

Aplicaciones de la Estadística al Mejoramiento de la Calidad en Procesos de Manufactura y Servicios

Antonio González Fragoso
Universidad de las Américas, Puebla

Seminario Aleatorio, ITAM
20 de octubre de 2006

Contenido

Objetivo

Introducción

¿Qué es Seis Sigma? Su importancia

El Estadístico en la Industria

Problema de Pañales

Problema del Helicóptero

Problema de Servicios Médicos

Objetivo

Presentar una introducción sobre la importancia de la aplicación de la estadística en la mejora continua de los procesos (metodología de Seis Sigma).

Presentar algunos ejemplos reales.

Exponer la importancia del trabajo que tiene el Estadístico en la mejora continua de los procesos.

Introducción

En cualquier problema de mejora es importante:

- ✓ Entender bien que significa mejorar (Determinar la variable o variables de Calidad).
- ✓ Como se va a medir la mejora (instrumento de medición).
- ✓ Evaluar la calidad.
- ✓ Buscar las oportunidades de mejora.
- ✓ Mejorar en el proceso.
- ✓ Mantener lo logrado (la mejora).
- ✓ Mejora continua.

Introducción (continuación)

En el pasado, para mejorar la calidad de un producto o un servicio, se involucraba en el proyecto, el equipo de calidad de la empresa. Ahora la recomendación es, que se involucren en la mejora todos los que tengan que ver con el proceso, todos participan.

El trabajo tiene que ser del equipo completo. Todos son muy importantes. La unión de esfuerzos en una forma objetiva y ordenada, dará muy buenos resultados.

En este trabajo por equipo, la participación del Estadístico es vital.

¿Qué es Seis Sigma? Su importancia

En palabras técnicas:



Es una metodología donde se busca la cuasi-perfección.

Es una meta, que estrictamente hablando, pocas empresas o procesos pueden lograr.

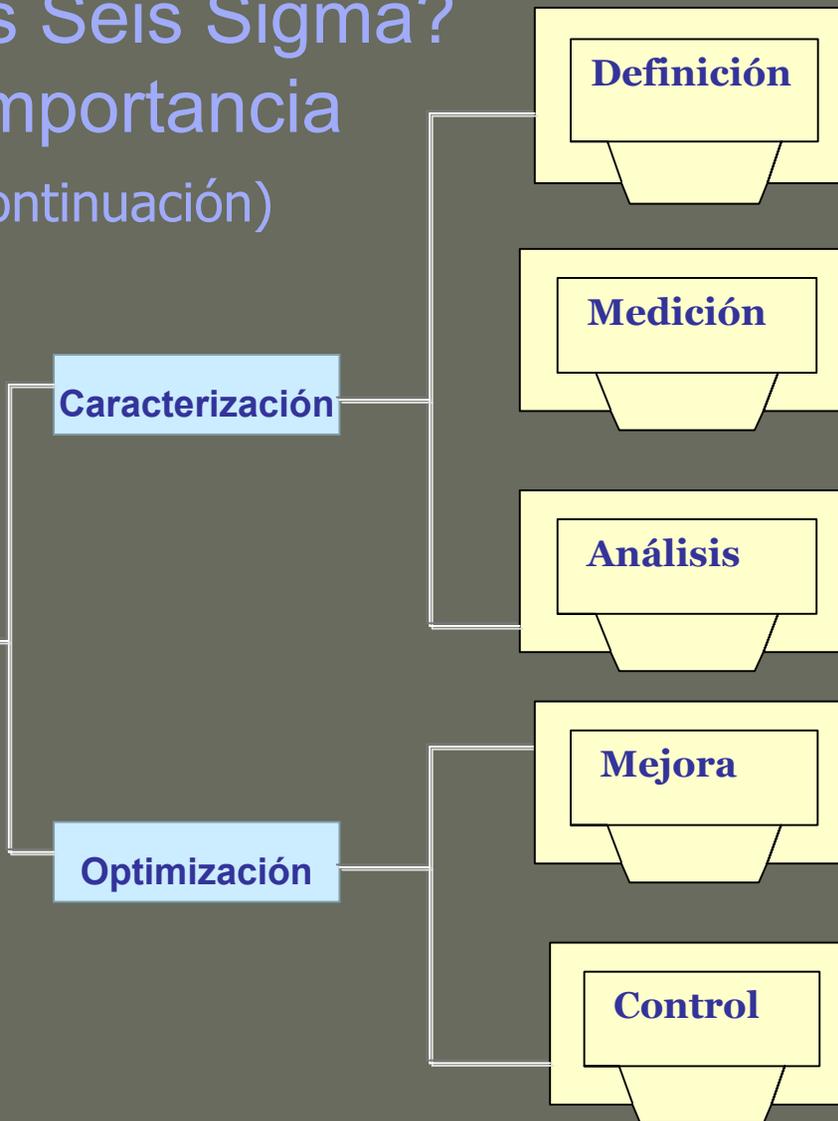
¿Qué es Seis Sigma? Su importancia (continuación)

A la hora de la práctica, aplicar adecuadamente la metodología Seis Sigma, conducirá a la reducción sistemática del número de defectos o inconformidades, consiguiendo de esta manera el mejoramiento continuo.

Aplicar adecuadamente Seis Sigma, nos obliga a trabajar en una forma ordenada, esto es, Seis Sigma se aplicará bajo las siguientes 5 fases:

¿Qué es Seis Sigma? Su importancia (continuación)

Fases de Seis Sigma



- Diagrama de afinidad
- Lluvia de ideas
- Investigación al cliente
- Gráficas de Gantt
- Carta de equipo
- Hoja de verificación
- Diagramas de Control
- Análisis de Medición (Gage R&R)
- Indicadores
- Prueba de Hipótesis
- Diagrama de Causa y Efectos
- Diseño de Experimentos
- Diagrama de Pareto
- Análisis costo beneficio
- Diseños de Experimentos
- QFD
- Superficies de Respuesta
- FMEA
- Sistema de control de procesos
- Capacidad de Procesos

¿Qué es Seis Sigma? Su importancia

(continuación)

Cualquier empresa que quiera incorporar un sistema de mejoramiento de la calidad de sus productos y/o servicios, no puede dejar a un lado las peticiones y las sugerencias de sus **clientes**. Deberá de existir una comunicación continua y casi perfecta entre empresa y sus clientes.

En la metodología Seis Sigma, desde su primera fase busca mecanismos para escuchar **la voz del cliente**. Las mejoras con esta metodología, no tendrían algún sentido si no se escucha o no se interpreta adecuadamente lo que el cliente pide.

El Estadístico en la Industria

Profesionistas que entiendan bien la estadística, comprometidas ha entender el problema a resolverse, a tener una buena comunicación con los expertos en los procesos, para así lograr la adecuada solución del problema y tener la adecuada interpretación del problema.

Que tengan la habilidad de entender al experto en el problema, la paciencia y la creatividad de explicarle la interpretación estadística adecuada del problema.

El Estadístico en la Industria

(continuación)



Por parte de las empresas, un punto inicial y fundamental, es el abrirse a la aplicación de las diferentes metodologías estadísticas. Aceptar que necesitan apoyo. Muchas veces por el mismo desconocimiento de las herramientas, no se dan cuenta del potencial que puede ser la estadística para la solución de varios de sus problemas.

También por el mismo desconocimiento no se dan cuenta quien en verdad los puede apoyar y quien no.

Ahora, por el gran avance que hay en todo lo referente a software, puede mal entenderse que estadística es saber dominar un paquete estadístico.

El Estadístico en la Industria

(continuación)

Ellos son los expertos en sus procesos. Es importante aclararles que nosotros como estadísticos no les vamos a enseñar en materia de sus procesos.

Por otra parte, en el momento que ellos reconozcan que necesitan apoyo por la persona experta en estadística y se logra una buena comunicación por ambas partes, entonces, se llegarán a soluciones efectivas.

**El experto en el proceso + El experto en estadística
+ comunicación = soluciones efectivas**

Problema de Pañales

Una empresa fabrica pañales de varios clases y tamaños. Últimamente se han preocupado por mejorar la calidad de sus productos, ya que la competencia en el mercado, es cada vez más fuerte.

Sus procedimientos que llevan a cabo para mejorar sus procesos están en “pañales”. Su cultura estadística es prácticamente, sólo el muestreo por aceptación.

Tienen variables de calidad (de respuesta) muy importantes, tanto del tipo continuo como de atributos (nominales).

Problema de Pañales

(continuación)

Ya han empezado aplicar la estadística, con la intención de mejorar sus procesos, no en un esquema Seis Sigma todavía.

Algo muy importante, en este trabajo de apertura, es la participación de las personas que están involucradas en sus procesos.

Las aplicaciones son sencillas, pero les empiezan a dar respuesta a la mejora de sus procesos. Estos primeros proyectos, son un pre diagnóstico de la calidad de algunos de sus productos que fabrican.

