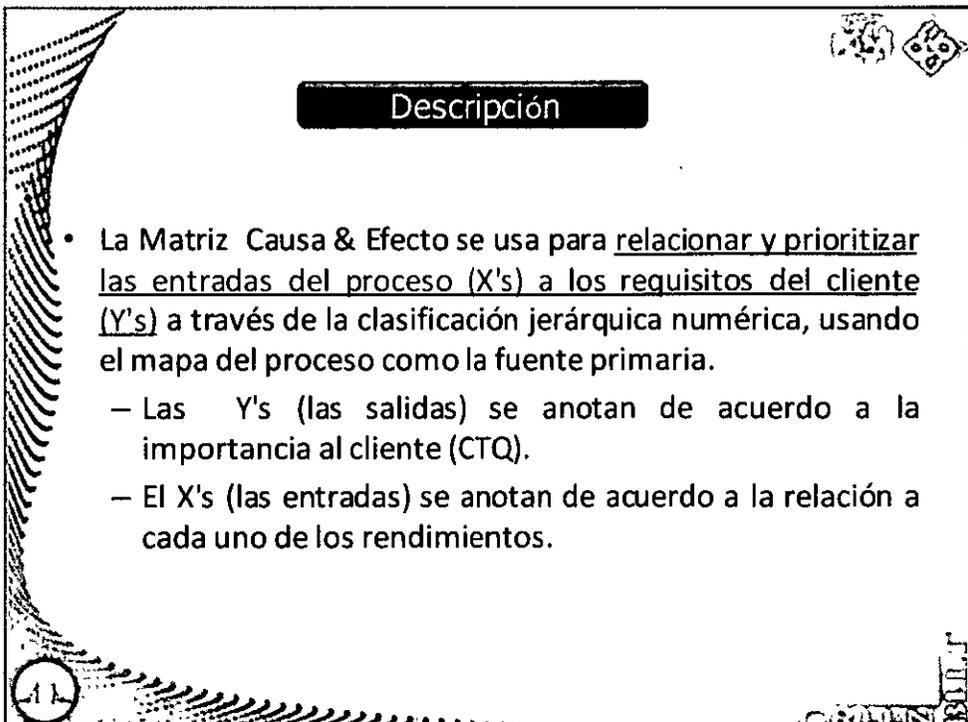
Acciones	Producción		Proyectos	Áreas que requiere realizan gastos		Finanzas		C. De Producción
	D	G		Gerente	Lider	Dir.	Gte. H300	
Kick off del proyecto	A	R	C			C		
Definición de objetivos y guía para gastos diversos totales y por área			R	I	I	I	A	I
Definición de estrategia por cada área			C	A	R			C
Costeo de la estrategia			C	A	R		C	C
Revisar que la estrategia cumple con objetivo de gastos	C		R				A	I
Plan de producción incluye objetivos de gastos			I	C	R		A	I
Elabora RAB que autoriza ejecución del gasto	I	R	C			A		C
Realizar plan detallado y presupuesto anual			I	C	R	A		I
Ejerce presupuesto y monitorea			I	R	C	I	A	I
Revisa que se cumpla presupuesto			I	R	C	I	A	R (PIC)
Corrección de cada área con incumplimiento			I	R	C	I	A	I
Evaluación de cumplimiento de Costo Meta	I		I	C	C	A	R	I





### Definición

Una Matriz Causa & Efecto es una herramienta de la Función de Despliegue de Calidad (QFD) usada para enfaticar la importancia del entendimiento de los requerimientos del Cliente (CTQ's)



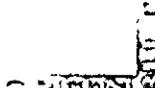
### Descripción

- La Matriz Causa & Efecto se usa para relacionar y priorizar las entradas del proceso (X's) a los requisitos del cliente (Y's) a través de la clasificación jerárquica numérica, usando el mapa del proceso como la fuente primaria.
  - Las Y's (las salidas) se anotan de acuerdo a la importancia al cliente (CTQ).
  - El X's (las entradas) se anotan de acuerdo a la relación a cada uno de los rendimientos.



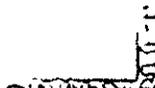
### Metodología y Proceso

La Matriz de Causa & Efecto exige al equipo de dueños del proceso y expertos hacer una lluvia de ideas de las causas y correlación entre las entradas del proceso (X's) y las salidas (Y's). Un diagrama de pescado es útil para conseguir que la sesión de evaluación de causas inicial empiece. Esto permite al equipo identificar, explorar, cuantificar y gráficamente desplegar todas las posibles causas relacionadas al problema del proyecto.



### Función

- Esta herramienta permitirá a **todos** los involucrados en un proceso estar de acuerdo en las salidas que son críticas al producto y/o cliente.
- Vía la clasificación jerárquica numérica, esta matriz permitirá a su equipo asignar un nivel de importancia a cada variable de salida (Y's).
- A través de la asociación, la matriz permitirá a un equipo evaluar el efecto de cada entrada numéricamente (X) en cada salida (Y).
- Esto es el primer intento de los equipos para determinar  $Y=f(X)$ .



### Resultados

- Provee información para el AMEF, resumen de capacidad de proceso inicial (baseline) para evaluar las salidas importantes (Y's), y resumen inicial del plan de control inicial para evaluar las entradas importantes (X's).
- Proporciona un Pareto de cada entrada (X's) el impacto en todas las salidas (Y's) y un Pareto de las salidas (Y's) impactadas por todas las entradas (X's).

### Encadenamiento a un Diagrama de Pescado

**Cause-and-Effect Diagram**

Measurements	Materials	Men	
Micrometers	Alloys	Guides	Defect
Microscopes	Lubricants	Supervisors	
Inspectors	Suppliers	Training	
		Operators	
		Speed	
		Lathe	
		Bits	
		Sockets	
Environment	Methods	Machines	
Condensation	Brake	Lathe	
Moisture%	Angle	Engager	

Un diagrama de espina es un punto de partida bueno para el equipo. Permite el enfoque en las entradas del proceso. Los "huesos" designan la categoría de las entradas. De este inicio, las entradas necesitan ser transferidas a la Matriz de C&E. El diagrama de espina normalmente se enfoca sólo en una salida (Y) a la vez.

INSTRUCTOR: ING. JORGE CAUDILLO GUTIÉRREZ

26




### Método de la Matriz C&E

- **PASO 1:** Enlistar las variables de salida (Y's) a lo largo de la sección superior de la matriz. Estas son las salidas que el equipo y/o el cliente juzga ser importante.
- **PASO 2:** Valorar cada salida numéricamente usando una escala predeterminada donde la salida más importante recibe el número más alto numéricamente.
- **PASO 3:** Identificar todas las entradas potenciales o causas (X's) que pueda impactar las salidas (Y's) y enlistar estos a lo largo del lado izquierdo de la matriz.
- **PASO 4:** Numéricamente, dé peso al efecto de cada (X) en cada (Y), basado en la experiencia del equipo, dentro del cuerpo de la matriz.
- **PASO 5:** Usar la columna de los totales para analizar y priorizar dónde enfocar el esfuerzo del equipo al crear el AMEF preliminar.







### Pautas para Alinear y Anotar

Alinear y anotar se relaciona a los pasos 2 y 4 al desarrollar una Matriz de Causa & Efecto. La escala actual escogida para alinear los Rendimientos (Y's) y las Entradas (X's) es una decisión del equipo.

La actividad de alinear y anotar toma la mayoría del tiempo. Para evitar el tiempo perdido, revisen el criterio para alinear y anotar. La sugerencia:

Anote	Importancia p/Cliente	Efecto en la Salida (Y)
1	bajo	bajo
3	algo	un poco
9	alto	alto

Para cualquier sistema de clasificación que sea escogido, la meta es crear un hueco (gap) distinto entre las entradas y permitir que la mayor que afecta al cliente sea identificada para volverse la prioridad.




**Paso 1)**

1. Enliste Salidas Claves (Y's)

Paso 2 - C&E Matrix.xls

**Matriz de Causa y Efecto**

Nivel de Importancia para el Cliente																Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Entradas al Proceso	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9							
1																0
2																0
3																0
4																0
5																0
6																0
7																0

Este dato viene del Mapa de Proceso

**Paso 2)**

Matriz de Causa y Efecto

2. Alinear Salidas con respecto a su importancia al Cliente

Nivel de Importancia para el Cliente																Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Entradas al Proceso	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9							
1																0
2																0
3																0
4																0
5																0
6																0
7																0

Este paso puede incluir a mercadotecnia, desarrollo de producto, manufactura, etc. Si es posible, el Cliente Final debiera ser incluido también.

**Paso 3)**

**3. Enliste Entradas Clave**

Este paso usa las entradas del mapa de proceso

Nivel de Importancia para el Cliente		9	9	6	9	3	3	6	1	6								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Entradas al Proceso		Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9									Total
1	X1																	0
2	X2																	0
3	X3																	0
4	X4																	0
5	X5																	0
6	X6																	0
7	X7																	0
8	X8																	0
9	X9																	0
10																		0

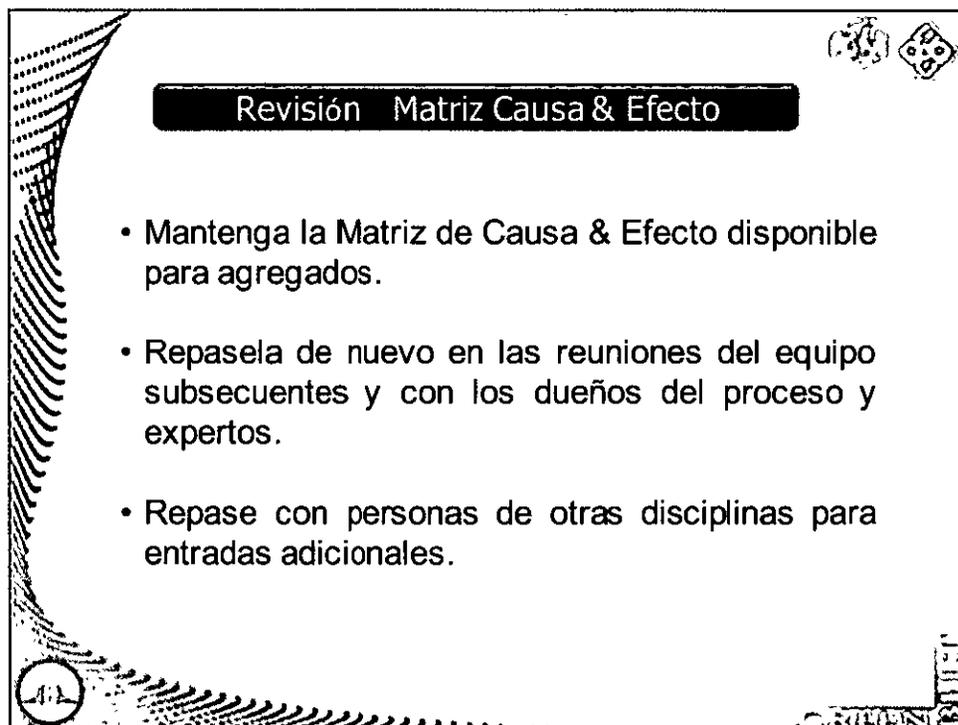
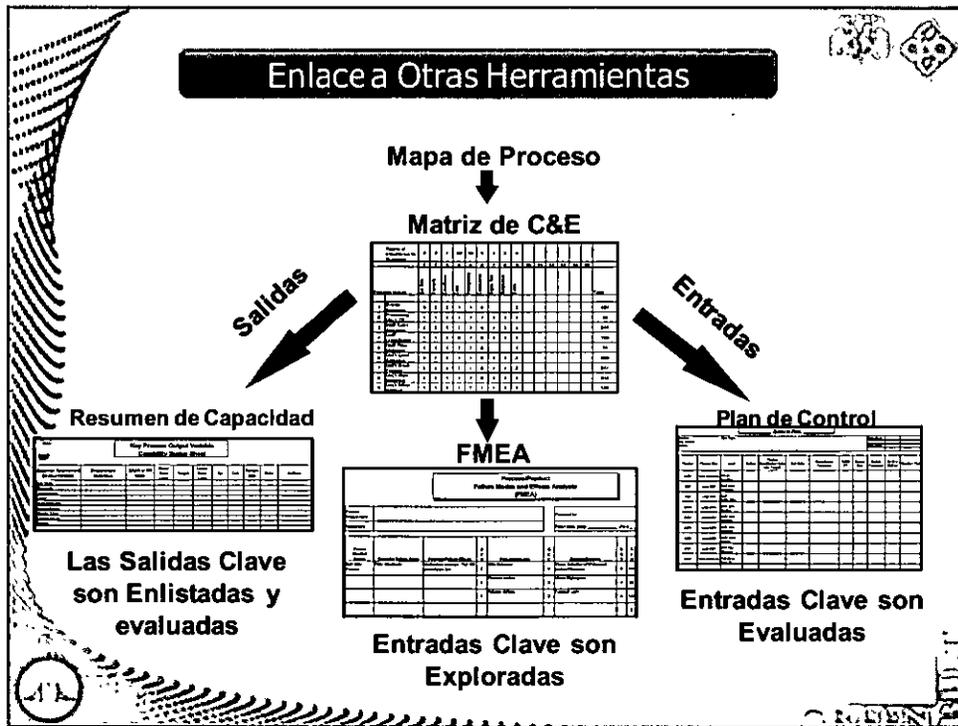
**Paso 4)**

**4. Correlacione X's a las Y's**

Esto es una estimación subjetiva de la influencia que las X's tienen en las Y's. Esta herramienta estrictamente cuantifica lo que el equipo conoce actualmente acerca del proceso

Nivel de Importancia para el Cliente		9	9	6	9	3	3	6	1	6								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Entradas al Proceso		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9								Total
1	X1	9	9	3	1	1	9	1	1	9								280
2	X2	1	1	1	1	1	1	1	1	1								52
3	X3	3	9	1	1	1	9	1	3	9								216
4	X4	1	1	3	3	1	3	1	1	1								88
5	X5	1	1	1	1	1	3	1	1	1								58
6	X6	9	6	1	1	1	9	1	1	3								205
7	X7	9	6	3	1	1	9	1	1	3								217
8	X8	9	6	1	1	1	9	1	1	3								205
9	X9	1	1	1	1	6	1	1	1	1								67
10																		0





### Revisión Matriz Causa & Efecto

- Use los resultados de Causa & Efecto como entrada para:
  - AMEF
  - Resumen de Evaluación Inicial de Capacidad del Proceso.
  - Resumen Inicial de Evaluación de Plan de Control

### Métodos para Obtener Información

Método	Pros	Contras
Encuesta	Ninguna reunión grande, todavía consigue la información El más bajo costo	•Falta de interacción del participante
Discusión Grupal	La interacción con participantes El tiempo enfocado y atención	•Conflicto de horarios •Costos
Uno a Uno	Tiempo y compromiso del participante Control del costo	•Miembros del equipo estáticos •Difícil retroalimentación continua
Eventos Múltiples	La retroalimentación al equipo El número de miembros del equipo es dinámico	•Horarios •Compromisos de tiempo •Costos

**Utilice uno o varios métodos en base a las necesidades del Proyecto.**

**Preocupaciones Prácticas**

**Maneje los Prejuicios Históricos vs. El Resultado objetivo de Ejercicio**

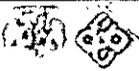
- El líder del equipo anima el edificar en el proceso o ideas existentes y mantiene el enfoque en los temas.
- Diversifique el número de miembros del equipo para incluir a los veteranos del proceso y a los nuevos.

