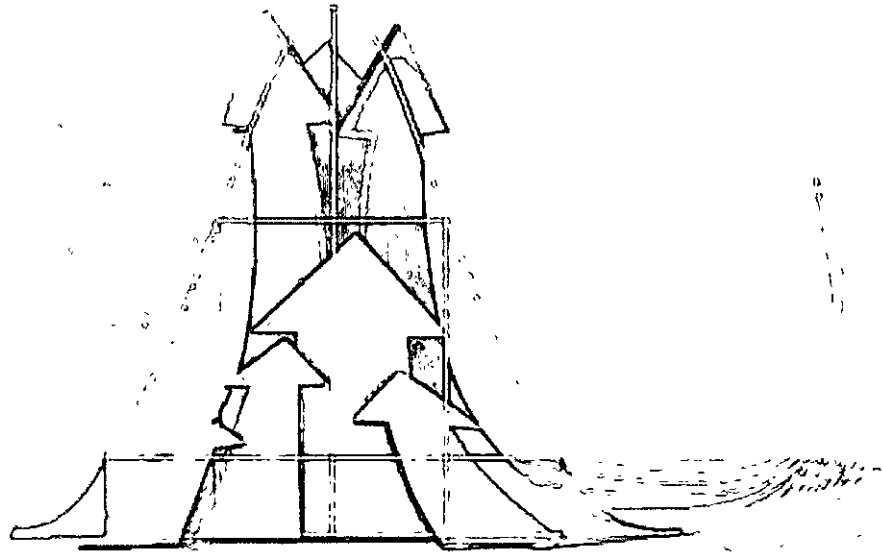
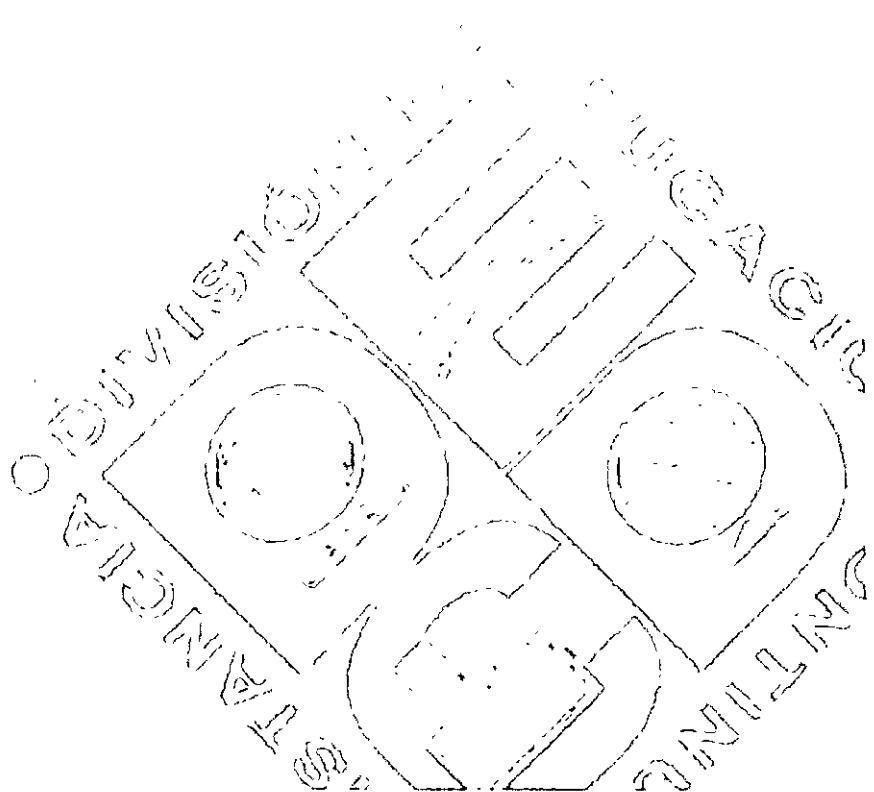


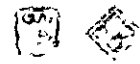
# Diplomado: Seis Sigma Nivel-Black Belt



## **MÓDULO III "ANALIZAR" CA-065**

Ing. Jorge Caudillo





Módulo III  
ANALIZAR

MÓDULO III



Black Belt

"ANALIZAR"



**Objetivo:**

Al finalizar el modulo, el participante aplicara herramientas de estadística inferencial para el análisis de datos, identificará las causas - raíz de un problema y las validará por medio del uso de pruebas de hipótesis