Problema de Pañales

(continuación)

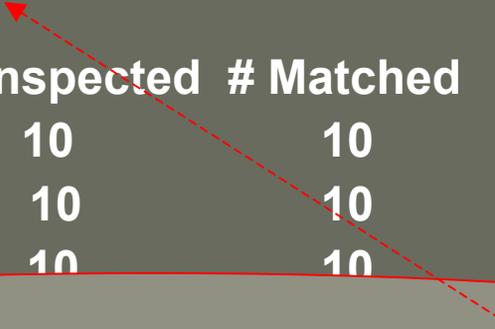
Análisis de Sistemas de Medición (por atributos)

El objetivo de un análisis de sistemas de medición, es verificar si las mediciones o inspecciones realizadas sobre las mismas piezas, por diferentes operadores, son consistentes. También, si una persona mide o revisa un artículo dos o más veces, verificar si lo hace consistentemente.

Se seleccionaron 10 piezas, las cuales fueron revisadas por personas expertas, logrando una revisión estándar (verdadera). A cada uno de 4 inspectores se les asignó al azar cada pieza para que dieran su opinión sobre determinados defectos del producto: Defecto grave, defecto mayor y defecto sin importancia. Esta tarea se realizó dos veces por cada inspector.

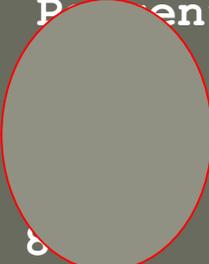
Problema de Pañales

(continuación)



Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
ANTONIO	10	10	100.00	(74.11, 100.00)
CHUY	10	10	100.00	(74.11, 100.00)
HUERTA	10	10	100.00	(74.11, 100.00)
QUIJANO	10	8	80.00	(44.39, 97.48)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.



Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
ANTONIO	10	9	90.00	(55.50, 99.75)
CHUY	10	7	70.00	(34.75, 93.33)
HUERTA	10	8	80.00	(44.39, 97.48)
QUIJANO	10	8	80.00	(44.39, 97.48)

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

Problema de Pañales

(continuación)

Assessment Agreement

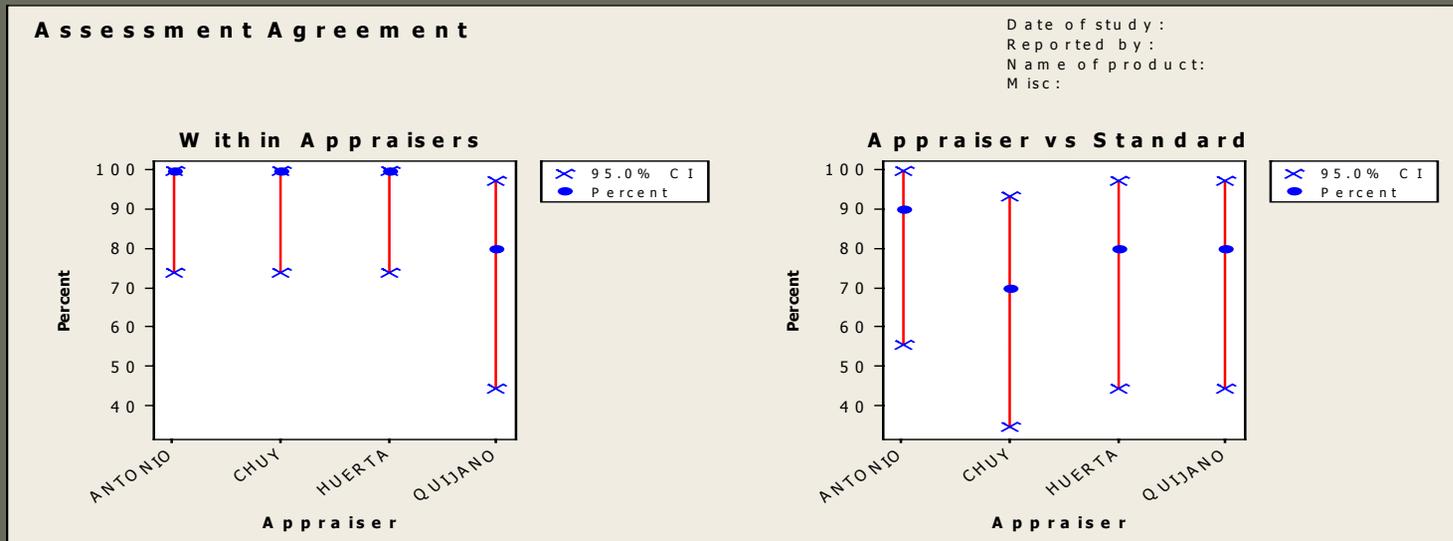
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
10	6		(26.24, 87.84)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
10	6		(26.24, 87.84)

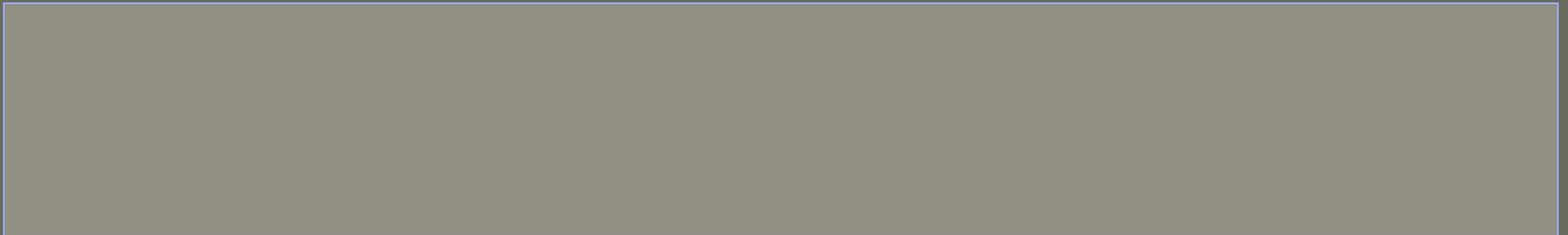
Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.



Problema de Pañales

(continuación)

Se revisó con más detalle la manera como realizaron la inspección. Se logró observar que la inspección incorrecta, se debió sobre todo, a que productos buenos los diagnosticaban como malos. Esto es, varios de sus artículos de primera, los consideraban artículos de segunda.

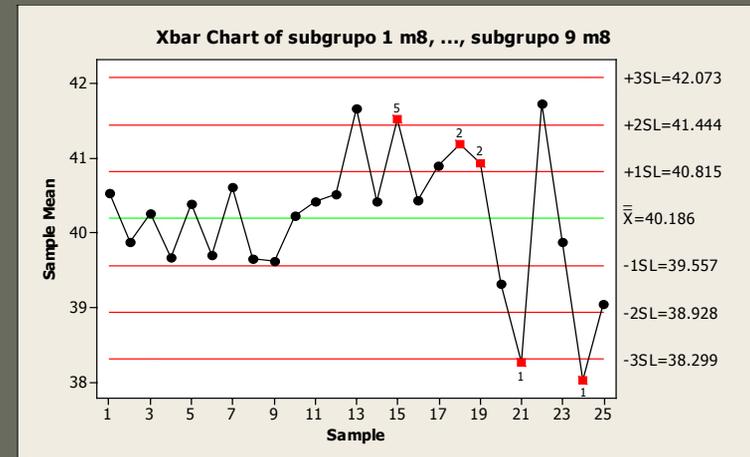
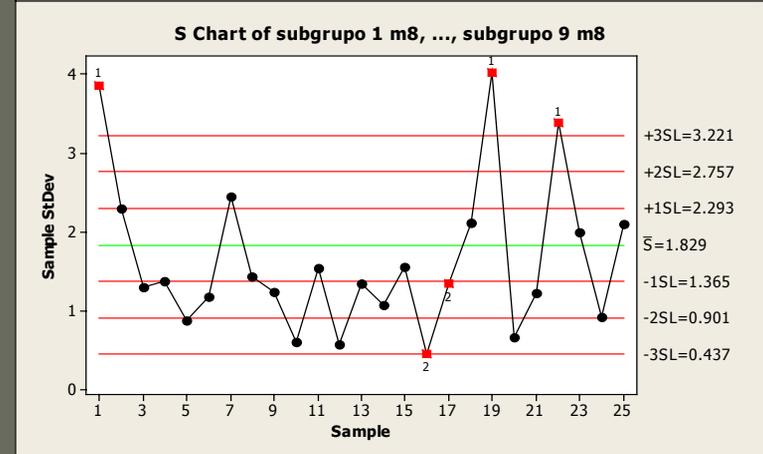


Problema de Pañales

(continuación)

Control Estadístico y Capacidad de Procesos:

Para una determinada máquina, cada media hora, se tomaron muestras aleatorias de 9 productos. Se pesaron, se obtuvo un peso promedio y una desviación estándar. Se consideraron 25 subgrupos.