**Equilibre a los Participantes Fuertes, Vocales vs. Callar Algunos**

- Tome turnos.
- Cada miembro tiene oportunidad igual de contribuir.
- Escuche y respete las ideas de otros.
- Alterne la forma de discusión a través de las contribuciones por escrito.

**Lecciones Aprendidas Matriz Causa & Efecto**

- La importancia estadística no se ha establecido todavía y deben tomarse los próximos pasos.
- Siga la metodología exactamente.
- Incluya todo el personal impactado para la entrada, esto incluye río arriba así como el personal río abajo.



**Preguntas a Contestar Matriz Causa & Efecto**

**¿Qué es una Matriz Causa & Efecto?**

- Una Matriz de Causa & Efecto es una herramienta de la Funcion de Despliegue de Calidad (QFD) para dar énfasis a la importancia de entender los requisitos del cliente (CTQ).

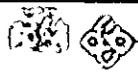


**Resumen de Respuestas Matriz Causa y Efecto**

**¿Cuál es el proposito y funcion de una Matriz Causa & Efecto?**

- El propósito de una Matriz Causa & Efecto es para permitir el equipo estar de acuerdo en las salidas (Y's) que son críticas al producto y/o el cliente. La función es permitir el equipo identificar, explorar, cuantificar y gráficamente desplegar todas las posibles causas relacionadas al problema del proyecto.

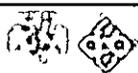
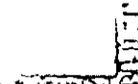




### Resumen de Respuestas Matriz Causa & Efecto

**¿Cuáles son los usos de una Matriz Causa & Efecto?**

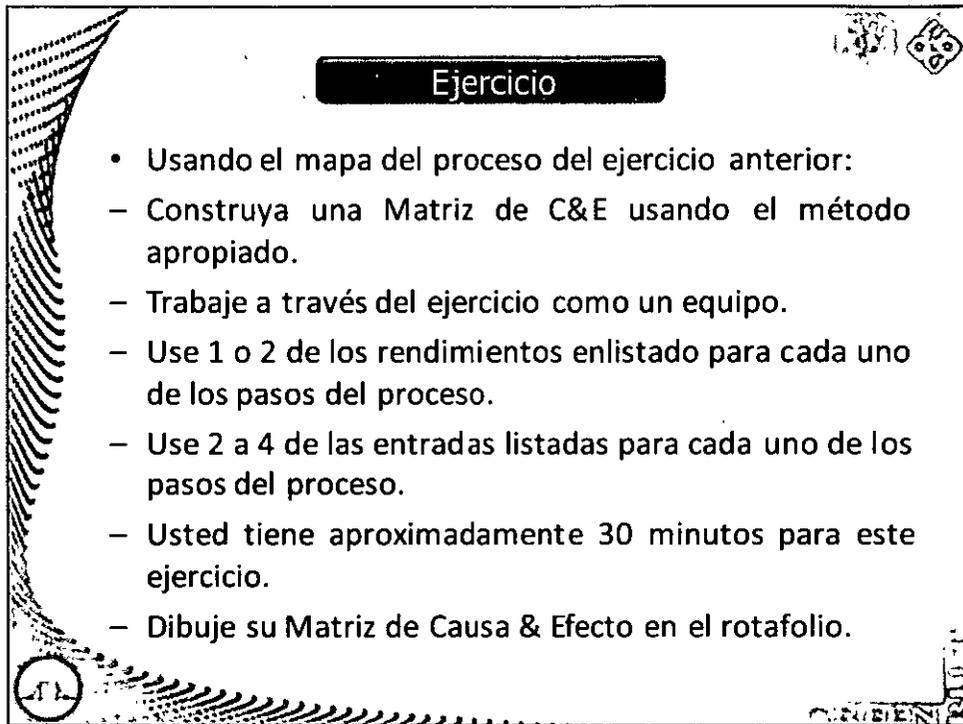
- La Matriz Causa & Efecto se usa para relacionar las entradas del proceso (X's) a las salidas del proceso (Y's) por medio de la alineación de la importancia del rendimiento y el efecto numérico de cada entrada en los rendimientos. Esto es el primer intento del equipo para determinar  $Y=f(x)$ .



### Resultados de la Matriz Causa & Efecto

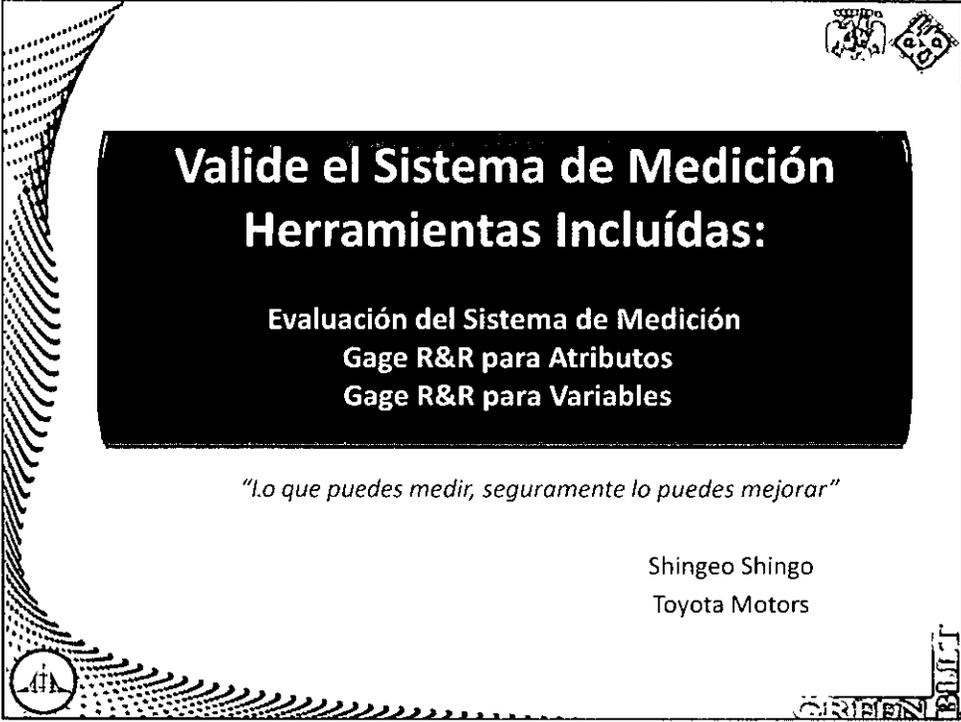
- La Matriz de C&E completa que proporciona un alineado priorizado de las entradas importantes (X's) que tienen el más grande impacto en todas las salidas importantes (Y's) - la identificación de las X's potenciales vitales así como un alineado priorizado de las salidas importantes (Y's) que son las más impactados por todas las entradas importantes (X's).





**Ejercicio**

- Usando el mapa del proceso del ejercicio anterior:
  - Construya una Matriz de C&E usando el método apropiado.
  - Trabaje a través del ejercicio como un equipo.
  - Use 1 o 2 de los rendimientos enlistado para cada uno de los pasos del proceso.
  - Use 2 a 4 de las entradas listadas para cada uno de los pasos del proceso.
  - Usted tiene aproximadamente 30 minutos para este ejercicio.
  - Dibuje su Matriz de Causa & Efecto en el rotafolio.

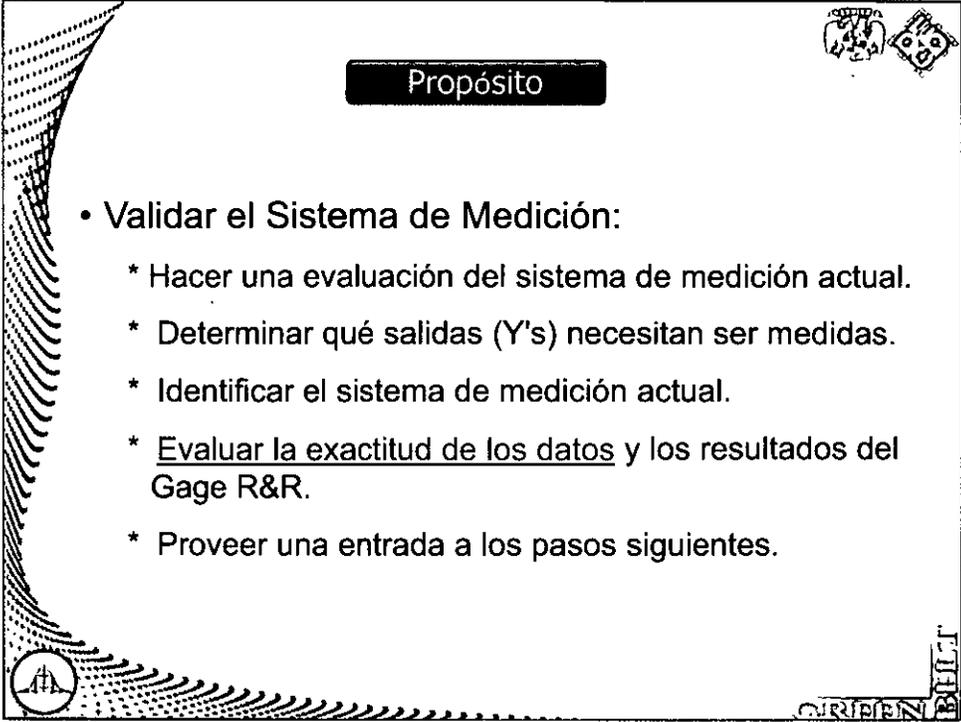


**Valide el Sistema de Medición**  
**Herramientas Incluidas:**

Evaluación del Sistema de Medición  
Gage R&R para Atributos  
Gage R&R para Variables

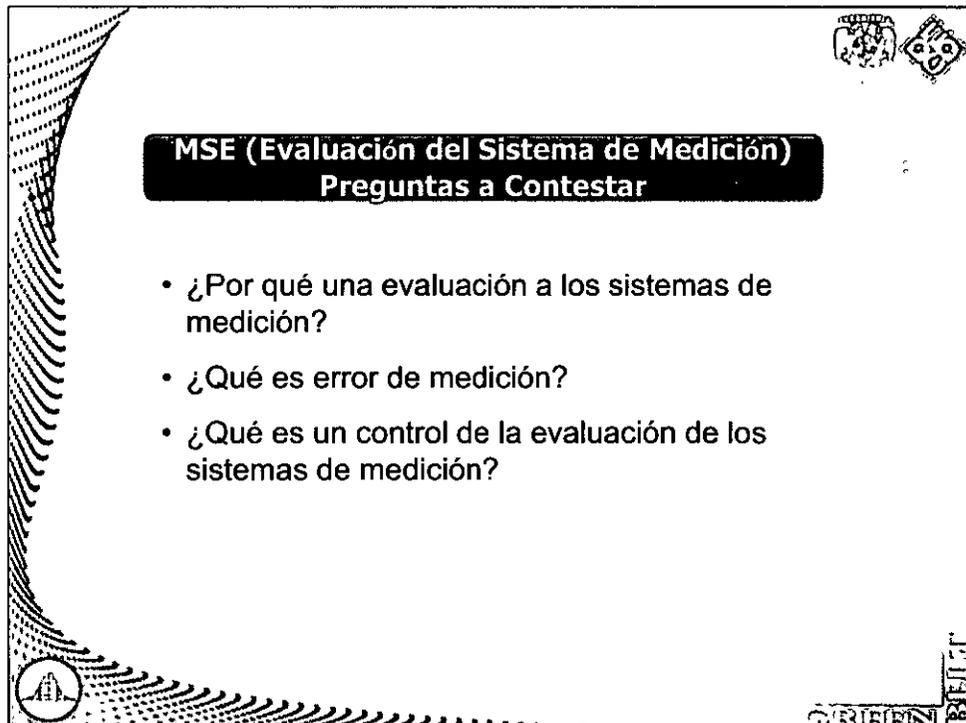
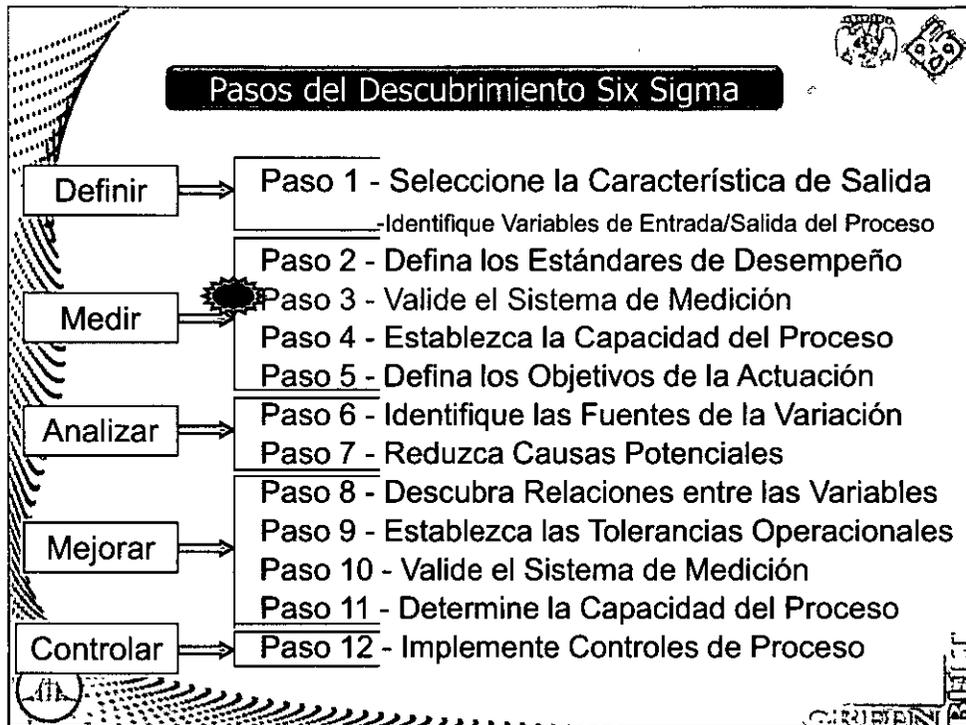
*"Lo que puedes medir, seguramente lo puedes mejorar"*

Shingeo Shingo  
Toyota Motors



**Propósito**

- Validar el Sistema de Medición:
  - \* Hacer una evaluación del sistema de medición actual.
  - \* Determinar qué salidas (Y's) necesitan ser medidas.
  - \* Identificar el sistema de medición actual.
  - \* Evaluar la exactitud de los datos y los resultados del Gage R&R.
  - \* Proveer una entrada a los pasos siguientes.



**¿Por qué MSE?**

¿Por qué una Evaluación del Sistema de Medición?