Black Belt

**CONTENIDO TEMÁTICO:**

- ✓ **Introducción:** El Pensamiento crítico como base de la identificación de causas - raíz y la sustentación de argumentos
- ✓ IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAIZ.
- ✓ DIAGRAMA DE ISHIKAWA.
- ✓ VALIDACIÓN DE CAUSAS IDENTIFICADAS EN EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA.
- ✓ IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS - RAIZ CON BASE EN EL CUSTOMER SATISFACTION PORTAFOLIO (CS PORTAFOLIO)
- ✓ PRIORIZACIÓN DE CAUSAS RAIZ.
- ✓ DESARROLLO DE TABLA PARA ANALISIS DE EFECTOS, MODOS Y FALLAS (AMEF).
- ✓ CUANTIFICACIÓN DE AMEF PARA MANUFACTURA Y SERVICIOS.

Black Belt

**CONTENIDO TEMÁTICO:**

- ✓ PRUEBAS DE HIPOTESIS.
- ✓ INTRODUCCIÓN A LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS.
- ✓ DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.
- ✓ PRUEBAS PARAMÉTRICAS  
PRUEBA Z, PRUEBA T, PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS Y PRUEBA T PARA DATOS PAREADOS.
- ✓ PRUEBA DE NORMALIDAD (ANDERSON - DARLING)
- ✓ TRANSFORMACIÓN BOX-COX.
- ✓ PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS.
- ✓ PRUEBA DE PROPORCIONES Y JI- CUADRADA.
- ✓ CORRELACIÓN Y REGRESION.
- ✓ REGRESIÓN MULTIPLE.
- ✓ PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS  
- KRUSKALL - WALLIS, MANN - WHITNEY.
- ✓ ANOVA 1 VÍA Y ANOVA 2 VÍAS.
- ✓ MODELO GENERAL.
- ✓ SUMARIO DE LA FASE DE ANALIZAR

Black Belt

### ***Introducción al pensamiento crítico***

Para todo buen Black Belt, el ser una persona crítica y con criterio; es una cualidad que debe de tener y desarrollar cualquier agente de cambio. Pero esta cualidad debe estar basada con elementos y fundamentos.



¿Eres una persona crítica, autocrítica o que crítica?

Black Belt

### ***PENSAMIENTO CRÍTICO PARA LOS NEGOCIOS***

Dr. Antonio Maza Pereda



Black Belt

- 
- 
- La persona que no razona acerca de nada, no es mejor que un vegetal
    - Artistóteles
  - Many People would sooner die than think- in fact, they do so
    - Bertrand Russell

Citados por Anthony Flew en How to think straight (ver bibliografía al final)

Black Belt

### **Objetivos**

- 
- 
- Dar al asistente una inducción a los conceptos básicos del pensamiento crítico.
  - Aprender y practicar los aspectos básicos de construir un argumento, validarlo y sustentarlo sólidamente.
  - Poder ubicar falacias en el pensamiento propio y en el de los demás.

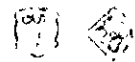
Black Belt

## Conceptos básicos del pensamiento crítico



Black Belt

### Algunas definiciones



**Pensamiento:**

Un proceso cognitivo, con un propósito, que usamos para entender al mundo y hacer decisiones informadas.

**Pensar críticamente:**

Explorar cuidadosamente el proceso de pensamiento para clarificar nuestro entendimiento y hacer más decisiones más inteligentes.

Del griego *Kritikos* : "Cuestionar, hacer sentido de, ser capaz de analizar"

Relacionado con:

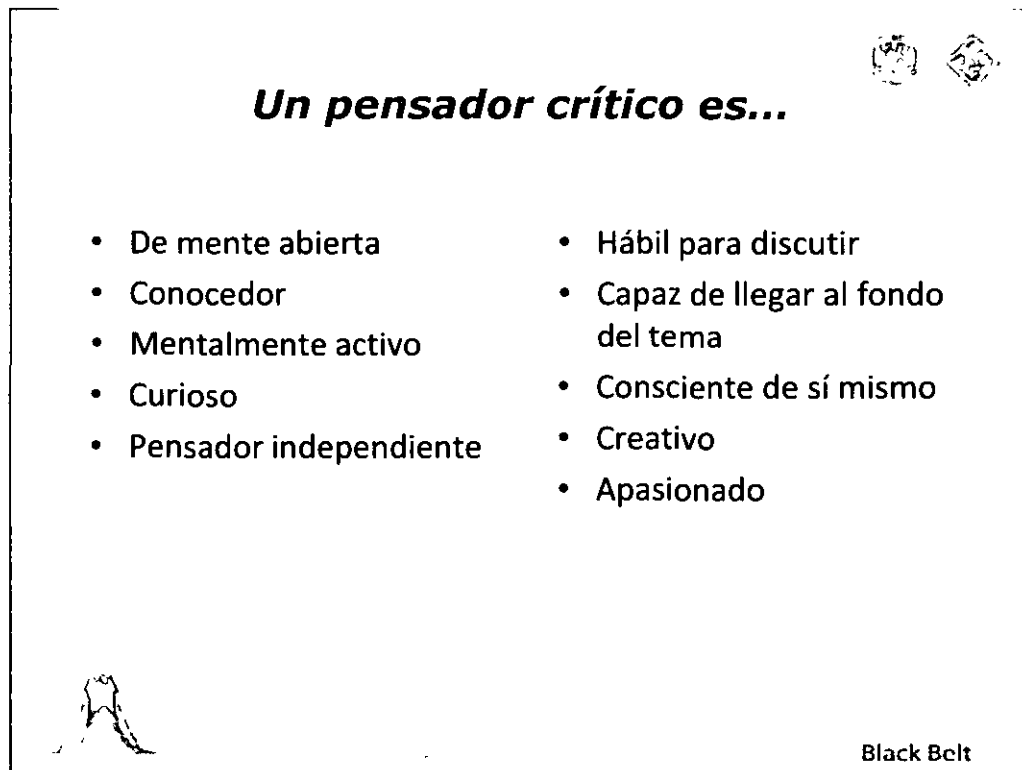
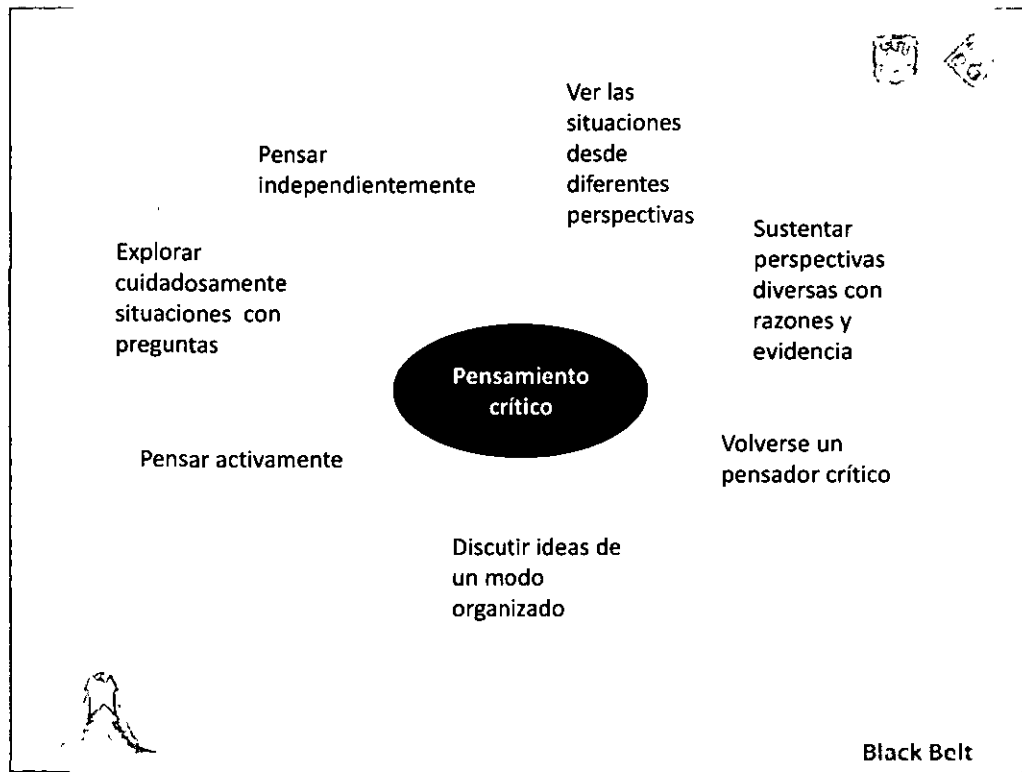
Crítico: Cuestionar y evaluar

Crítico: Lo fundamental, lo de mayor importancia (en una de sus acepciones)

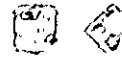


No lo que normalmente conocemos por crítica, ¿Verdad?