Problema de Pañales

(continuación)

Las gráficas muestran problemas. Se reúnen los encargados para encontrar la explicación de estos problemas. Sugieren realizar cambios en la máquina (ajustes) y cambiar un poco la fórmula de los ingredientes del producto.

Una vez que se logró el control estadístico del proceso y por lo tanto se logró mejoría, se obtuvo información con los ajustes realizados, entonces, se procedió a analizar la capacidad del proceso.

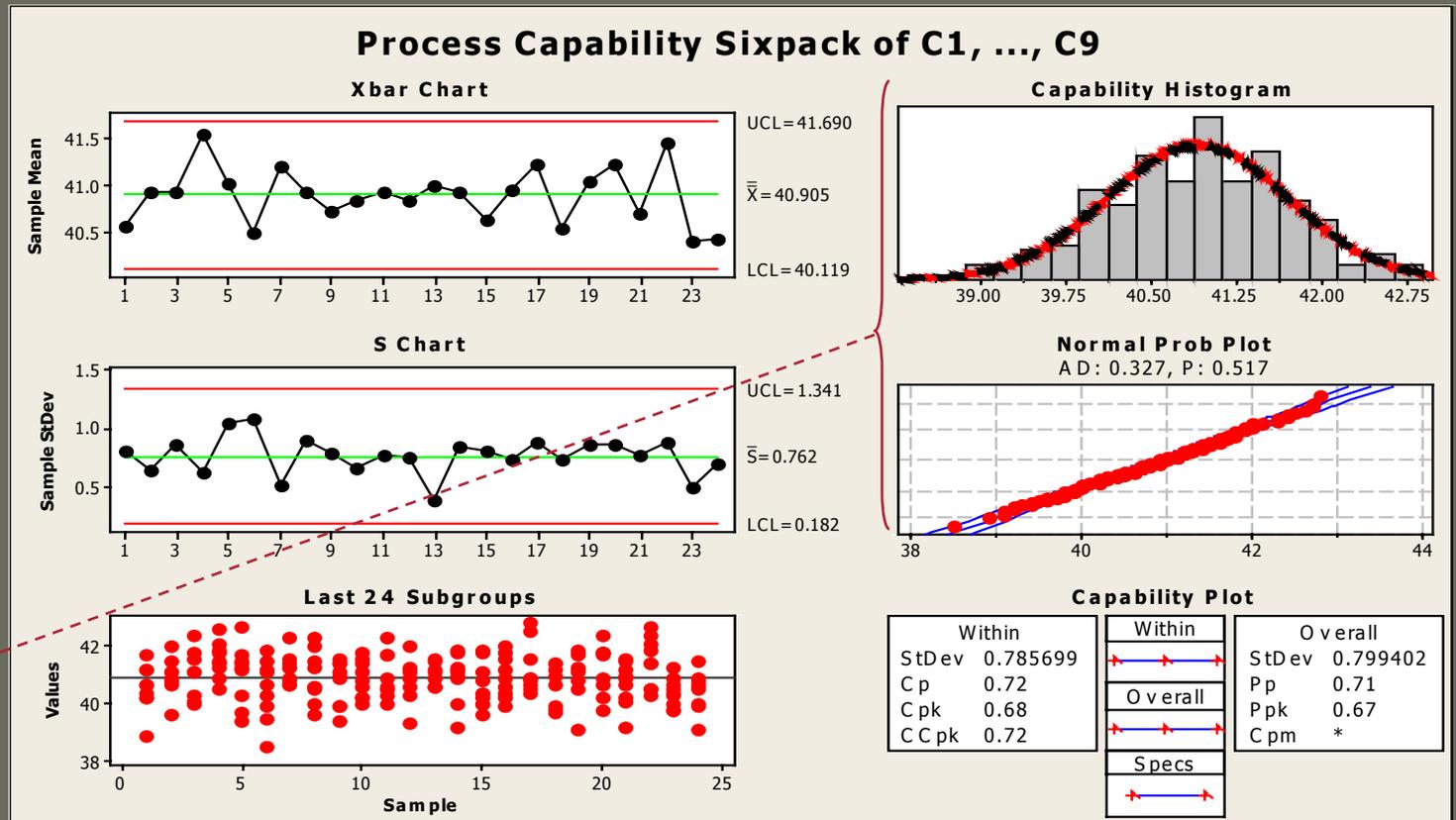
Problema de Pañales

(continuación)

Se consideraron los últimos datos del problema anterior y se analizó la capacidad del proceso.

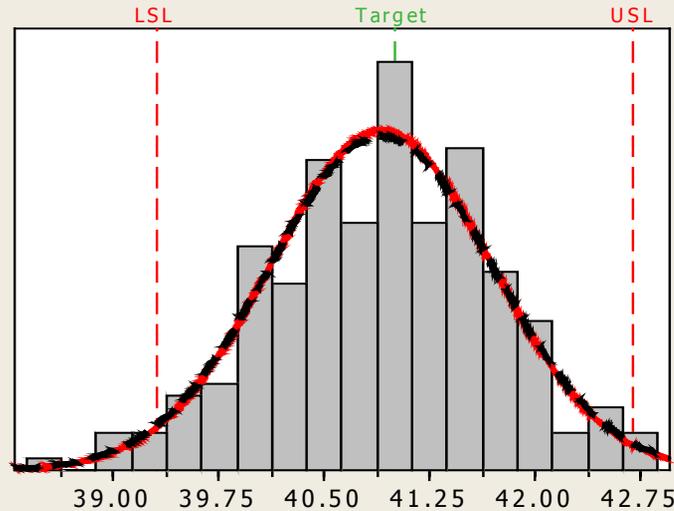
Bajo Control Estadístico

Normalidad



Process Capability of C1, ..., C9

Process Data	
LSL	39.3
Target	41
USL	42.7
Sample Mean	40.9046
Sample N	216
StDev (Within)	0.785699
StDev (Overall)	0.799402



—	Within
—	Overall

Potential (Within) Capability

Cp	0.72
CPL	0.68
CPU	0.76
Cpk	0.68
CCpk	0.72

Overall Capability

Pp	0.71
PPL	0.67
PPU	0.75
Ppk	0.67
Cpm	0.70

Observed Performance

% < LSL	2.78
% > USL	0.46
% Total	3.24

Exp. Within Performance

% < LSL	2.06
% > USL	1.12
% Total	3.17

Exp. Overall Performance

% < LSL	2.24
% > USL	1.24
% Total	3.47

Se espera que el 2.06% se menores al LIE
Que el 1.12% se mayor al LSE. Esto es, que
El 3.17 % no cumple las especificaciones

Este proceso
Está trabajando
Aprox. a 2 sigma

Problema del Helicóptero

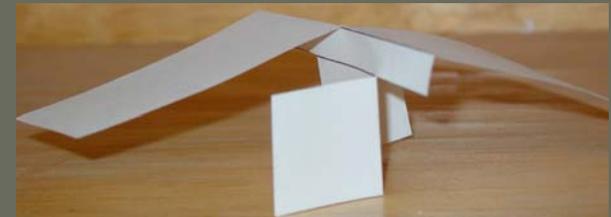
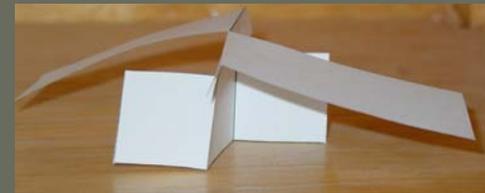
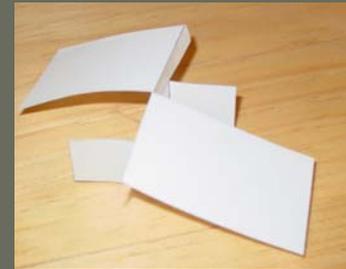
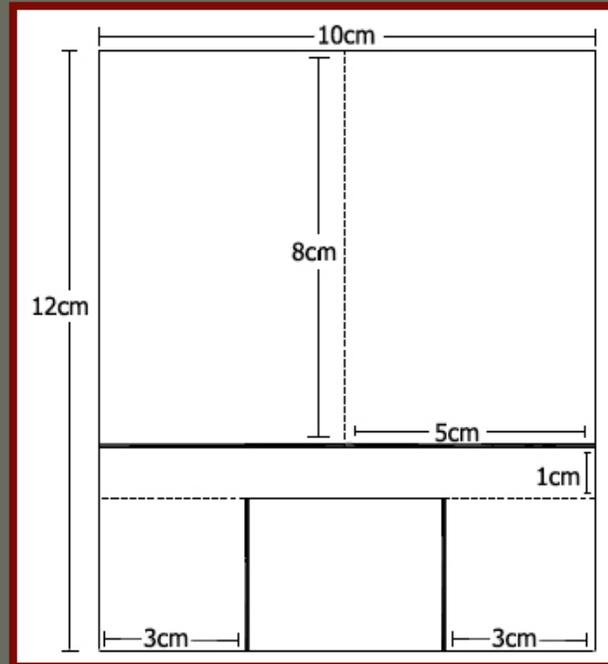
El proceso considerado en este ejemplo es un **proceso simulado**, la **fabricación de Helicópteros de Papel (HP)**.