Una evaluación del sistema de medición **DEBE** emprenderse para **ASEGURAR** el análisis eficaz y exacto de datos subsecuentes generados por una característica dada del proceso/producto.

**La Variabilidad total = Variabilidad del Producto + Variabilidad de la Medida**

**Valor observado = Valor Master + Error de la Medida**

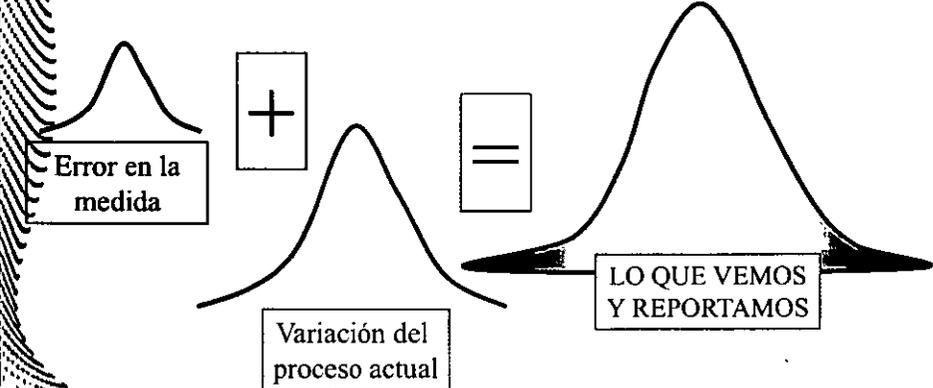
El Error de la medida es un término estadístico que significa el efecto neto de todas las fuentes de variabilidad de la medida que causa un valor observado al desviarse del master.




GREEN BELT

**¿Qué piensas?**

Para Verificar cualquier Mejora debemos tener confiabilidad en los datos.



GREEN BELT



**Datos y MSE**

**¡¡Recuerda!!**

Los **datos** generados por una característica de un proceso o producto dado **deberá ser exacta y consistente!**

Si esto no es cierto, **no puedes saber** o verificar que **tan bueno o malo** es **el proceso** actual, o que tanto **impacto** fue hecho **cuando** se **implementarán mejoras en el proceso** durante el curso del proyecto.

GREEN BELT



**¿Qué es MSE?**

**La Evaluación del Sistema de Medición** es usualmente una **evaluación cuantitativa** de las herramientas y procesos usados en hacer observaciones de datos discretos o variables.

**El Control de Sistemas de Medición** es el proceso que es establecido, documentado y continuamente llevado a cabo para **asegurar que un sistema de medición mantiene un estado aceptable**. A esto se llama "**Gage Plan a Largo Plazo**"

GREEN BELT

### ¿Qué pasa si un estudio tradicional R&R no funciona?

- Cualquier dato usado DEBE pasar por un MSE (Evaluación del Sistema de Medición).
  - Gage R&R para Variables - Repetibilidad y Reproducibilidad.
  - Gage R&R para Atributos.
  - Otros, incluyendo ISO-Plot, etc.
- ¿Qué queremos decir con "otro"?
  - Debes poder declarar que verdaderamente "confías en estos datos", debes demostrar que los datos son exactos.
  - Hay muchas maneras de hacer esto. Ej: si estas haciendo un proyecto acerca de rotación, como sé si puedo confiar en la base de datos de R.H.? (2 fuentes de medición de los mismos datos)

### Preguntas a Contestar de MSE (1 de 2)

#### ¿Por qué una evaluación del sistema de medición?

- Debe hacerse una evaluación del sistema de medición para asegurar el análisis efectivo de datos subsecuentes para una característica dada.

#### ¿Qué es un error de medición?

- Error de medición es el efecto neto de todas las fuentes de variación que causan que un valor observado se desvíe del master.

UNAM

**Preguntas a Contestar de MSE (2 de 2)**

**¿Qué es una evaluación del sistema de medición/control?**

- Una evaluación del sistema de medición es una evaluación cuantitativa de las herramientas y procesos usados para hacer observaciones de datos. El **control** es un proceso establecido llevado a cabo para asegurar que el sistema mantiene un estado aceptable.

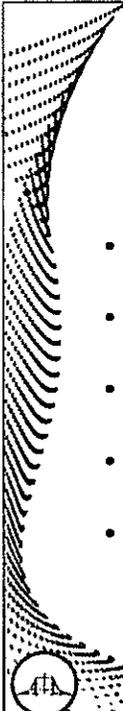
GREEN BELT





**Datos**

Aoccdrnig to a rscheearch at an Elingsh uinervtisy, it deosnt mttar in waht oredr the ltteers in a wrod are, the olny iprmoetnt tihng is taht frist and lsat ltteer is at the rghit pclae.



**Datos**

- Datos históricos pueden ser extremadamente útil, claro cuando los tenemos
- De cualquier manera, no dejemos nuestras esperanzas de lado! A menudo los datos históricos son:
  - – No están basadas en las mismas definiciones operacionales.
  - – Son difíciles de usar (no esta estratificada de la manera que deseamos, por ejemplo)
  - – Incompleta

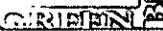




**Pasos para la colección de datos**

1. Identificar la medición
  - KPOV, KPIV, Continuos o Atributos
  - Clarificar la definición operacional
2. Definir las categorías a estratificar (etiquetar las muestras) visualiza como quieres analizar los datos – Por turno, por operador, por día, por mes, etc.
3. Crear un plan de colección de datos
  - Quién, Qué, Dónde, Cuándo, Cómo
4. Diseñar el formato de colección de datos y monitorear el sistema
  - Hojas de chequeo
  - Electrónica
5. Crear los procedimientos para completar los formatos o formas
6. Colectar los datos







**Colección de datos**

- Elemento a ser medido: \_\_\_\_\_
- Este elemento es: Output (KPOV)? \_\_\_\_ Input (KPIV)? \_\_\_\_
- Esta medición es : Continuos? \_\_\_\_ Atributos? \_\_\_\_
- Definición operacional:
- Cómo será expresada la medición? (numero, porcentaje, tiempo, etc.) \_\_\_\_\_
- Qué será incluido? Qué no será incluido?  
\_\_\_\_\_
- Cómo será el procedimiento para tomar la medición?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Debemos estar preocupados sobre los cambios en tiempo extra?  
Si No **Colección Paso 1: Seleccionar la medición**





### Definición Operacional

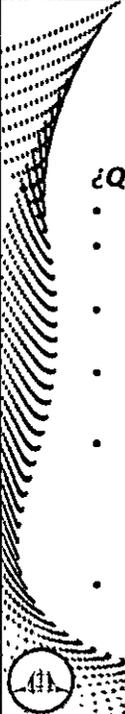
- Definición Operacional = una clara, descripción entendible de que necesita ser observado y medido, de manera que diferentes operadores tomen e interpreten los datos de manera consistente
- Una definición operacional debe contener:
  - Como definir la medición
  - Qué las mediciones incluirán y que no abarcaran
  - Como tomar la medición (procedimiento)

### Definir la Estratificación

- Algunos de ellos pueden venir de las X's o del matriz C&E.
- Algunos son datos no encontrados en la matriz C&E.
- Este árbol nos ayudará a identificar como diseñar nuestro plan de colección de datos, el método y la forma.

KPOV

- Quién
  - Admisión
  - Tipo de cliente
- Dónde
  - Divisiones
  - Facilidades
- Cuándo
  - Por turno
  - Semana al mes
- Cómo
  - Tipo de factura
  - Tiempo de entrenamiento



### Recolección de datos

**¿Qué es el muestreo?**

- Una porción de un set de datos de el total de datos
- Usando el dato desde la muestra para mostrar inferencias estadísticas
- Para un mas rápida y menos costoso camino para obtener el comportamiento del proceso
- Una versión miniatura de la población
  
- Dos consideraciones al llevar el muestreo:
  - Calidad de la muestra
  - Tamaño de la muestra
  
- Proceso o población durante un cierto periodo de tiempo y recuerda que aunque la muestra sea muy grande solo es eso, una MUESTRA



### Recolección de datos

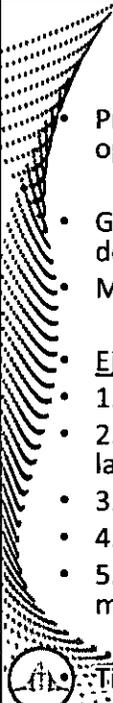
- Minimizar las tendencias en durante el muestreo
  - Evita el muestreo por "Conveniencia"
  - Minimiza las tendencias desde el origen del proceso (cuestionarios, métodos de entrevista, etc.)
  - Elabora una estrategia de muestreo
  - Cuida el omitir datos





### Estrategia de muestreo

- Aleatoria
  - – Cada unidad tiene igual oportunidad de ser seleccionado
- Estratificado
  - – Muestreo de estratificación o grupos lógicos
- Sistemático
  - – Prescribir el muestreo en función de frecuencia de tiempo o de conteo
- Locación
  - – Grupos naturales, pueden ser basados geográficamente



### Ejercicio

- Propósito: Obtener práctica al establecer definiciones operacionales
- Grupo: Equipos de 4 personas <1 Cliente, 1 Green Belt, 1 Tomador de Medidas, 1 Persona que confirmará las mediciones>
- Materiales: Galletas, Lápiz, Pluma, Hojas de Papel
- Ejercicio
  1. Abre la bolsa de galletas
  2. Como grupo, creen una definición operacional de un defecto de la galleta.
  3. Escriban su definición operacional en una hoja de papel
  4. Cuenten el numero de galletas que están libres de defectos
  5. Cambien al Tomador de medidas. ¿Los resultados, son los mismos?

Tiempo: 25 minutos



## Contenido

- 1) CONCEPTOS BÁSICOS ( TIPOS DE DATOS )
- 2) ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA
  - a) Media
  - b) Mediana
  - c) Moda
  - d) Varianza
  - e) Desviación Estándar
  - f) Rango
- 3) ANÁLISIS GRÁFICO
  - a) Histograma
  - b) Box- Plot
  - c) Diagrama de Dispersión
  - d) Run Charts
  - e) Gráficos de Pareto
- 4) ESTUDIOS DE CAPACIDAD DE PROCESO ( Cp y Cpk )

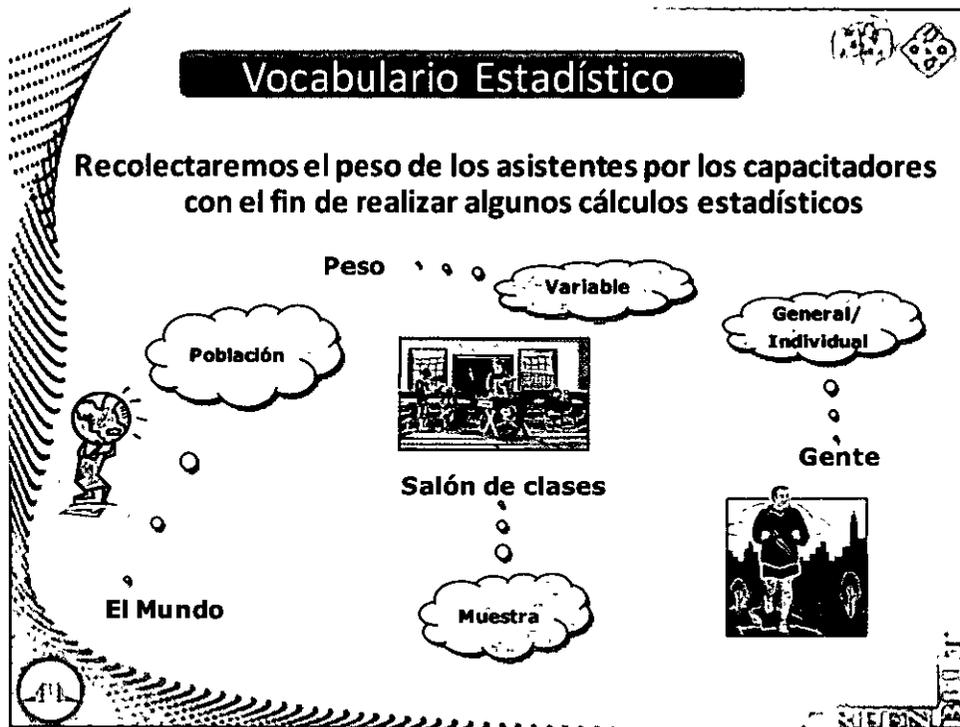
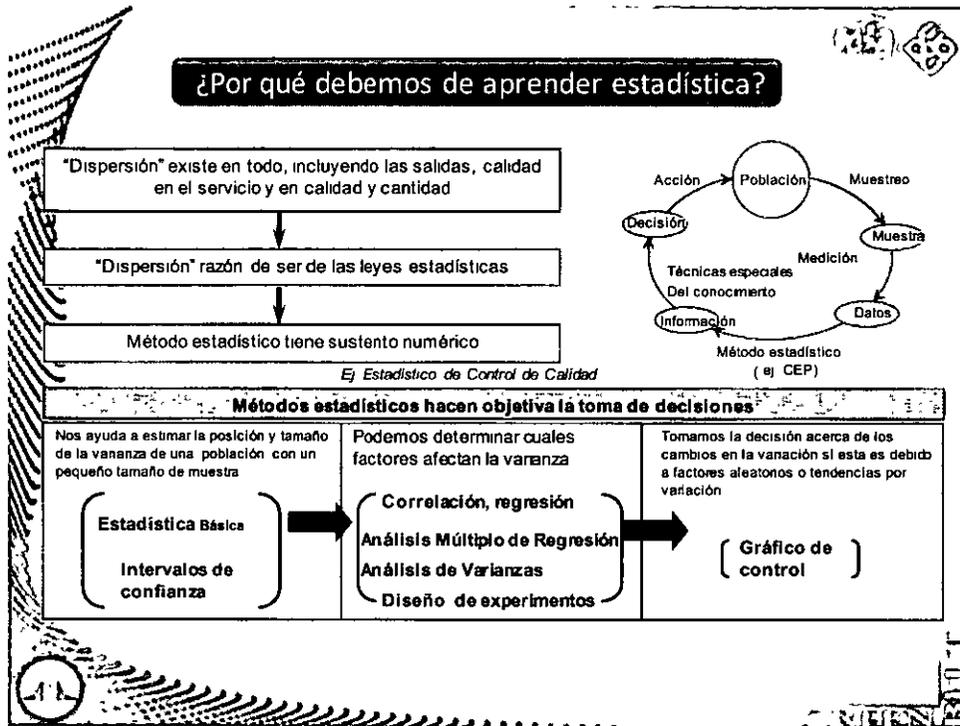
## Conceptos Estadísticos y Definición