Black Belt



*Un pensador crítico no es...*



- Criticón... sin razones
- Terco, aferrado a sus ideas
- Soberbio
- Incapaz de conocer sus errores
- Bueno para juzgar a otros... pero sin autocrítica

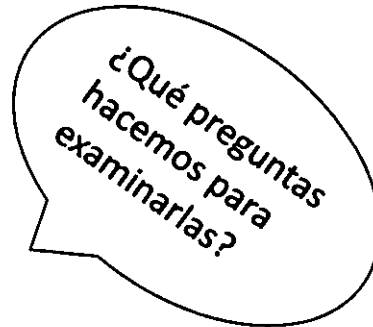


Black Belt

*Explorar cuidadosamente las situaciones con preguntas*



- Hechos
- Interpretación
- Análisis
- Síntesis
- Valuación
- Aplicación



Black Belt



### **Examinar las ideas de un modo organizado**

- Escucharse los unos a los otros
- Apoyar puntos de vista con razones y evidencia
- Responder a otros puntos de vista
- Hacer-y tratar de responder-preguntas importantes
- Tratar de aumentar su entendimiento más que simplemente ganar la discusión

La mayoría de las personas no examinan ni argumentan sus puntos de vista; solamente los expresan

Black Belt

### **Saber ≠ Creer**

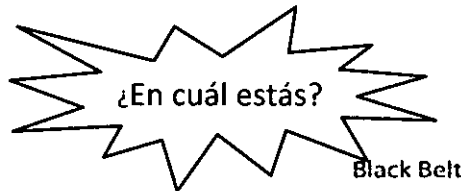
- Creo que, algún día, moriré
- Creo que en el 2010 se acabará la crisis
- Creo que hay vida en otros planetas
- ¿Qué razones apoyan mi creencia?

Substituir Creo por Sé.  
¿Sigue haciendo sentido?

Black Belt

### ***Las etapas en el conocimiento***

- **Edad de la Inocencia:** Todo es claro, todo en blanco y negro. Los "expertos" saben todo: los que no les creen deben estar mal
- **Todo se vale:** Reacción a la inocencia. Nada es verdad ni mentira. No hay un modo racional de resolver diferentes puntos de vista.
- **Pensamiento crítico:** Algunos puntos de vista son mejores, porque hay razones que los soportan. Examinamos las razones y podemos cambiar basándonos en mejor información o comprensión



MÓDULO III

"ANALIZAR"

### ***Elementos para construir un argumento***

Black Belt

### El núcleo de un argumento

- **Propuesta:** Afirmación o negación
- **Razón:** apoya a la propuesta
- **Evidencia:** Demuestra que el argumento es válido

**Propuesta** debido a **Razón** basada en **Evidencia**

El exceso de anuncios comerciales es contraproducente; porque el público ya deja de escucharlos, como lo demuestran los estudios que prueban que en tiempo de anuncios, el público cambia de canal para ver que hay en otras opciones.

Black Belt

### Ampliando el argumento

Propuesta  
(Claim)

Razones

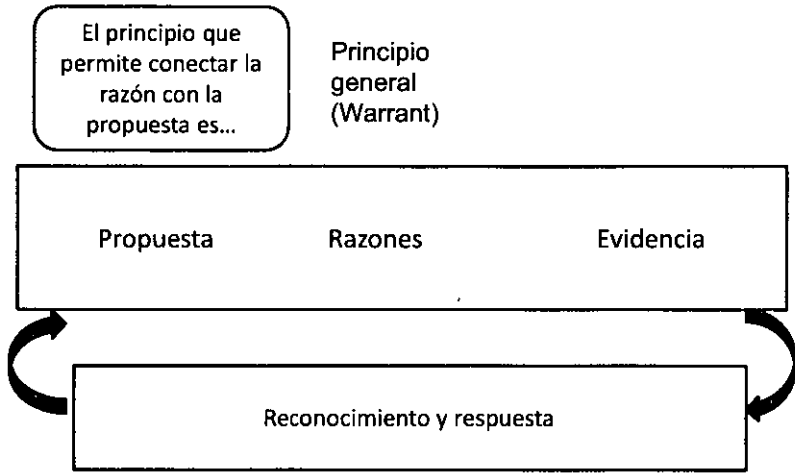
Evidencia

Afirmo qué.... Por estas razones.... Basadas en esta evidencia

Reconozco estas cuestiones, objeciones y alternativas, y las respondo con estos argumentos...