El objetivo es optimizar (aumentar) el tiempo de caída, logrando al mismo tiempo, una caída aceptable (la caída de un helicóptero).

La mejora del proceso se realizará utilizando metodología Seis Sigma, considerando la voz del cliente. Para llegar a la mejora, **se combinaron las metodologías** Diseño y Análisis de Experimentos (DoE) y el Despliegue de la Función de la Calidad (QFD).

Problema del Helicóptero

(Continuación)



Problema del Helicóptero

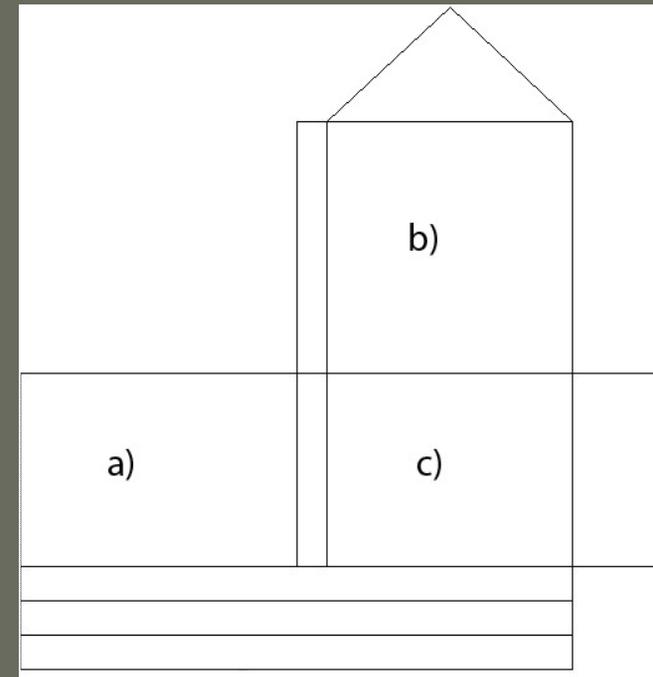
(Continuación)

Metodología QFD (Despliegue de la Función de la Calidad)

Es una manera concreta y sistemática de comprender lo que el cliente quiere para transformarlo en requerimientos de producción.

Matriz de la Calidad:

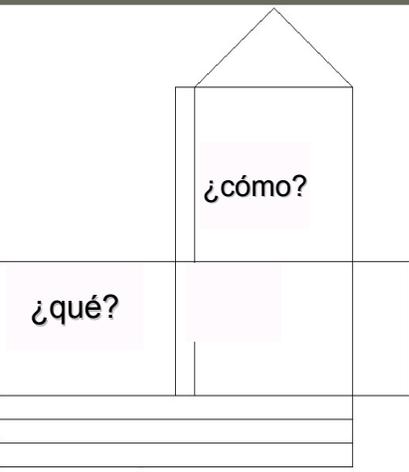
- (a) Voz del Cliente (¿qué?).
- (b) Características Técnicas (¿cómo).
- (c) Matriz de Relaciones.



Problema del Helicóptero

(Continuación)

DoE y QFD



- ✓ Primero se determina lo que **requiere el cliente** para la mejora.
- ✓ Se elabora un **primer diagrama QFD** con los requerimientos del cliente (“qué”) y las características técnicas con las que se resolverán los requerimientos (“cómo”).
- ✓ **DoE asimila** los “qué” de QFD como variables a optimizar, mientras que los “cómo” se convierten en los factores que utilizará.
- ✓ Una vez terminado el trabajo de DoE, se **actualiza el diagrama QFD** con los resultados obtenidos.
- ✓ Se repite el último paso hasta lograr la **mejora del proceso**.

Problema del Helicóptero

(Continuación)

Definir

Los requerimientos del cliente son principalmente:

La caída sea lo más tardado posible

La caída sea "vistosa" (como la de un helicóptero)

La caída sea "más o menos" vertical.

Al mejorar el desempeño de los helicópteros, aumentarán las ventas.

Objetivo: Mejorar el tiempo de vuelo de los HPs y asegurarse de que se mejore también lo "vistoso" de la caída.

En cuanto al tiempo de caída, no se puede definir una meta en específico a alcanzar, ya que no se cuenta con experiencia previa. El límite de especificación (inferior) es "ficticio".

Problema del Helicóptero

(Continuación)

Medir

Se manejan dos tipos de variables de calidad:

Lo vistoso de la caída (nominal)
Tiempo de caída (continua)

En esta etapa, se aseguró reducir factores externos:

Lugar donde se toman las medidas debe ser espacioso y sin corrientes de aire.

Se estandarizó la forma como el operador arroja el helicóptero.

Los análisis de sistema de medición fueron satisfactorios, tanto para la variable por atributos, como la variable continua.

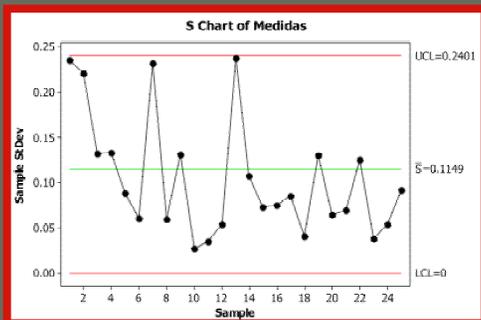
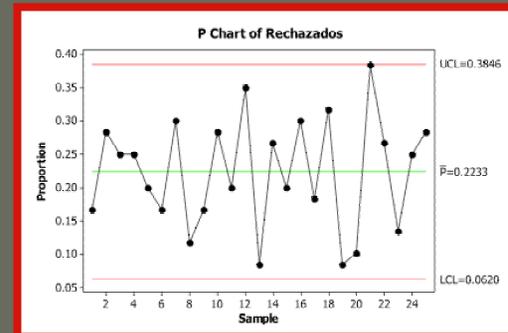
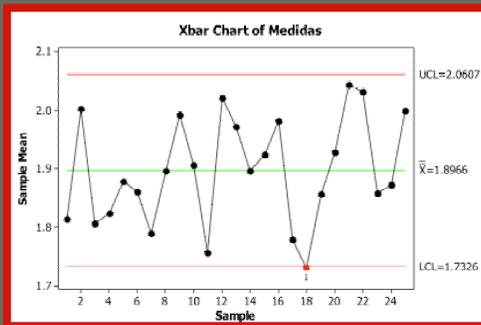
Problema del Helicóptero

(Continuación)

Analizar

Cartas de Control Tiempo de Caída

Carta de Control de Caída Vistosa

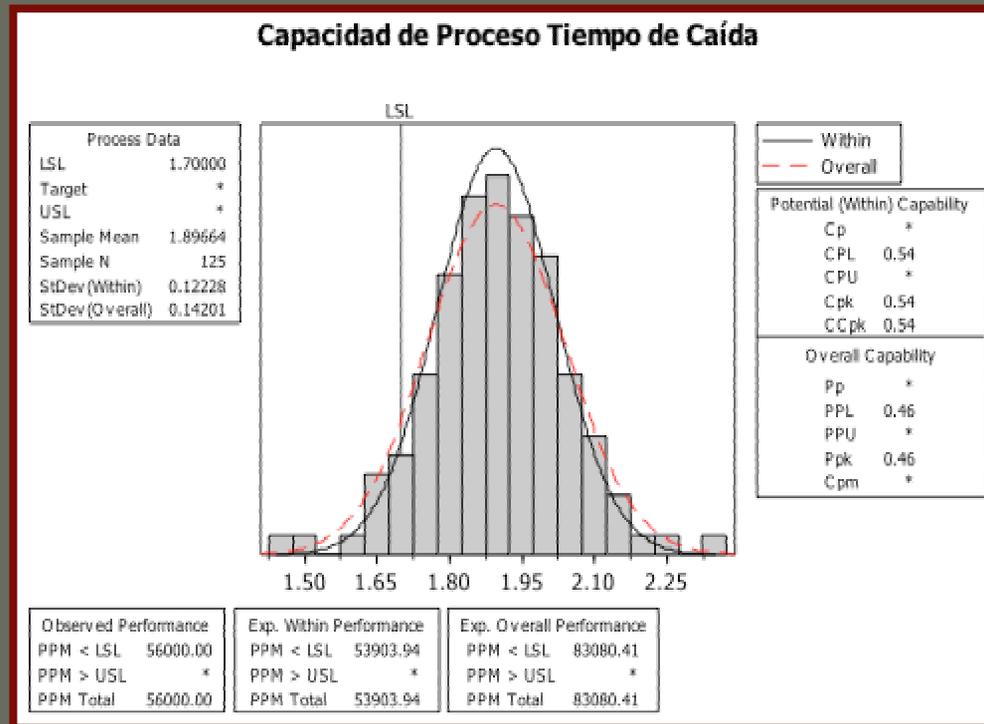


En ambos casos, a pesar de un control estadístico, el promedio de caída de vuelo es bajo, la variabilidad es alta y la proporción de inconformidades es muy alto,

Problema del Helicóptero

(Continuación)

Capacidad de Proceso



Los índices Cpk y Ppk son muy bajos.