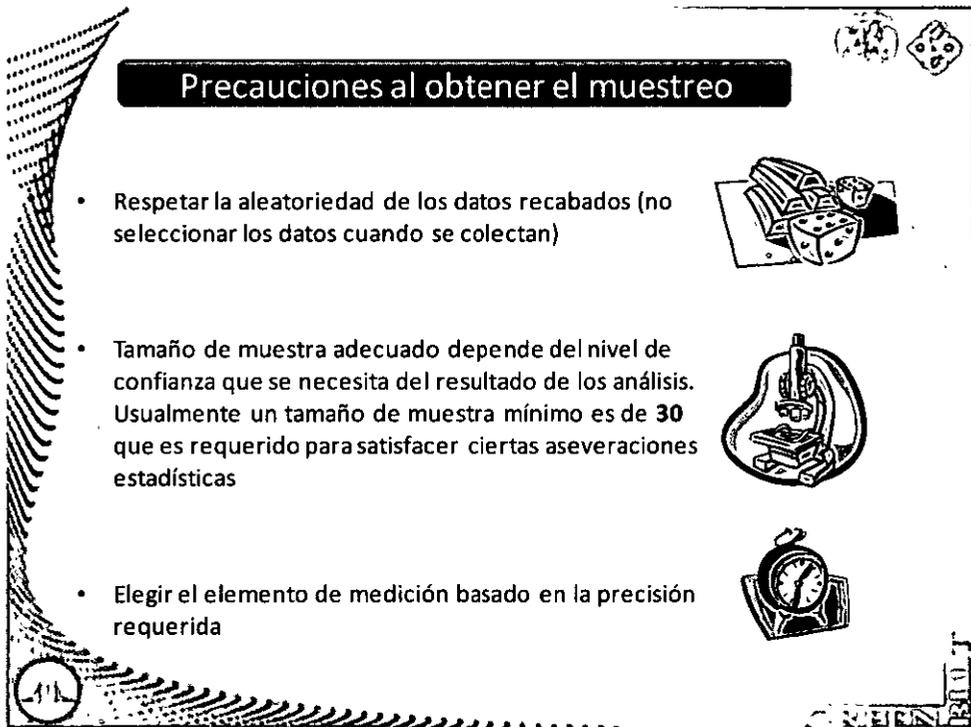
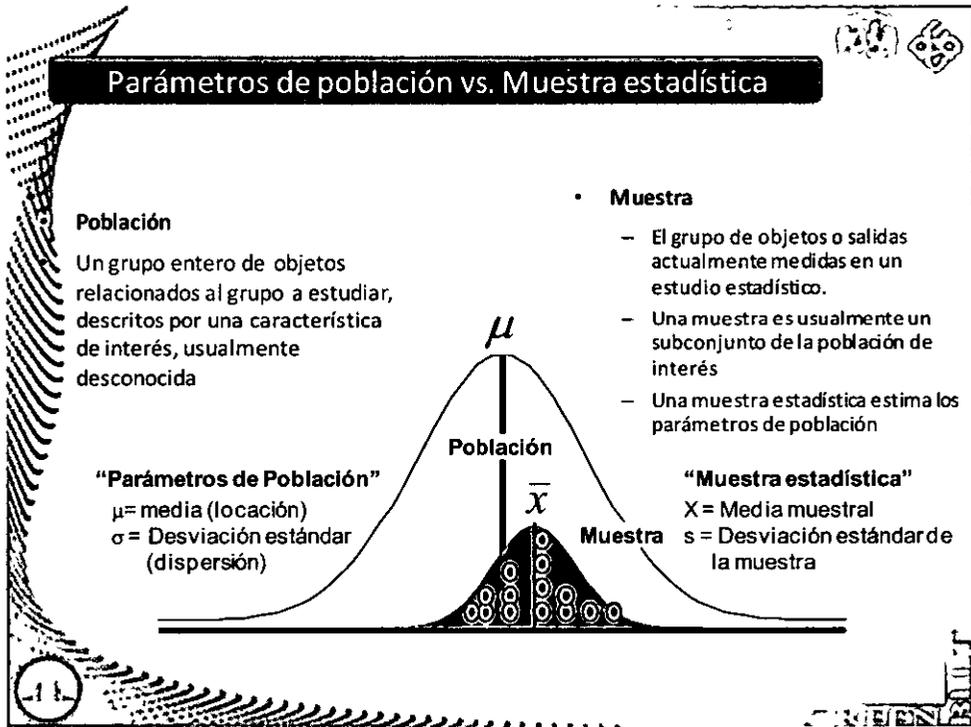
### Propósitos

- Incrementar el conocimiento de herramientas disponibles para desarrollar el análisis de datos
- Promover el adecuado uso de las herramientas
- Recordar que el origen y calidad de los datos es tan importante como su análisis estadístico

### Definiciones

- **Estadísticos:** Serie de métodos para colección, presentación y análisis de datos
- El **objetivo de la Estadística** es la de servir como herramienta en la toma de decisiones y solución de problemas al describir la variabilidad (desconocida)
- Un fenómeno se dice que es **aleatorio** si observaciones idénticas no producen idénticos resultados





### Distribuciones Discretas

Quando el parámetro a medir puede tomar únicamente valores cualitativos como son "pasa /no pasa" o valores categorizados como pueden ser "rojo/amarillo/verde", la distribución de estos datos lo conocemos como dato "discreto"

**Ejemplos :**

  
 Cliente conforme

  
 Cliente no conforme

### Luces Tráfico



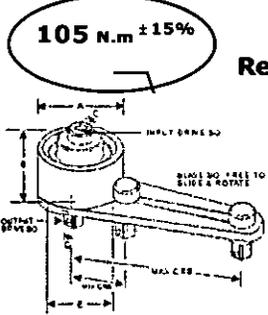
### Distribuciones Continuas

Quando la variable a ser medida es expresada en una escala continua, (donde hay una infinidad de valores entre dos medidas lecturas de medición), la distribución de los datos la llamaremos datos "continuos".

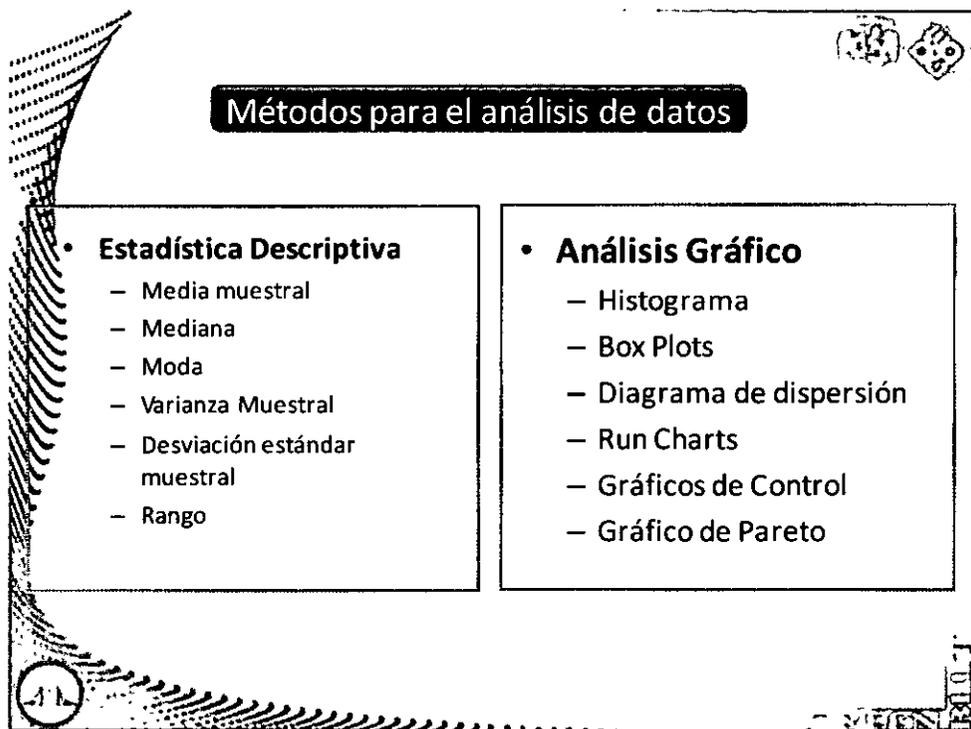
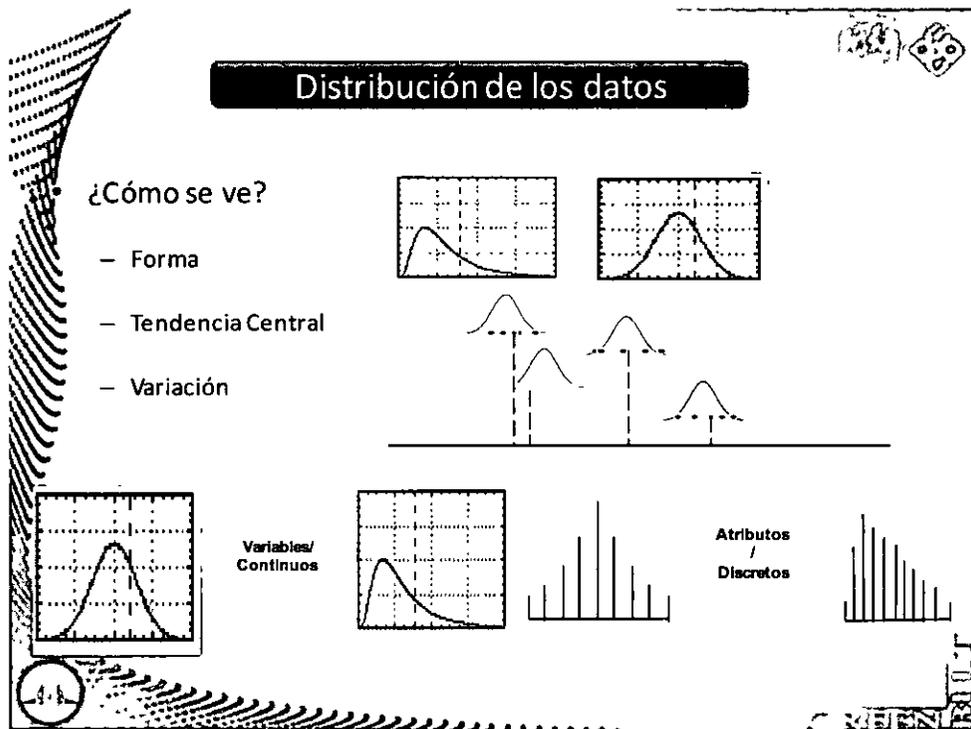
**Ejemplos :**

  
 La velocidad de un esquiador

**105 N.m ± 15%**

  
  
**Resultados de medición**

106
107
106.7
106.8
106.75
106.75



- **Media:** Promedio aritmético del conjunto de datos
- Influenciado por todos los valores del conjunto
  - Altamente influenciados por los outliers
- **Mediana:** Representa el valor medio de los puntos (50%)
  - Indica claramente los valores fuera de la mayoría o outliers
  - **Pasos Básicos:**
    - Ordena todos los valores desde el mas pequeño al mas grande
    - Cuenta el numero de valores de los datos en el conjunto de datos (=n)
    - Para las n, la mediana es el valor correspondiente a (n)/2 o el promedio de (n+2) y ((n+2)+1) del valor ranqueado; (cuando n es par)
- **Moda:** Representa el valor mas frecuente en el conjunto de datos

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

### Medidas de Tendencia Central

\*Podemos representar este dato por un sencillo valor numérico

DATASET		EVEN	MODA	MEDIAN		ODD = (n+1)/2	
1	13	$\sum_{i=1}^n X_i/n$ $X=161.1$ 15 $X=10.74$ Si eliminamos 13 0 & 12.5 $X=135.6$ 13 $X=10.43$ Significa que el outlier tiene una fuerte influencia	13	10.1	1	ABOVE ↑ 50% $X=10.5$ ↓ 50% BELOW	<b>PAR</b> Promedio entre N/2 Y N/2+1
2	10.3		10.3	10.1	2		
3	10.7		10.7	10.1	3		
4	10.9		10.9	10.2	4		
5	10.8		10.8	10.3	5		
6	10.1		10.1	10.3	6		
7	10.6		10.6	10.4	7		
8	10.4		10.4	10.5	8		
9	10.1		10.1	10.6	9		
10	10.5		10.5	10.6	10		
11	10.6		10.6	10.7	11		
12	10.1		10.1	10.8	12		
13	10.2		10.2	10.9	13		
14	12.5		12.5	12.5	14		
15	10.3		10.3	13	15		

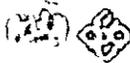
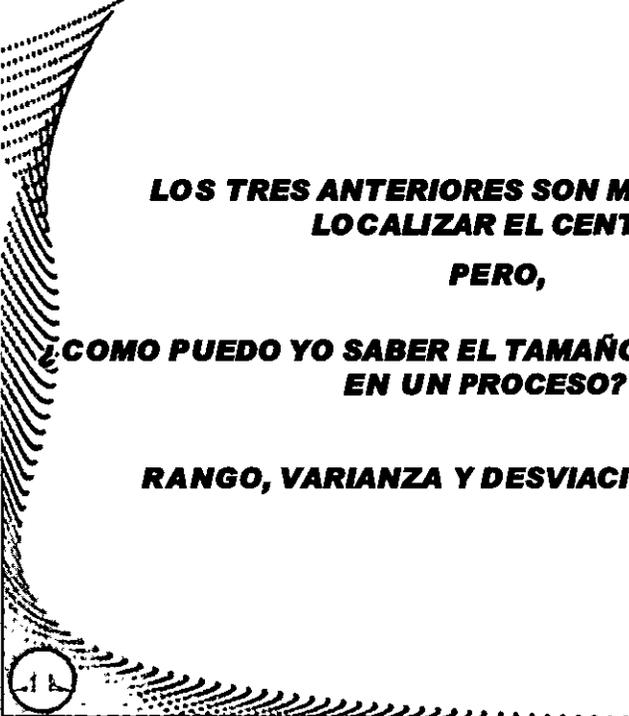
**PAR**  
 Promedio entre  
 N/2 Y N/2+1

**EXAMPLE**  

1	2
2	4
3	6
4	8
5	10
6	12
7	14
8	16

N/2 = 4 > 8  
 N/2 + 1 = 5 > 10  
 AVE = (8+10)/2 = 9

**Moda:** Es el valor usado mas frecuentemente que representa el grupo  
**Mediana:** Es usado frecuentemente para representar los niveles salariales o empleados en una compañía  
**Media:** Es frecuentemente usado para mostrar los valores representativos del mercado (El valor que mas requieren los clientes se le denomina moda)

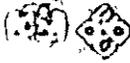
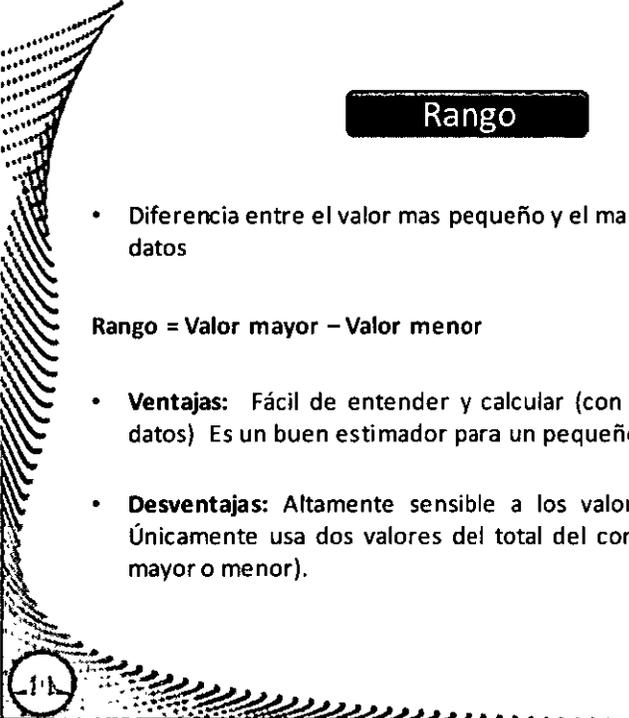


**LOS TRES ANTERIORES SON MEDIDAS PARA LOCALIZAR EL CENTRO**

**PERO,**

**¿COMO PUEDO YO SABER EL TAMAÑO DE LA VARIACIÓN EN UN PROCESO?**

**RANGO, VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR**



**Rango**

- Diferencia entre el valor mas pequeño y el mas alto del conjunto de los datos

Rango = Valor mayor – Valor menor

- **Ventajas:** Fácil de entender y calcular (con un pequeño numero de datos) Es un buen estimador para un pequeño conjunto de datos (< 8)
- **Desventajas:** Altamente sensible a los valores extremos o outliers. Únicamente usa dos valores del total del conjunto de datos (el dato mayor o menor).