Cpk = 0.54
Nivel Sigma antes de la mejora es de **1.5**

El tiempo promedio de caída es de **1.89 segundos**.

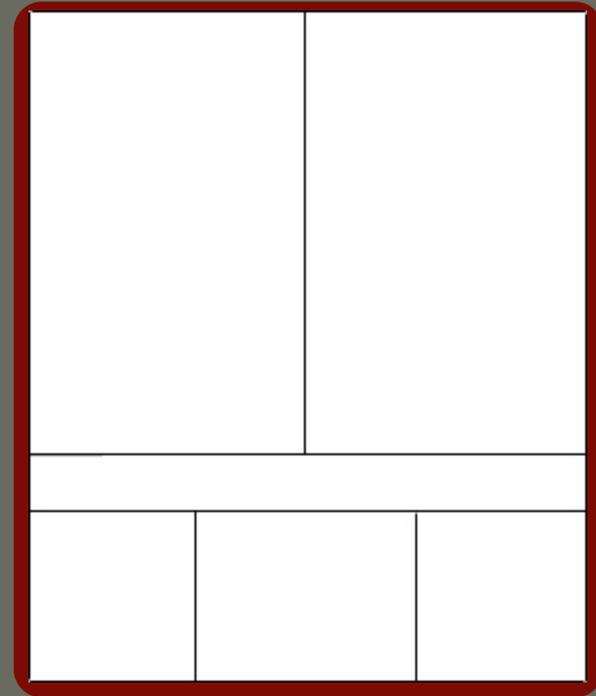
Existe una **gran** oportunidad de mejora.

Problema del Helicóptero

(Continuación)

Factores

- **Largo de alas** (niveles: 8cm; 4cm).
- **Ancho del HP** (niveles 5cm, 11cm).
- **Doblez de la base** (niveles: doblez a 1.5cm de la orilla; doblez a 3cm de la orilla).
- **Ancho del Cinturón** (niveles: 0.3cm; 2cm).
- **Tipo de papel** (niveles: Papel Bond; Papel Micro, Papel Albanene Delgado, Papel China, Papel Mantequilla Delgado).
- **Aditamento** (niveles: clip / no clip).



Problema del Helicóptero

(Continuación)

Resumen de la Mejora

- Primero se llevaron a cabo los siguientes diseños para **determinar el tipo de papel** a utilizar y el aditamento:
 - Cuatro Diseños Factoriales Completos 2^5
 - Dos Diseños Factorial Fraccionado 2^{5-2}
- Una vez elegido lo antes mencionado, se realizaron los siguientes diseños para **determinar las medidas ideales**:
 - Escalamiento Ascendente
 - Diseño Central Compuesto

Problema del Helicóptero

(Continuación)

Especificaciones Helicóptero Mejorado

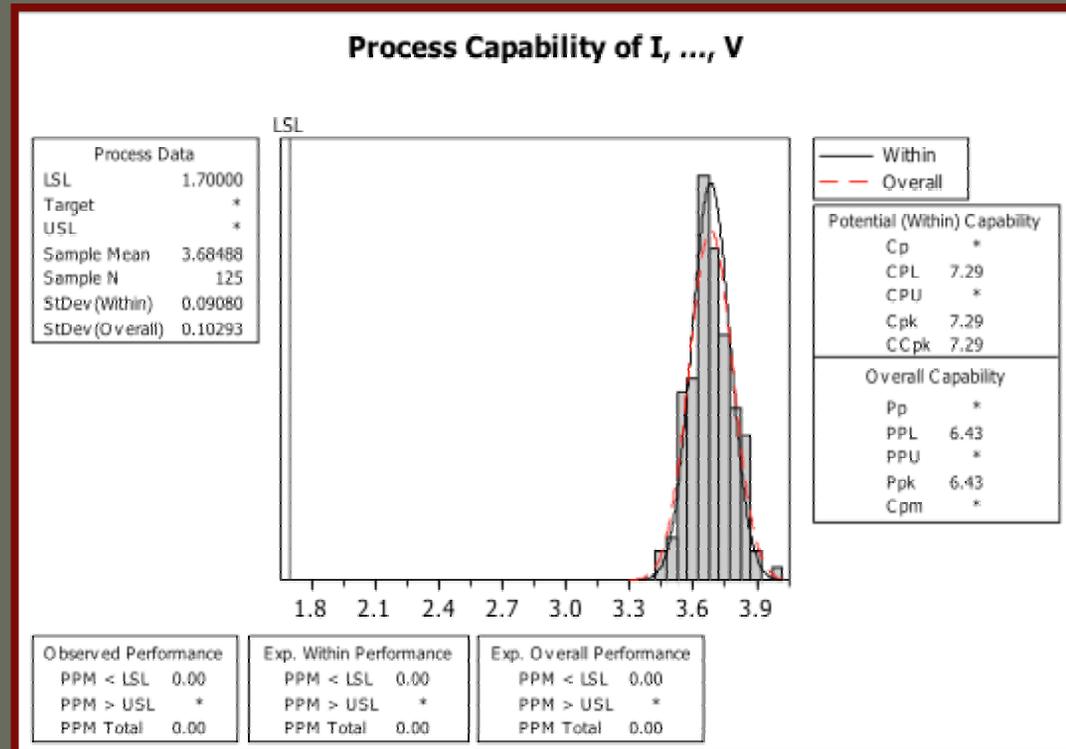
Largo de Ala	12cm
Ancho de Ala	3cm
Largo de Cuerpo	2.5cm
Ancho de Cuerpo	4.5cm
Cinturón	1cm
Papel:	Bond Ligero (58gr/m ²)
Aditamento:	Grapa

Problema del Helicóptero

(Continuación)

Resultado de la Mejora

El índice de capacidad de proceso **Cpk** anteriormente fue de 0.54 y ahora es de **7.2**, por lo que **se cuenta con capacidad Seis Sigma**.



Problema de Servicios Médicos

El proceso en este ejemplo es el servicio de atención médica (consultas) de la Clínica de la Universidad de las Américas, Puebla a sus empleados.

Objetivo:

Proponer un mecanismo de mejora en el proceso de los servicios médicos de la UDLAP, bajo el esquema de la metodología de Seis Sigma (3 primeras fases). Formular las recomendaciones necesarias para llegar a un plan de mejora en los procesos del servicio médico brindado por la UDLA y poder así satisfacer más las peticiones del paciente

Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Definir (las Variables Críticas)

Herramientas utilizadas en esta etapa:

El *diagrama de Pareto* que concentra las causas.

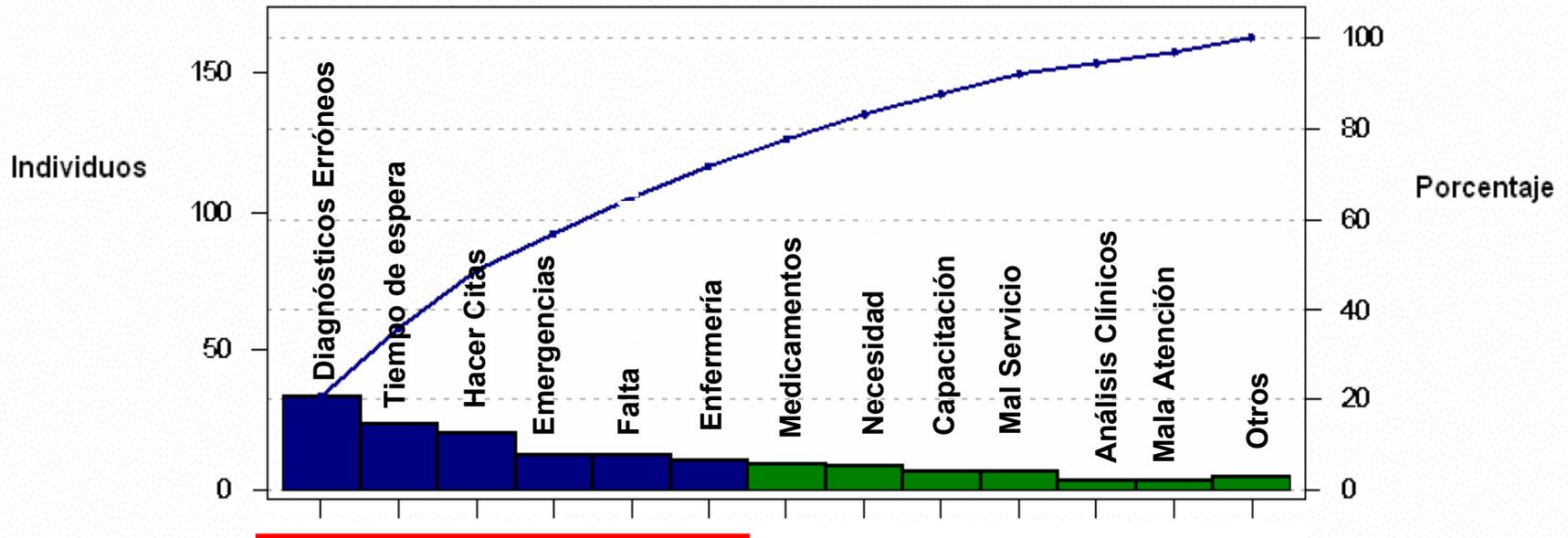
El *diagrama de Flujo*, permite ver la interacción entre los subprocesos.

Es indispensable el **trabajo en equipo** dentro de cada una de las fases de Seis Sigma.

Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Diagrama de Pareto



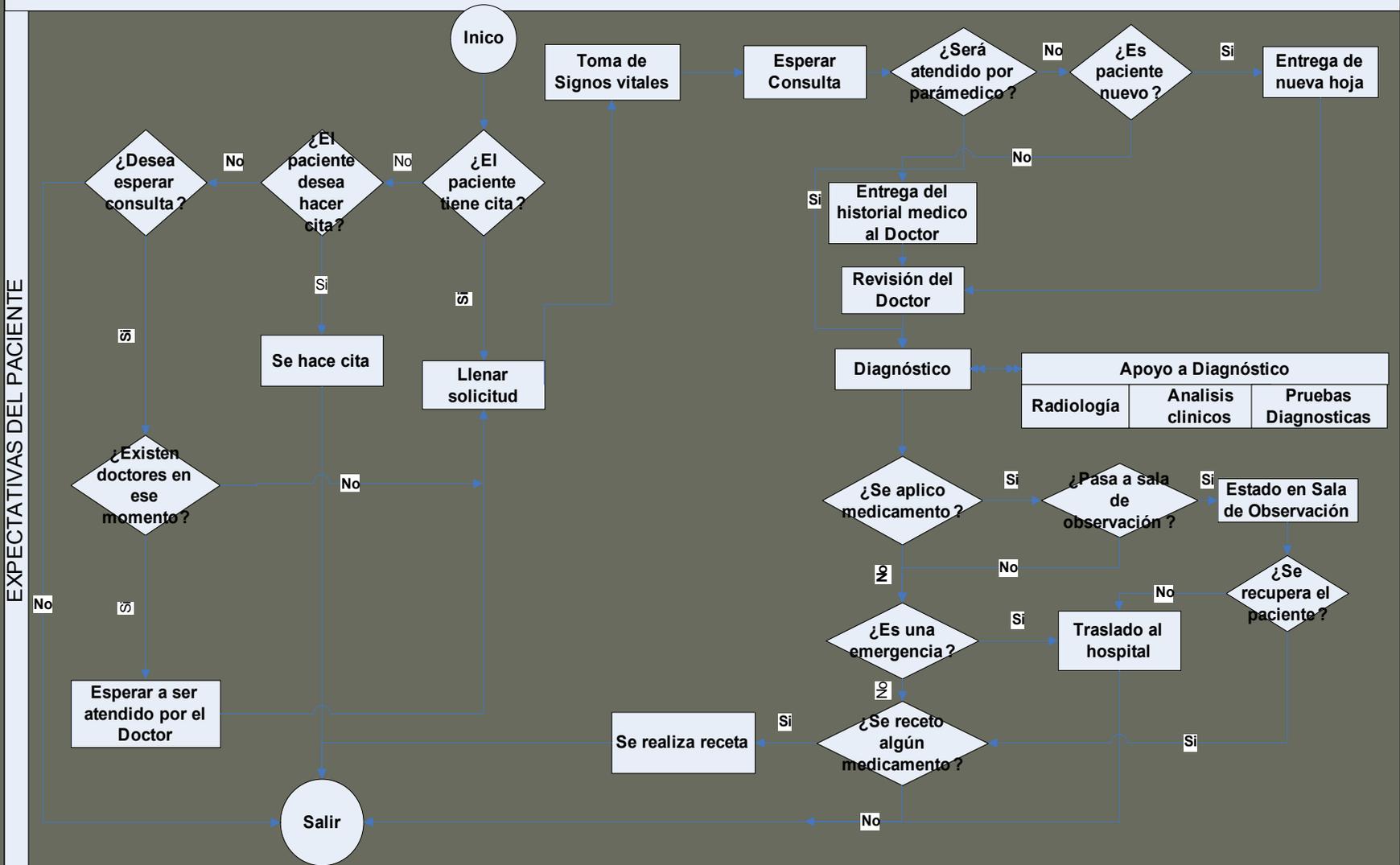
Defectos	72%												
Individuos	34	24	21	13	13	11	10	9	7	7	4	4	5
Porcentaje %	21	15	13	8	8	7	6	6	4	4	2	2	3
Acum %	21	36	49	57	65	72	78	83	88	92	94	97	100

Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Diagrama de Flujo de Procesos

Atención al cliente



Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Identificación de las Variables Críticas

Con este nuevo panorama de los factores que intervienen en el proceso se logro identificar las variables críticas que determinan la satisfacción del cliente.

- ✓ **Elementos tangibles**
- ✓ **Relación interpersonal de enfermera**
- ✓ **Relación interpersonal del médico**
- ✓ **Eficiencia del médico**
- ✓ **Eficiencia de la enfermera**

Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Definir los Requerimientos del Paciente

- ✓ Tangibles
- ✓ Limpieza
- ✓ Comunicación del médico
- ✓ Comunicación de la enfermera
- ✓ Cortesía del medico
- ✓ Amabilidad de la enfermera
- ✓ Rapidez de atención
- ✓ Capacidad de diagnóstico
- ✓ Equipo médico
- ✓ Organización
- ✓ Confiabilidad

Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Medir (Proyecto del Cualitómetro)

La primera aplicación del cuestionario se realiza antes de recibir el servicio de consultas médicas, para medir la calidad esperada

El cuestionario del Método del Cualitómetro
(Servicio Médico de la Universidad de las Américas Puebla)

Símbolos:
Escala de
Importancia
(1 a 7)

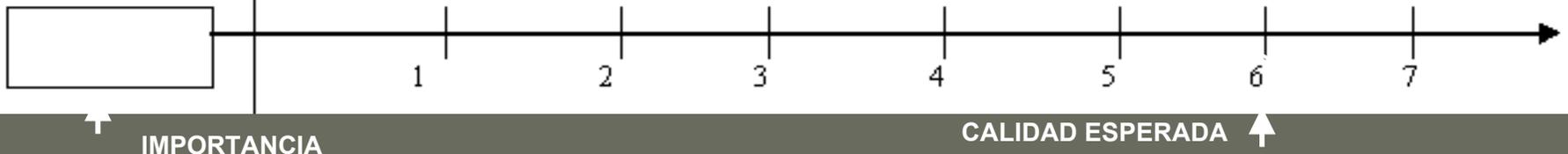
● **Calidad Esperada**

□ **Calidad Percibida**

Leyenda de la escala:

1: pésimo, 2: deficiente, 3: bajo, 4: medio, 5: bueno, 6: alto, 7: perfecto

TANGIBLES (condiciones de la clínica, estado físico del mobiliario)



Problema de Servicios Médicos (continuación)

Medir (Proyecto del Cualitómetro)

Una vez que se recibe el servicio se califica la Calidad Percibida.