### VARIANZA

Para explicar la varianza consideremos estos dos grupos de datos

10, 20, 30, 40, 50

$\bar{X}=30$

25, 26, 31, 32, 36

$\bar{X}=30$

**Si únicamente vemos el valor de la media no podemos identificar el tamaño de la dispersión**

- **Varianza de la muestra (S<sup>2</sup>)**
  - Promedio al cuadrado de la distancia de cada punto con respecto a la media.
  - **Desventaja:** Variabilidad nos otorga medidas en unidades cuadradas las cuales pueden ser confusas.

UNA ALTERNATIVA PARA APRECIAR LA VARIACIÓN ES:

**COLOCAR EL VALOR DE LA MEDIA COMO REFERENCIA Y MARCAR LAS DIFERENCIAS CONTRA CADA DATO Y AGREGAMOS TODAS LAS DIFERENCIAS**

X - $\bar{X}$
10-30 = -20
20-30 = -10
30-30 = 0
40-30 = 10
50-30 = 20

$\sum X - \bar{X}$

-20-10+0+10+20=0

COMO UNA SUMA NO TIENE SENTIDO TAMPOCO

ELIMINANDO EL VALOR NEGATIVO AL ELEVAR AL CUADRADO Y REALIZANDO LA SUMATORIA

$\sum (X - \bar{X})^2 = (-20)^2 + (-10)^2 + (0)^2 + (10)^2 + (20)^2 = 1000$

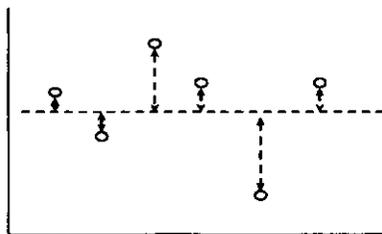
ASÍ ES COMO PODEMOS MOSTRAR EL TAMAÑO DE LA DISPERSIÓN

$\sum (X - \bar{X})^2$  = SUMA DE CUADRADOS DE LA DESVIACIÓN O SUMA DE CUADRADOS

\* SI DIVIDIMOS POR EL NUMERO DE DATOS TENEMOS LA VARIANZA O MEDIA DE CUADRADOS REFERIDA COMO V

### Interpretación Gráfica de S

**Ejemplo:** Encuentra la varianza y desviación estándar de la muestra por los siguientes valores: 2, 6, 1, 8, 4, 5, 3



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

#### • Desviación Standard (S)

- Raíz cuadrada de la varianza
- Medida de medición de la variación mas utilizadas
- Conserva sus mismas unidades como los datos originales los cuales facilitan su entendimiento

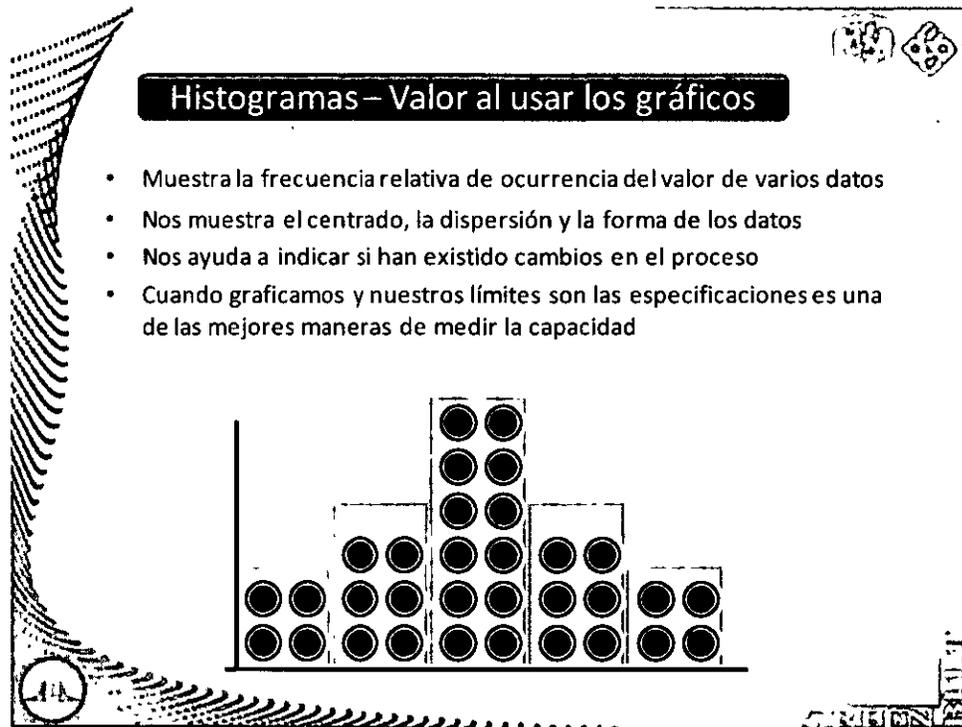
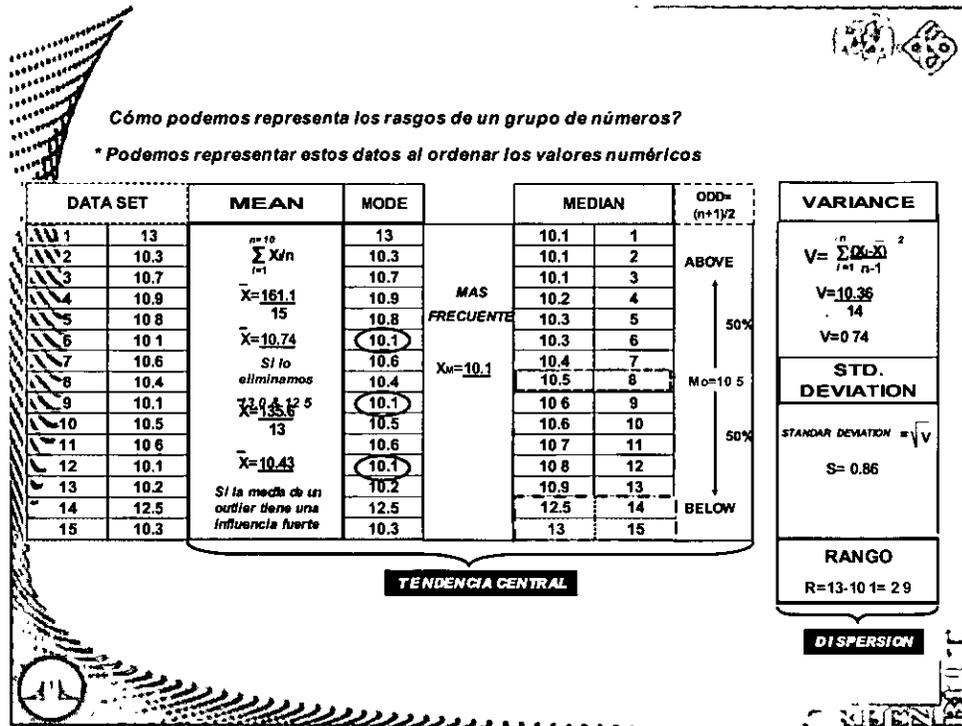
### Métodos para el análisis de datos

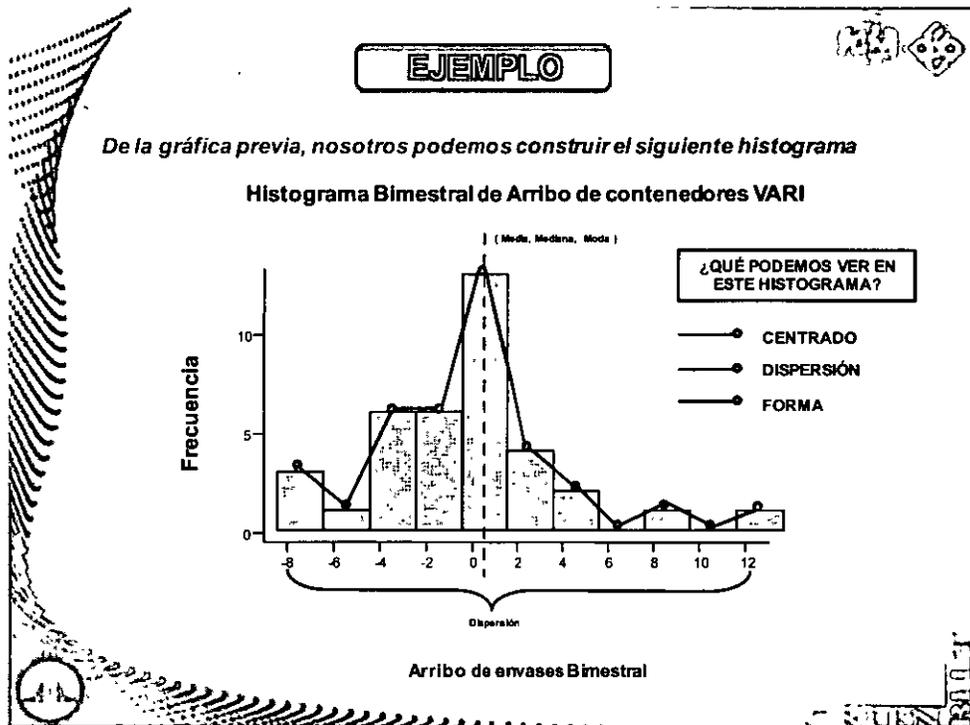
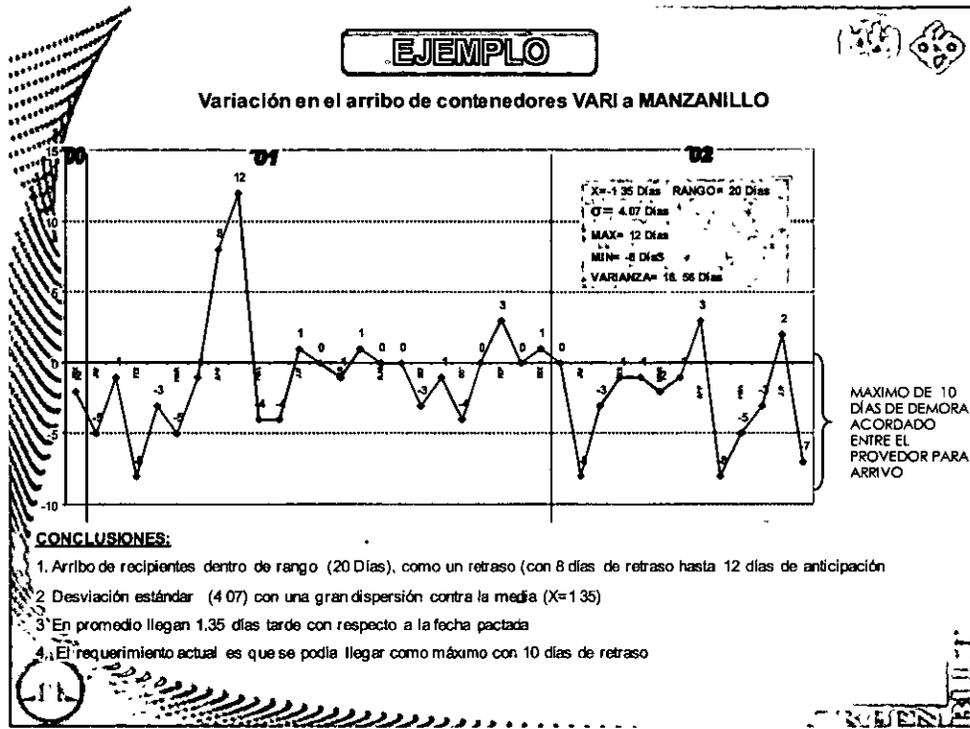
#### • Estadística Descriptiva

- Media muestral
- Mediana
- Moda
- Varianza Muestral
- Desviación estándar muestral
- Rango

#### • Análisis Gráfico

- Histograma
- Box Plots
- Diagrama de dispersión
- Run Charts
- Gráficos de Control
- Gráfico de Pareto





### Boxplot - ¿Por qué?

- Visualiza:
  - Rango
  - Rango intercuartil
  - Media
  - Mediana
- Ayuda a identificar los valores extremos (outliers)\*
- Útil para comparar entre múltiples conjuntos de datos
- Un Boxplot consiste en:
  - Una caja rectangular que representa el punto medio 50% de los datos
  - Líneas o "whiskers" extendidos de cualquier lado que representa el 25% de los datos
  - Marca de las observaciones que están muy por afuera de la mayoría de los datos (outliers)