El cuestionario del Método del Cualitómetro
(Servicio Médico de la Universidad de las Américas Puebla)

Símbolos:
Escala de
Importancia
(1 a 7)

● **Calidad Esperada** □ **Calidad Percibida**

Leyenda de la escala:

1: pésimo, 2: deficiente, 3: bajo, 4: medio, 5: bueno, 6: alto, 7: perfecto

TANGIBLES (condiciones de la clínica, estado físico del mobiliario)



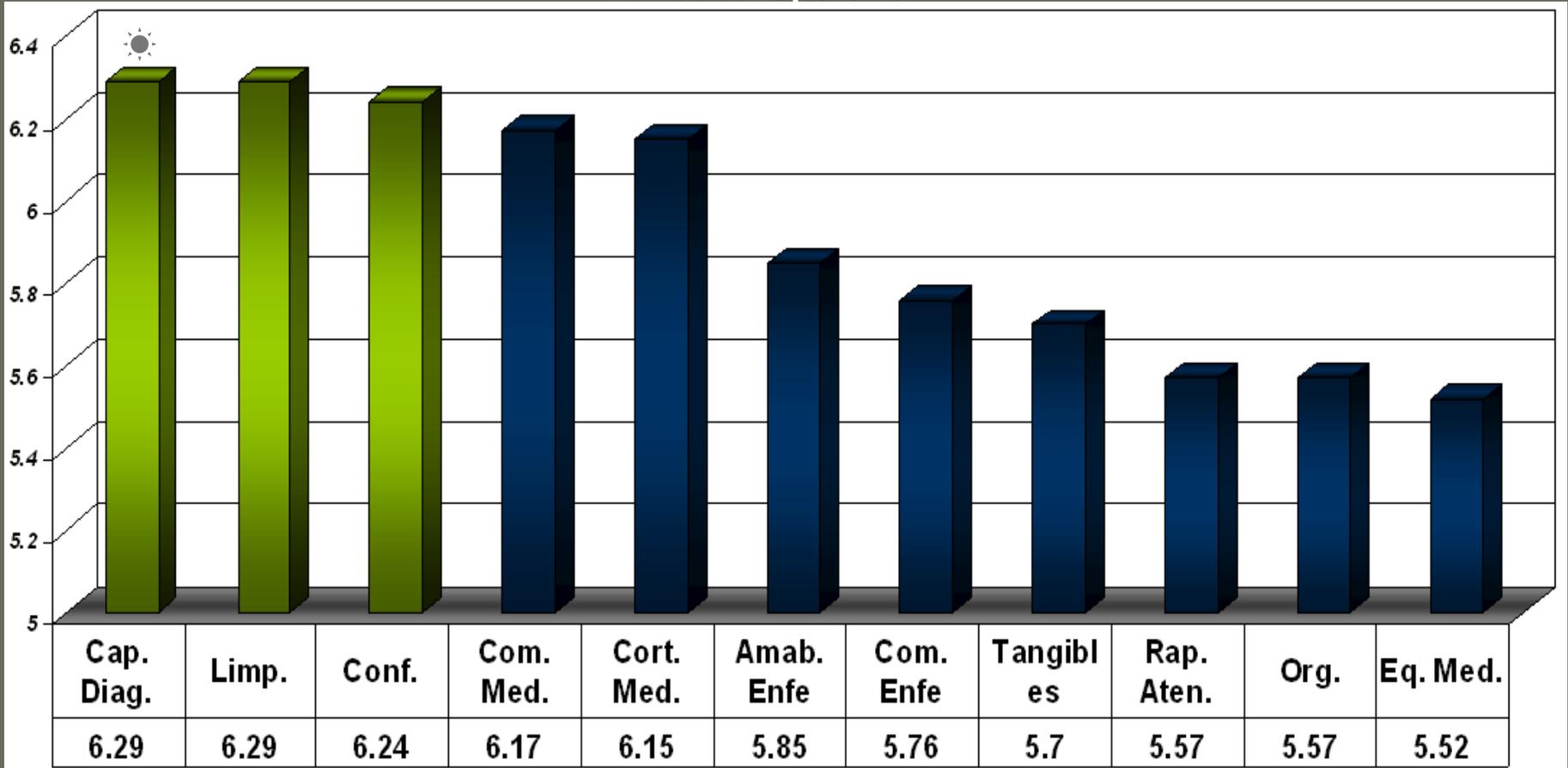
CALIDAD PERCIBIDA

Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Analizando la Calidad Esperada para Cada Variable

Calidad Esperada

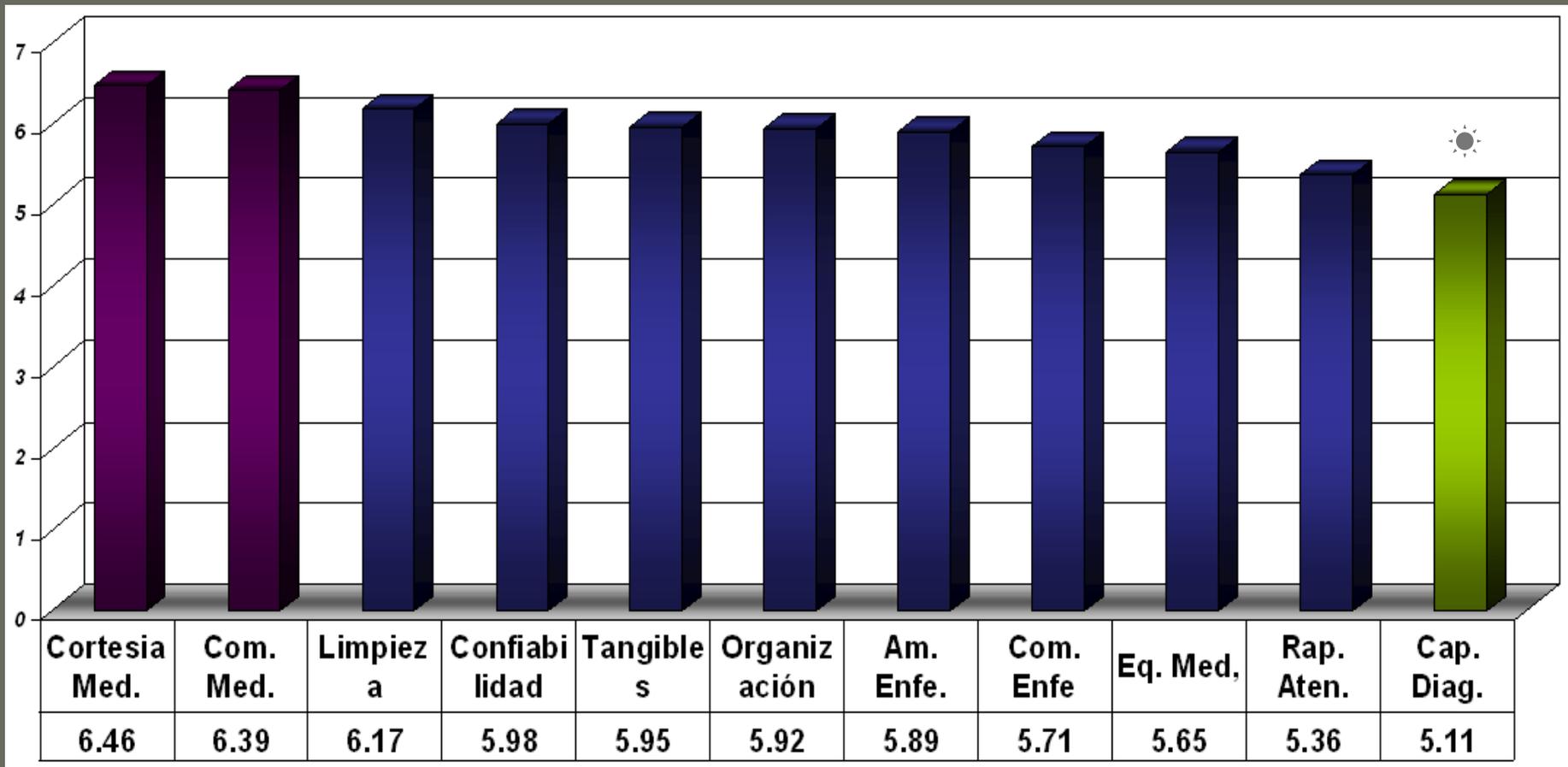


Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Analizando la Calidad Percibida para Cada Variable

Calidad Percibida



Problema de Servicios Médicos

(continuación)