### Un poco más de Box Plot

**Box Plot (figura de Box whisker)**

Incluye el 25% de los datos de mayor valor

Whisker

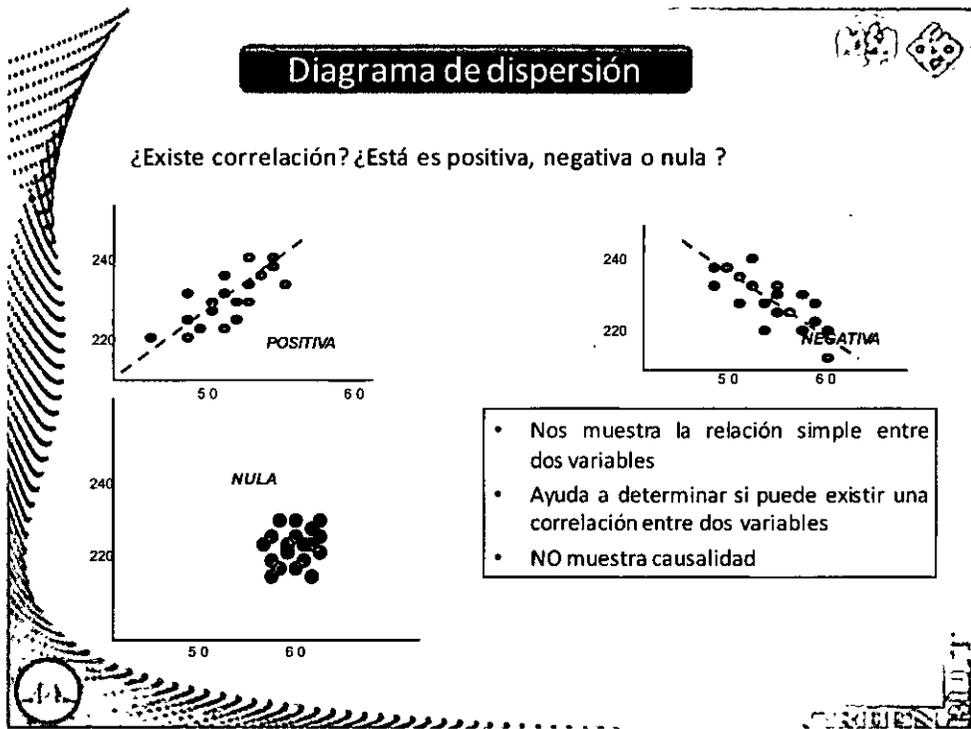
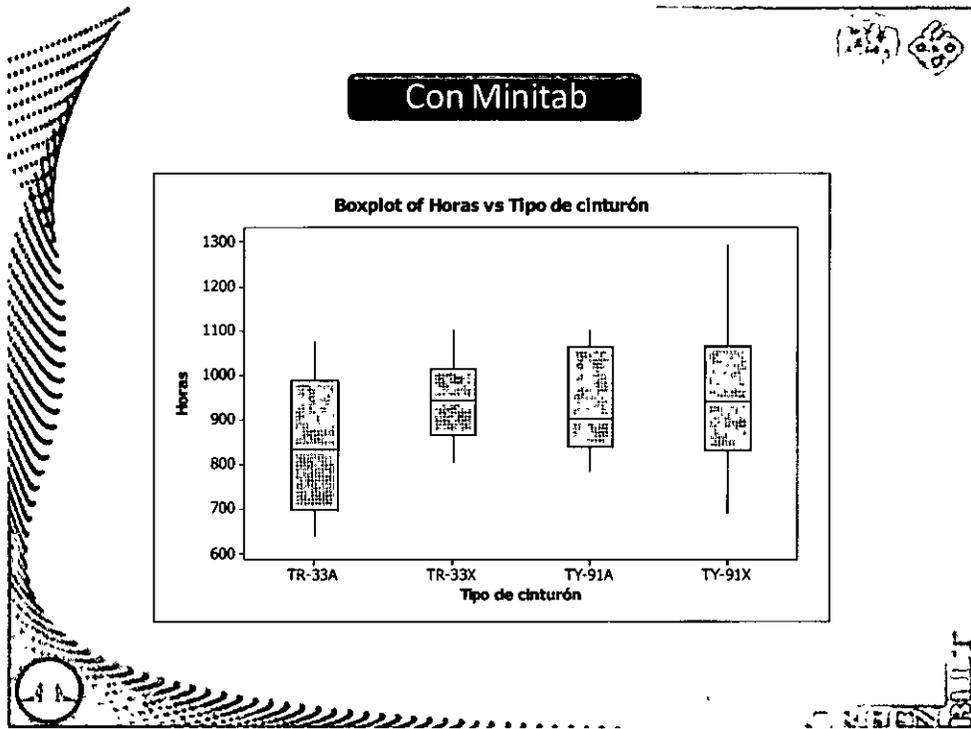
La caja incluye el 50% de los datos (la línea dibujada en el centro representa la mediana)

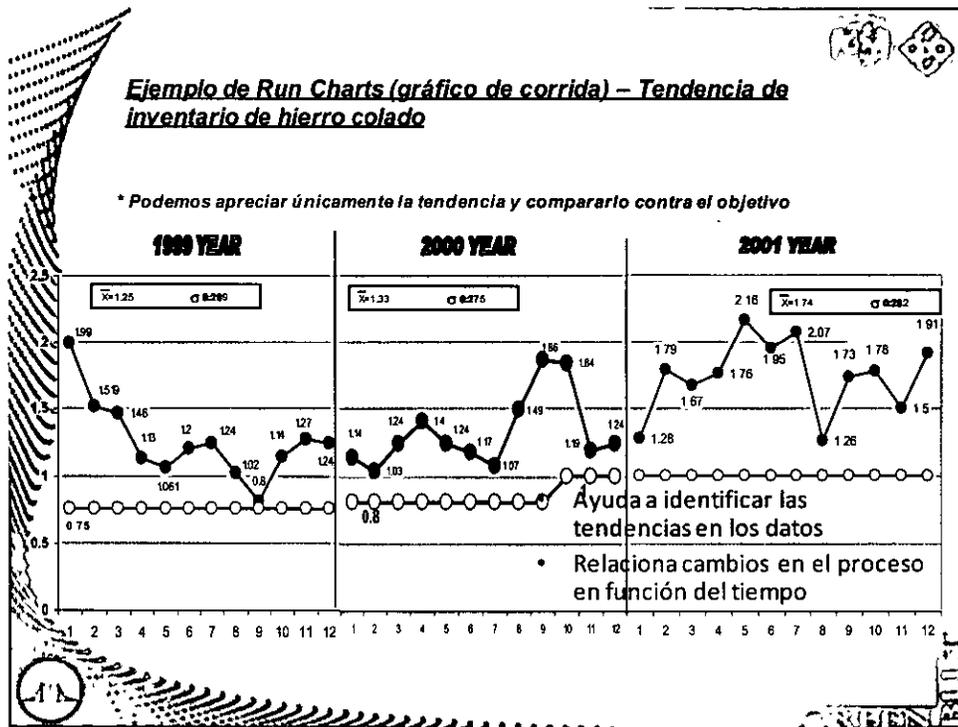
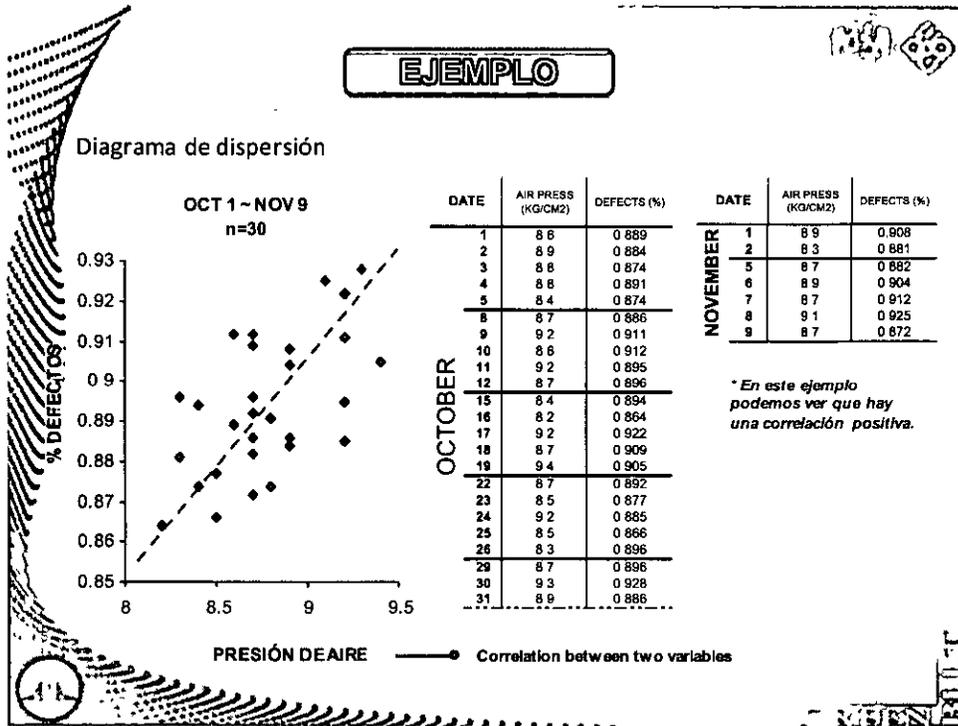
Caja

Incluye el 25% de los datos de menor valor

Whisker

La figura completa es larga = La varianza es larga  
La figura completa es corta = La varianza es corta



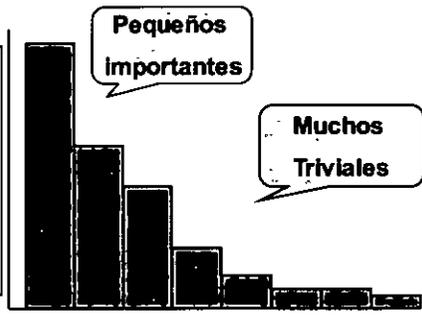


**Principio de Pareto...**

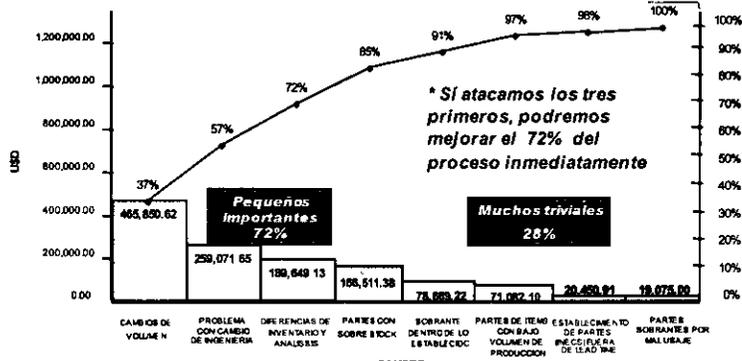
Wilfredo Pareto – Un economista Italiano del siglo XIX decía “Muy pocas personas acaparan la mayoría del dinero”  
80% de los problemas estan relacionados al 20% de las causas

- Poderosa herramienta gráfica
- Muy útil cuando establecemos prioridades

- Nos ayuda a enfocar los esfuerzos a los problemas que observan el potencial mas grande a ser mejorado mostrando su frecuencia relativa en tamaño con una gráfica de barras
- Un gráfico de Pareto es un poderosa y sencilla herramienta gráfica para separar de los “pequeños importantes” de los “muchos triviales”



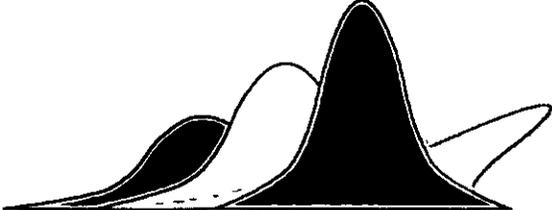
**MATERIAL OBSOLETO, GRÁFICO DE PARETO en 2002**



MODELO	CAMBIO DE VOLUMEN	SOBRANTE DENTRO DE LO ESTABLECIDO	PROBLEMA CON CAMBIO DE INGENIERIA	DIFERENCIAS DE INVENTARIO Y ANALISIS	PARTES CON SOBRE STOCK	SOBRANTE DENTRO DE LO ESTABLECIDO	PARTES DE ITEM CON BAJO VOLUMEN DE PRODUCCION	ESTABLECIMIENTO DE PARTES (BROCA) PEORA DE LEAS TIME	PARTES SOBRESANTES POR MAL USAR
BIS USA B2		21,275.80	144,184.45	86,384.13	15,260.33	827.43			
BIS BOM GRADO C 02	7,744.46	1,087.80		21,775.18	6,487.07	330.40		8,781.87	
BIS DOMESTICO GRABO "Y" Y "W" DEL LATINO AMERICA	412,813.41	1,801.37	40,288.20	4,482.02	8,274.78	88,381.80			
BIS CAMARA		1,868.25		18,810.82		1,732.87		4,882.24	
VERBOLLOS RS B2	828,647.86	28,234.32	984,088.06	132,947.11	38,832.18	71,882.18		15,833.91	
MOTOR OBTGCA18	33,833.76	27,143.88	6.88	8.88	86,328.26	6.88		1,864.00	
CRAC B1	264,295.88			8.88				42.88	
TOTAL	444,381.82	382,848.27	184,088.64	132,987.13	198,857.28	71,882.18		3,887.88	
% ACUMULADO	38%	69%	79%	89%	92%	98%		100%	



## Estudios de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk)

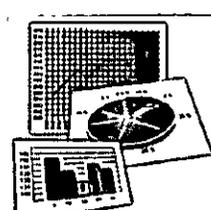




Existe variación en todos los aspectos de nuestra vida:

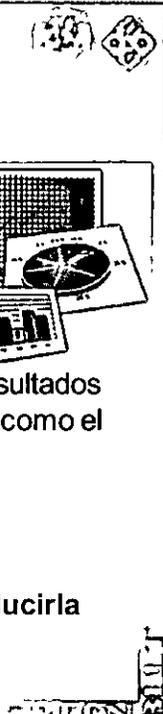
Variación

También todas las acciones repetitivas de un proceso de manufactura tienen cierta fluctuación.

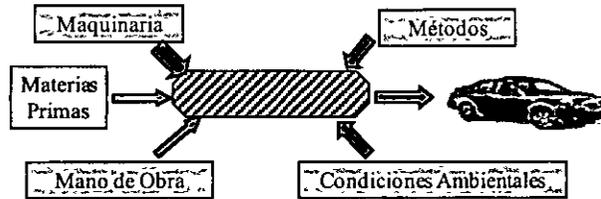
Esto lo vemos reflejado en los resultados de nuestros indicadores internos como el DPU, STR

Es nuestra obligación:  
Entenderla, medirla, controlarla, reducirla



### Variación en los Procesos

El producto deseado resulta de la concurrencia de varios factores y condiciones que caracterizan al proceso.



### Fuentes de variación

**Causa Común:** siempre está presente en el proceso de alguna manera

**Causa Especial:** algo diferente que sucede en un lugar o momento dados

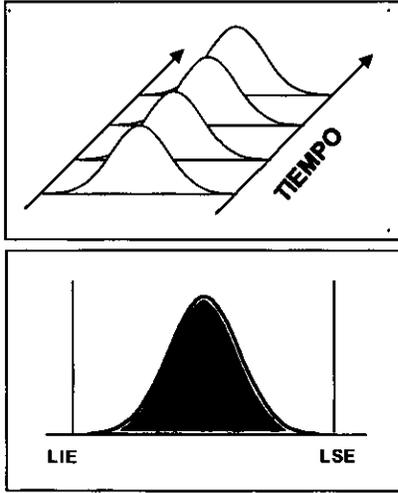
### Límites de Especificación

- ▶ Cuando un proceso es estable se puede utilizar un modelo de distribución normal (campana de Gauss)



- ▶ La variación dentro de la curva es inherente
- ▶ La variación fuera de la curva significa una perturbación en el proceso

### Control de Procesos vs Capacidad de Procesos



**Control del Proceso =**  
Estabilidad a través del tiempo.

**Capacidad del Proceso =**  
La habilidad de un proceso estable para cumplir con las especificaciones.

### Capacidad del Proceso

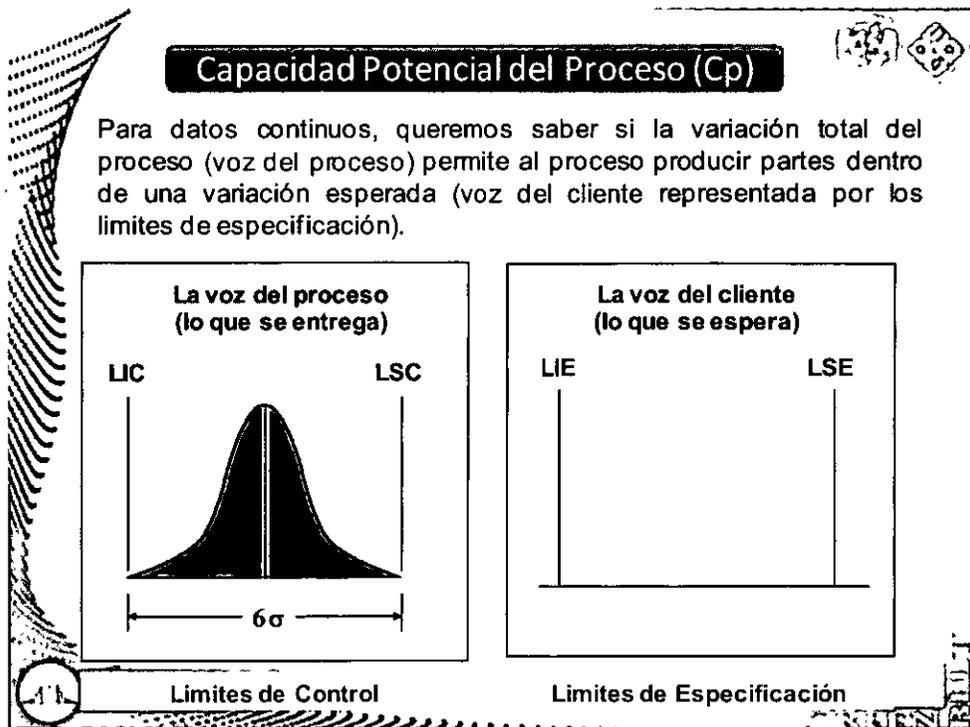
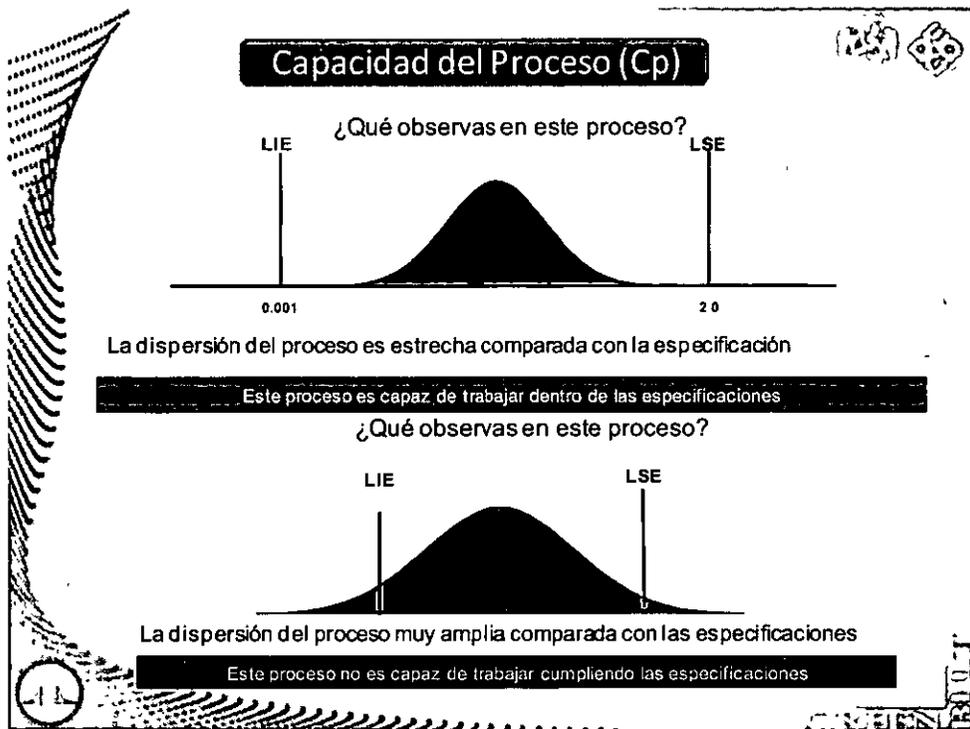
¿Para qué sirve la Capacidad del Proceso?

Nos permite asegurar si un proceso:

- ⊕ Es consistente (repetible)
- ⊕ Esta dentro de especificación
- ⊕ Es muy grande en variación y cuanto
- ⊕ Es rechazado o aceptado indicando el número de piezas defectuosas



La capacidad o habilidad del proceso está determinada por la variación total que se origina por las causas comunes o en otras palabras, es la variación mínima que puede ser alcanzada una vez que todas las causas especiales han sido eliminadas.



### Capacidad Potencial del Proceso (Cp)

La "Capacidad Potencial" es la habilidad de trabajar en un nivel esperado y la definimos con un índice

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

↓

$$Cp = \frac{\text{Variación permitida o especificada}}{\text{Variación real del proceso}}$$

La "Capacidad Potencial" se determina comparando la variación total del proceso contra la variación permitida por el cliente

*Los límites de especificación los obtenes de los estándares y la dispersión del proceso se calcula fácilmente (solo es necesario conocer las operaciones básicas de aritmética y raíz cuadrada)*



### Capacidad Potencial del Proceso (Cp)

Ejemplo:

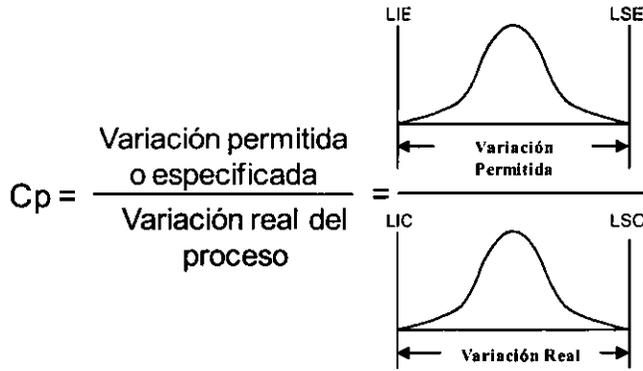
Al inspeccionar una muestra de una producción nos da los siguientes datos

$x_1 = 27.0$	$x_2 = 26.5$	$x_3 = 27.5$	$x_4 = 27.0$	$x_5 = 27.0$
$x_6 = 27.0$	$x_7 = 27.5$	$x_8 = 27.0$	$x_9 = 27.0$	$x_{10} = 26.5$

1. Primero calculamos el promedio
 
$$\bar{x} = 27.0$$
2. Calculamos la desviación estándar
 
$$\sigma = \sqrt{\frac{(27 - 27)^2 + (26.5 - 27)^2 + \dots + (26.5 - 27)^2}{10 - 1}} = 0.33$$

**Capacidad Potencial del Proceso (Cp)**

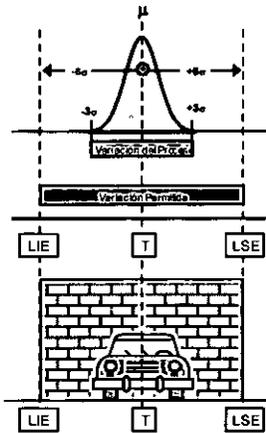
Para que un proceso sea considerado Potencialmente Capaz la variación real debe de ser igual o menor que la permitida



De otra manera no es posible que la población "quepa" dentro de las especificaciones.

**Capacidad Potencial del Proceso (Cp)**

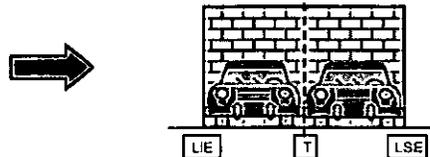
Imagina que la variación del proceso está representada por el ancho de un auto y la variación permitida por el ancho del garage...



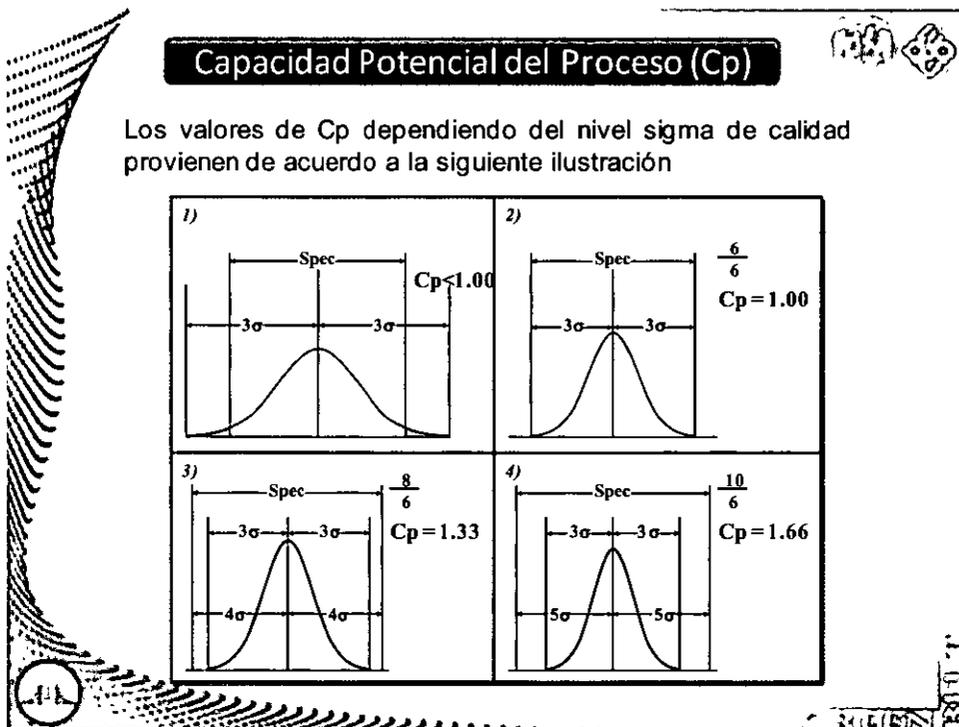
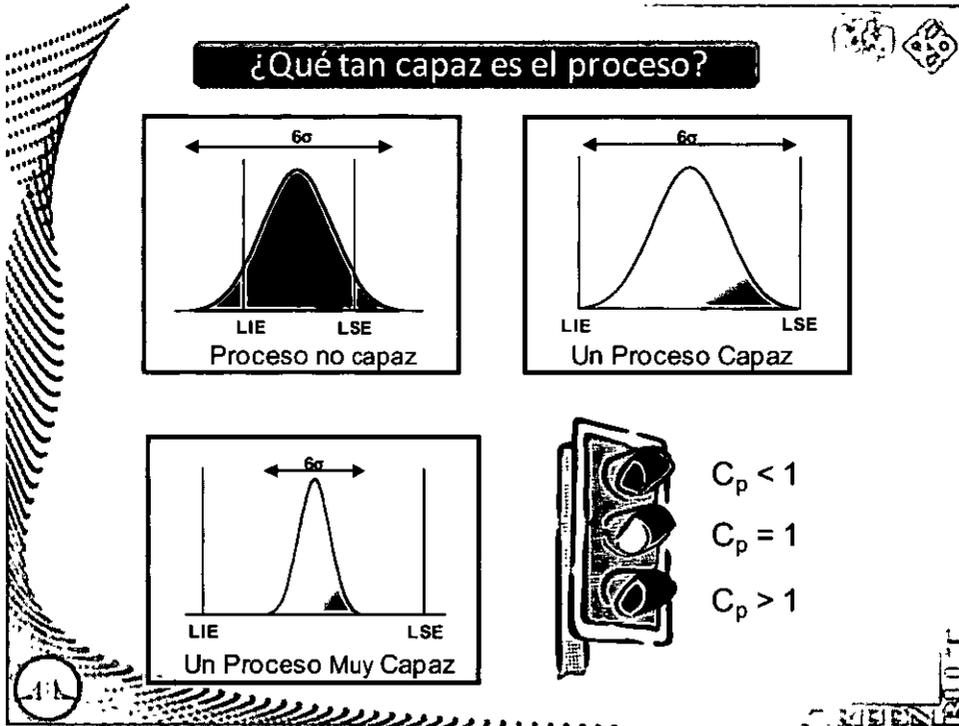
T = Target o valor nominal de especificación

El índice Cp nos dice el número de veces que cabe el auto en el garage

$C_p = 2$



Por lo que tenemos la posibilidad estacionar 2 autos en ese garage



### Capacidad Potencial del Proceso (Cp)

#### Ejercicio:

El diámetro de un balero es una característica de calidad que se ha mantenido bajo control estadístico. Se han estado tomando muestras de  $n = 5$  cada una. De las últimas muestras tenemos la información siguiente:

$$\sum X_i = 205.1260 \quad \sum R_i = 0.3000$$

Los límites de especificación son  $10.25 \pm 0.03$  cm

1. Es el proceso hábil para  $\pm 3\sigma$

### Capacidad Potencial del Proceso (Cp)

#### Respuesta:

A partir de los datos de las 20 muestras, podemos estimar los parámetros de la población

$$\mu = LC_{\bar{x}} = \frac{205.126}{20} = 10.2560 \quad \bar{R} = \frac{0.3000}{20} = 0.015$$

Y por lo tanto con  $n = 5$  tenemos:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0.015}{2.326} = 0.0064$$

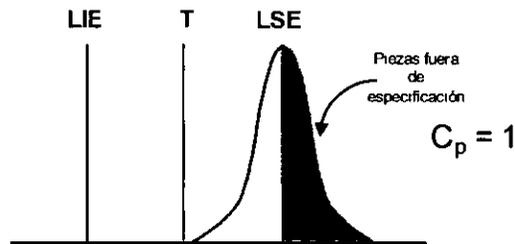
El índice Cp es:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{(10.28 - 10.22)}{6(0.0064)} = 1.562$$

Dado que  $Cp = 1.562 > 1.0$ ; el proceso es potencialmente hábil para  $\pm 3\sigma$

### Habilidad Real del Proceso (Cpk)

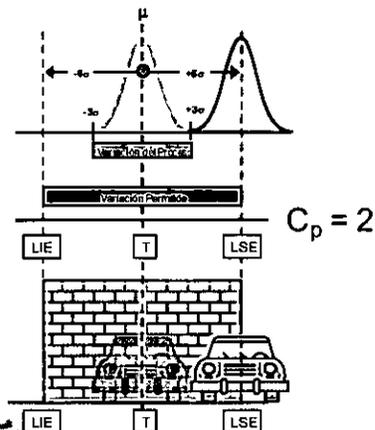
El hecho de que un proceso sea capaz potencialmente, no implica que necesariamente esta entregando consistentemente producto dentro de especificaciones; mas bien, significa que de acuerdo con su variabilidad tiene la **posibilidad** de hacerlo.