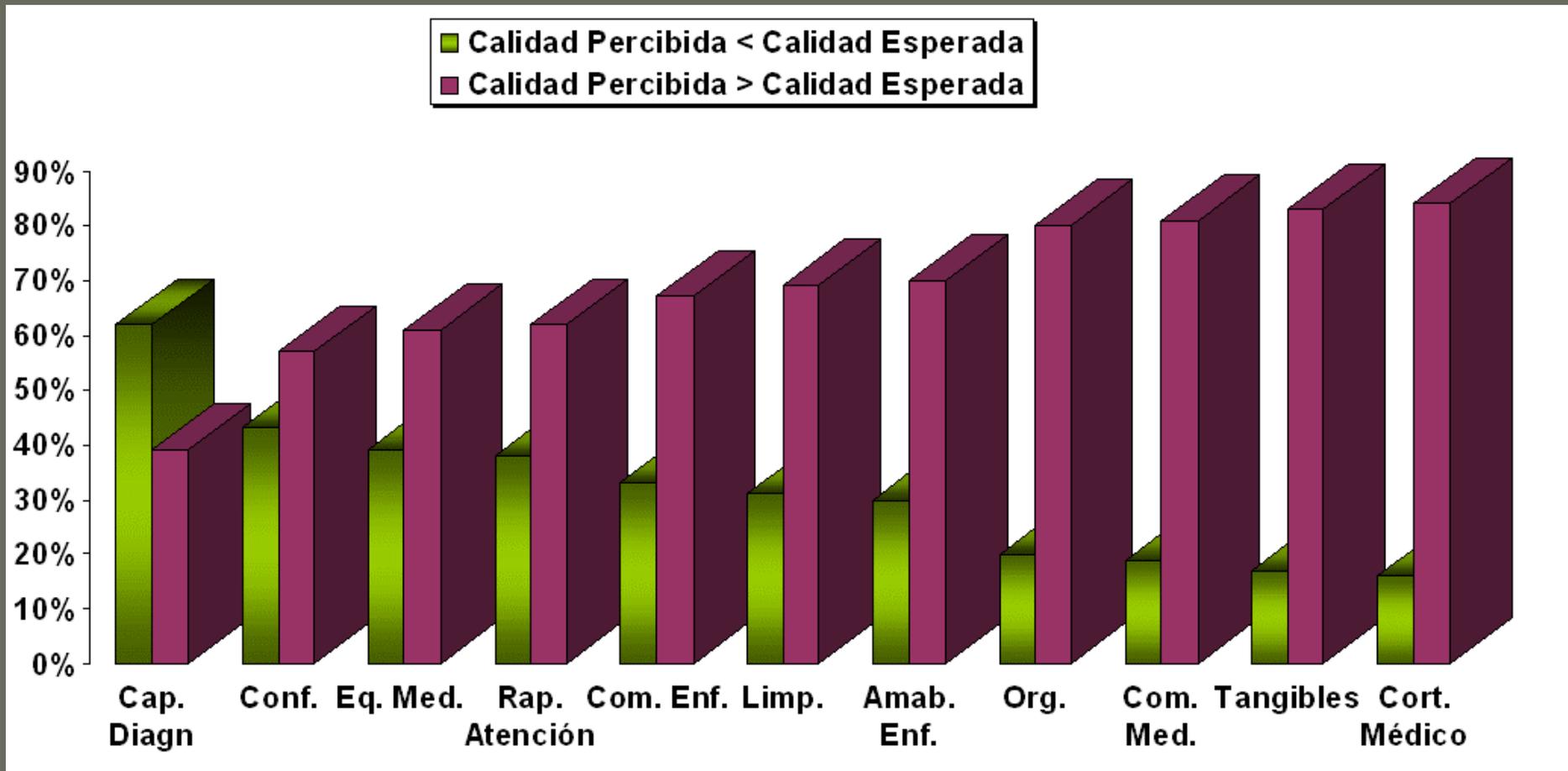
Análisis Entre la Calidad Percibida y la Calidad Esperada del Cualitómetro

	Importancia	Calidad Percibida	Calidad Esperada	P-E
Tangibles	6.18	5.95	5.7	0.25
Limpieza	6.69	6.17	6.29	-0.12
Amabilidad de la enfermera	6.18	5.89	5.85	0.04
Comunicación de la enfermera	6.24	5.71	5.76	-0.05
Rapidez de la atención	6.32	5.36	5.57	-0.21
Cortesía del Médico	6.43	6.46	6.15	0.31
Comunicación del médico	6.65	6.39	6.17	0.22
Capacidad de diagnóstico	6.83	5.11	6.29	-1.18
Equipo Médico	6.47	5.65	5.52	0.13
Organización	6.06	5.92	5.57	0.35
Confiabilidad	6.67	5.98	6.24	-0.26
Calidad del servicio global	6.6	5.86	6.1	-0.24

Problema de Servicios Médicos

(continuación)

Comparación de Pacientes Satisfechos e Insatisfechos



Problema de Servicios Médicos

(continuación)

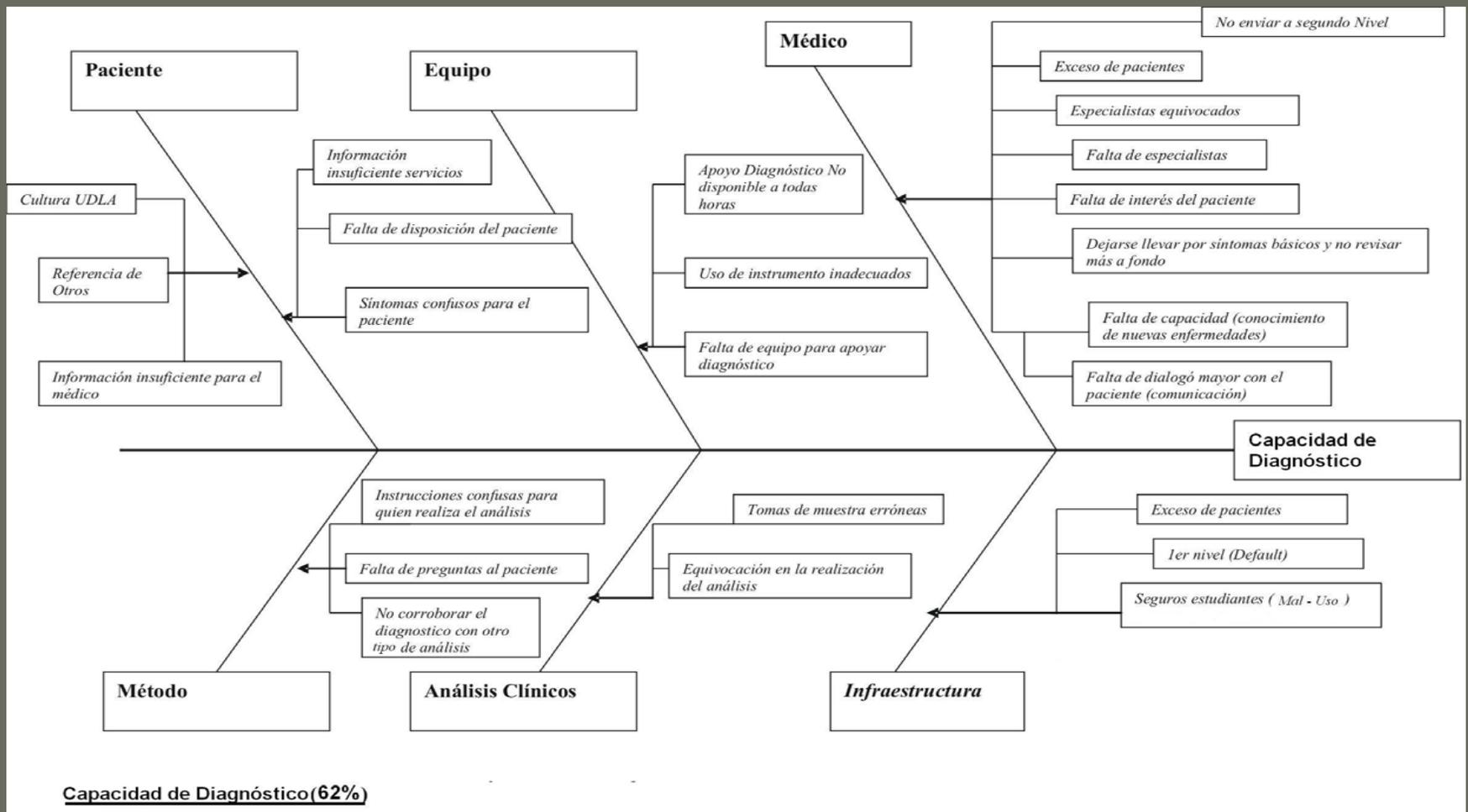
Carta de Despliegue de las Características de Calidad

Carta de Calidad	Características de Calidad			1er Nivel										
	Elementos de la Calidad			2do Nivel										
Carta de Despliegue de la Calidad Demandada	Grado de Importancia			3er Nivel	Iluminación	Ventilación	Tamaño de las áreas de los servicios médicos	Diseño de interiores	Limpieza	Suministro de Insumos y Activo Fijo	Área Séptica	Toma de muestras de Laboratorio	Mantenimiento del equipo	
	Calidad Demandada													
1er Nivel	2do Nivel	3er Nivel												
Tangibles	Condiciones de la clínica	Muebles en buen estado físico	f					●	◆	◆				
		Ventilación adecuada y olor agradable	f			◆	◆	●	●		◆	▲		
		Lugar iluminado	f		◆	▲	◆	●						
		Colores agradables a la vista	f		●			◆	▲					
Limpieza	Mobiliaria y Equipo médico limpio	Sala de espera y sala de observación limpias	f		●	●	▲	●	◆		▲			
		Sanitarios y pisos limpios	f		●	▲		●	◆		◆	▲		
		Oficinas de médicos limpias	f		●	●	▲	●	◆		▲	▲	▲	
		Material médico limpio	f			▲		●	◆	●	●	●	◆	
	Educación	Amabilidad por parte de la												



Problema de Servicios Médicos (continuación)

Posibles Causas en Capacidad de Diagnóstico



Problema de Servicios Médicos

(continuación)

En resumen se obtuvo el siguiente orden de importancia para el paciente:

1. Capacidad de diagnóstico
2. Confiabilidad del proceso
3. Rapidez de atención
4. Comunicación del médico
5. Comunicación y educación de la enfermera
6. Estado físico y limpieza del mobiliario
7. Equipo médico
8. Organización del proceso

Muchas Gracias