Si se cuantifica el  $C_p$  tendremos que su valor es 1; sin embargo, se puede observar que prácticamente la mitad de la producción está fuera de especificaciones.

### Habilidad Real del Proceso (Cpk)

Independientemente de que un auto tenga la posibilidad de entrar en un garage, hay otros factores que influyen para lograrlo, por ejemplo: la pericia del conductor para que pueda ser bien direccionado



Esto nos lleva a la necesidad de requerir una manera para evaluar la Habilidad Real de un proceso, para lo cual existe un índice llamado Cpk

**Habilidad Real del Proceso (Cpk)**

Cpk es el índice que mide tanto la capacidad como la habilidad del proceso, es decir la variación y localización del proceso contra las especificaciones, indicando que tan centrados están nuestros datos con respecto a los límites de especificación.

Los criterios que se aplican a éste índice son similares que para Cp, esto es:

Nivel de calidad	Cpk
$\pm 3\sigma$	1.00
$\pm 4\sigma$	1.33
$\pm 5\sigma$	1.66
$\pm 6\sigma$	2.00

**Habilidad Real del Proceso (Cpk)**

Ejercicio: Calcular el Cp y Cpk; para estimar  $\sigma$  usar:  $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$

Subgrupo	X-bar	R
1	25	1
2	25	2
3	24	0
4	21	3
5	23	2
6	25	2
7	27	5
8	28	3
9	29	2
10	30	1
11	25	0
12	28	1
13	23	2
14	25	3
15	21	3

Especificación:  $23 \pm 5.2$ ;  $n = 4$

**SOLUCIÓN**

LSE = 28.2  
LIE = 17.8

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{2}{2.059} = 0.98$$

$$\bar{x} = 25.26$$

$$Cp = \frac{28.2 - 17.8}{6(0.98)} = 1.76$$

$$Z_s = \frac{28.2 - 25.26}{0.98} = 3$$

$$Z_s = \frac{25.26 - 17.8}{0.98} = 7.6$$

$Z_{min}$

$$Cpk = \frac{3}{3} = 1$$

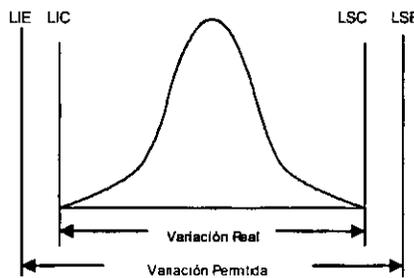
### Habilidad Real del Proceso (Cpk)

Calcular el Cp y Cpk con los mismos datos del ejercicio anterior; variando únicamente la media de medias

$\bar{X}$	Cp	Cpk	Observaciones	Conclusión
25.26	1.76	1.0	Esto es el cálculo que realizaste en el ejercicio anterior	
25			Si la media se acerca a valor nominal de especificación	
24			Si la media se acerca aún más al valor nominal de especificación	
23			Cuando la media del proceso es igual al valor nominal de especificaciones	
21			Si la media se aleja del valor nominal, desplazándose ahora hacia el LIE	
20			Si la media se aleja aún más del valor nominal, desplazándose hacia el LIE	
28.2			Si la media del proceso coincide con el LSE	
17.8			Si la media del proceso coincide con el LIE	
30			Si la media del proceso se sale de los Límites de Especificación (por el Superior)	

### Habilidad del Proceso

Existen diferentes formas de lo que podemos encontrar la condición de un proceso en la práctica:



CASO 1: La variación real es menor que la permitida y el proceso está centrado

Esta es la condición óptima de un proceso: centrado y poca variación



- Dentro de objetivo
- Poca variación
- Poca probabilidad de defectos

### Capacidad del Proceso

No cumple con la especificación en un solo lado, hacia el Limite Superior Especificado

LIE      LIC      LSE      LSC  
 Variación Permitida      Variación Real  
 Piezas fuera de especificación

**CASO 2:** La variación real es menor que la permitida y pero el proceso no está centrado

Quando se presenta este caso el proceso no cumple con un lado de la especificación. Puede ser corregido ajustando el promedio del proceso con respecto al promedio de la especificación

- Fuera de objetivo
- Poca variación
- **Alto Defectivo**

### Capacidad del Proceso

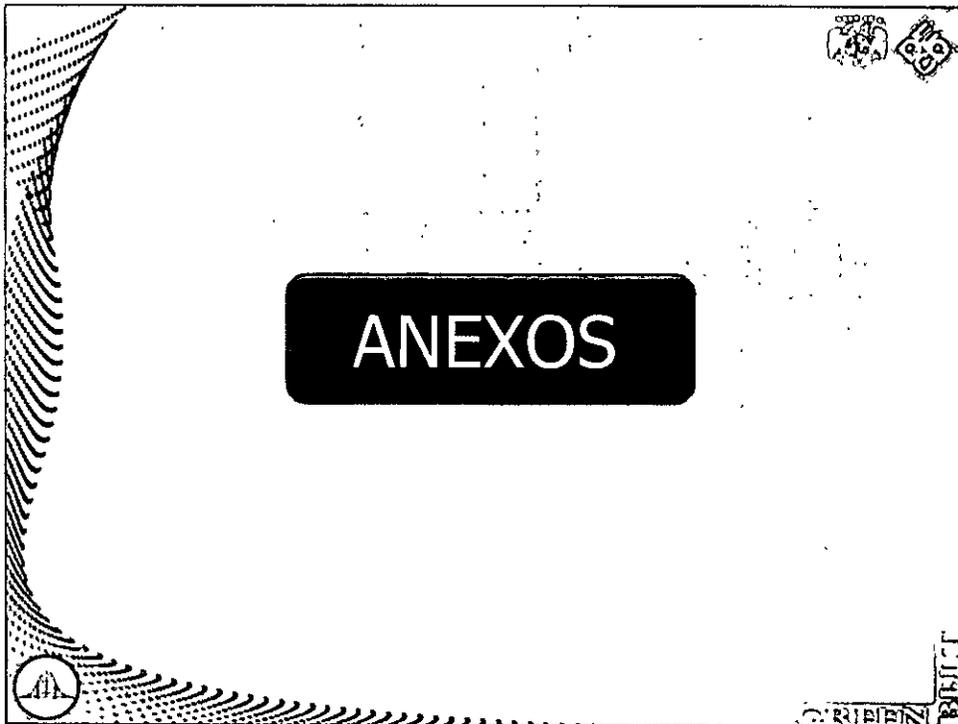
Proceso que no cumple con la especificación de ambos lados

LIC      LIE      LSE      LSC  
 Variación Real      Variación Permitida  
 Piezas fuera de especificación      Piezas fuera de especificación

**CASO 3:** La variación real es mayor que la permitida y el proceso está centrado

Quando el proceso no cumple por ninguno de los dos lados, entonces debe disminuirse forzosamente la variación

- Hay dentro producto de objetivo
- Mucha variación
- **Alto defectivo**

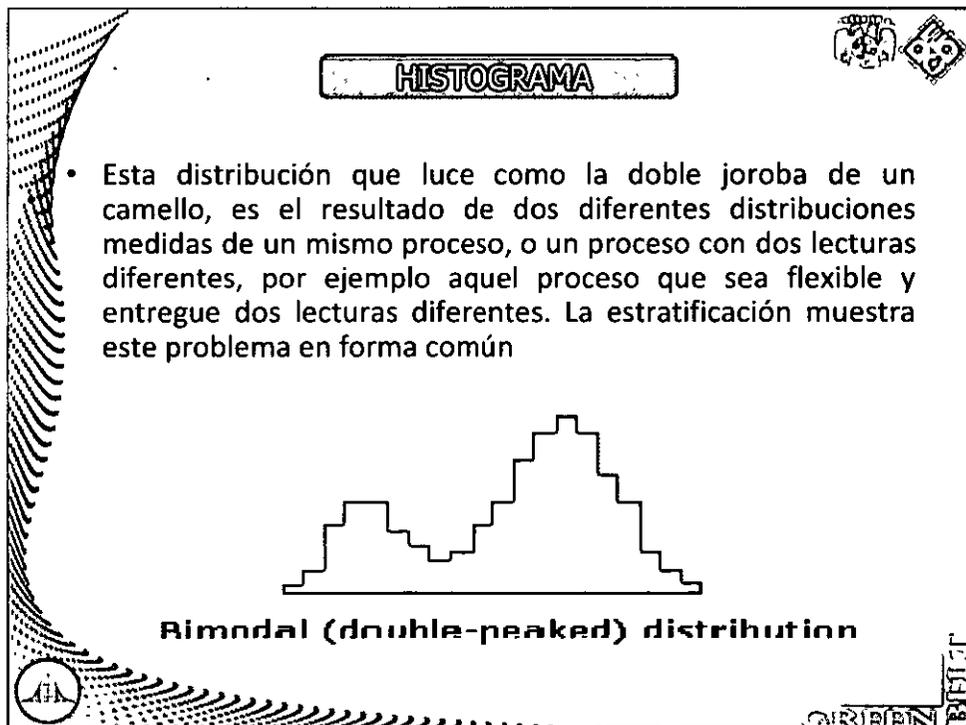
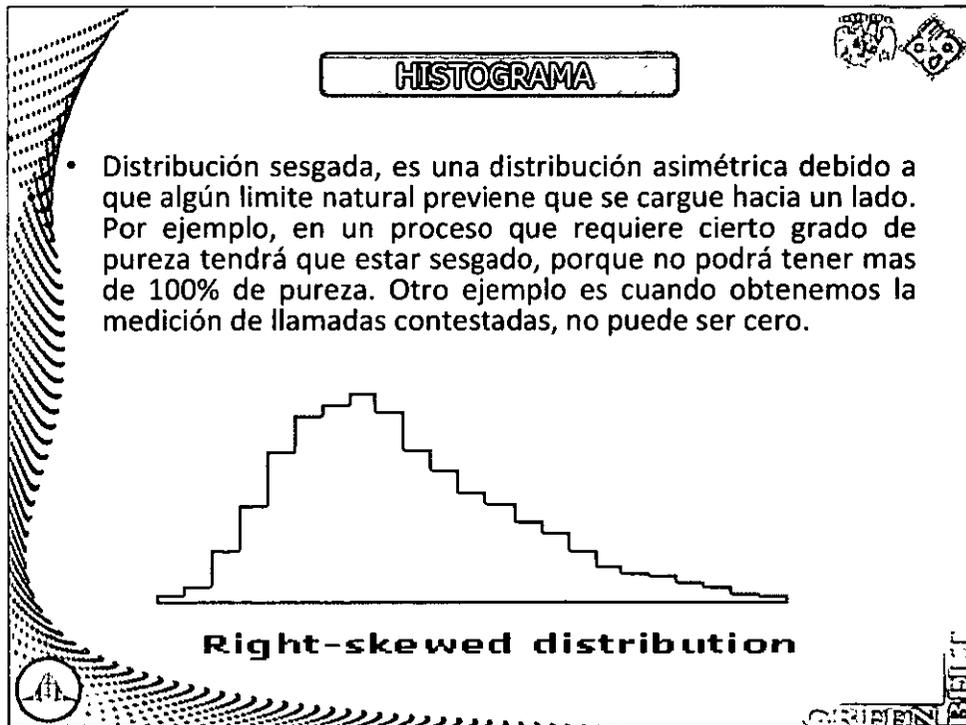


The slide is titled "HISTOGRAMA" in a black rounded rectangle. Below the title is a histogram representing a normal distribution, with bars forming a bell-shaped curve. The text "Normal distribution" is centered below the histogram. A bulleted list explains the normal distribution. The slide has the same decorative background and logos as the previous slide.

**HISTOGRAMA**

**Normal distribution**

- **Distribución Normal.-** Su forma común es la famosa curva de campana, y se da porque los datos están desplazados uniformemente a la izquierda y derecha del valor promedio. El termino normal es el menos normal de las distribuciones aunque eso no signifique que este mal.





**HISTOGRAMA**

- Es conocida como distribución multimodal. Se puede observar cuando se combinan varios procesos que tienen distribuciones normales



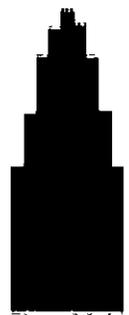
**Plateau distribution**



**GREEN BELT**



**HISTOGRAMA**



- La distribución truncada, luce como una distribución normal, solo que esta cortada en los extremos. Se puede observar cuando las especificaciones del cliente son muy estrictas y se deja a la inspección del proveedor eliminar el producto que no este dentro de estos límites específicos.

**Truncated or heart-cut distribution**



**GREEN BELT**



**Preguntas a Contestar**

¿Cuál es el propósito de un estudio de capacidad de proceso?

Es cuantificar qué tanto del producto estará fuera de la especificación o serán defectuosos

¿Cuál es la necesidad de un estudio de capacidad?

Un estudio de capacidad del proceso es necesario para cuantificar la naturaleza del problema del proyecto, permite a la organización predecir sus verdaderos niveles de calidad, y ser capaces de estimar el nivel sigma inicial del proceso

G. GREEN BELT



**Preguntas a Contestar**

¿Cuáles son los principales problemas que necesitan corregirse para lograr mejoras en la capacidad del proceso?

Existen dos problemas principales:

- Centrado pobre del proceso alrededor del objetivo y
- La variación total del proceso

¿Qué índices de capacidad nos dicen qué tan bien está un proceso y qué tan bien podría estar?

Los índices de capacidad del proceso para ver qué tan bien está el proceso (desempeño actual con el tiempo) son Pp y Ppk. Los índices de capacidad para qué tan bien el proceso podría estar (el mejor) son Cp y Cpk



**Preguntas a Contestar**

Después de cumplir el estudio de capacidad ¿Qué atacamos primero, problemas de variación o problemas de centrado?

Atacamos primero los problemas de centrado porque, usualmente, son más fáciles de resolver

¿Qué es una causa especial de variación en un proceso?

Una causa especial de variación es cualquier factor causando variación que no siempre está presente en el proceso o es identificable o asignable



### Preguntas a Contestar

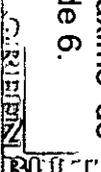


¿Cuáles son las causas comunes de variación en un proceso?

Las causas comunes de variación vienen de muchas fuentes y exhiben efectos al azar sobre el proceso. Ellos no son identificables y ocurren durante corridas en condiciones estables

¿Cuál es la relación entre los índices de capacidad y el nivel sigma del proceso?

• Los índices de capacidad del proceso se relacionan directamente al nivel sigma del proceso. Un "mal" proceso mostrará índices de capacidad hasta 1.33, que equivale a un nivel sigma de 4. El índice máximo de capacidad es 2, que equivale a un nivel sigma de 6.



### Lecciones aprendidas



- No pase por alto el paso para verificar las especificaciones. Si su especificación puede relajarse sin dañar a su cliente, puede ahorrarse mucho esfuerzo
- Reconozca que la mayoría de los datos coleccionados son más probablemente de largo plazo que corto plazo
- Reconozca que todos los procesos tienden a cambiar significativamente con el tiempo