Black Belt

### Ampliando el argumento



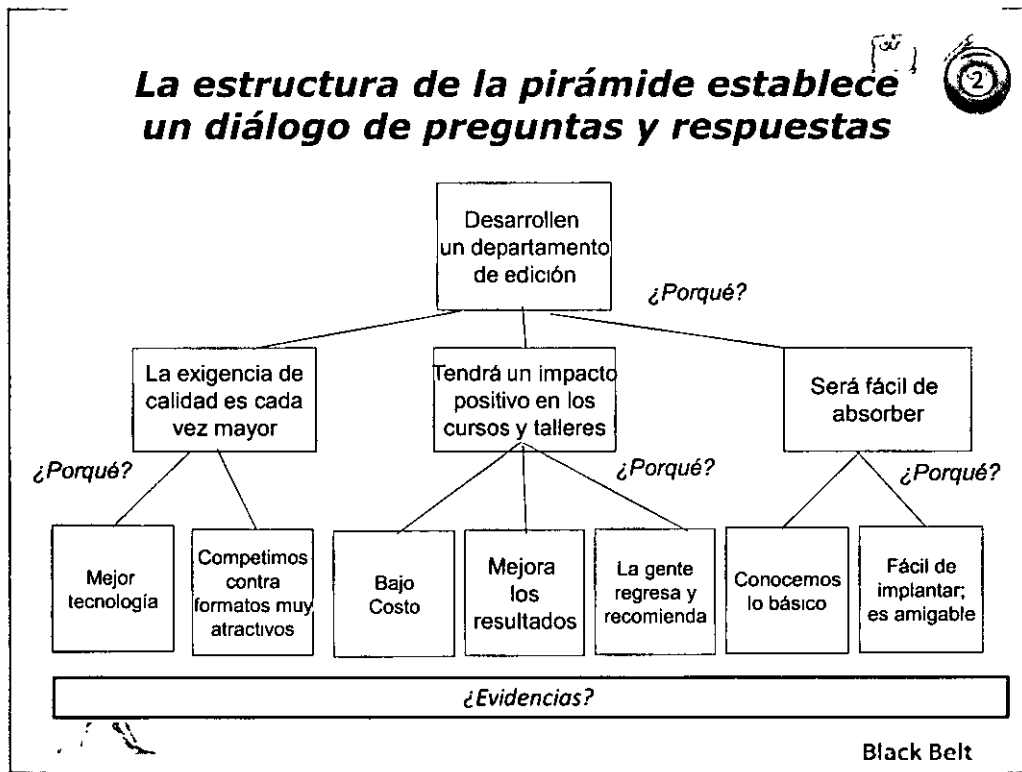
Black Belt

### Continuando con el ejemplo

- El exceso de anuncios comerciales es contraproducente; porque el público ya deja de escucharlos, como lo demuestran los estudios que prueban que en tiempo de anuncios, el público cambia de canal para ver qué hay en otras opciones.
- Hay que reconocer que hay otros factores que influyen: La facilidad que da el control remoto de cambiar de canales y la gran variedad de opciones disponibles de canales. Sin embargo, otros estudios muestran que aún en ausencia de esos factores, el aburrimiento hace que la atención no se fije en el mensaje.
- Estas razones y su evidencia están basados en el análisis de la conducta del consumidor y en la teoría neurológica sobre la capacidad de fijar la atención.

Black Belt

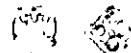
**La estructura de la pirámide establece un diálogo de preguntas y respuestas**



MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Construyendo argumentos**



- Reconocer argumentos: frases señaladoras.
- Construir argumentos, para decidir, explicar, predecir, convencer.
- Evaluar argumentos: verdad, validez, sanidad.
- Entender tipos de argumentos: Deductivos, inductivos.
- Construir argumentos extensos: Identificar una hipótesis, conducir una investigación, evaluar fuentes, organizar ideas.



Black Belt

### **Ejemplos de frases señaladoras**

- De argumentos:
  - Ya qué, porque, como se muestra, como se indica, dado que, asumiendo qué, en vista de qué, en primer (segundo) lugar, se puede inferir qué, se puede deducir qué, se puede derivar qué.
- De conclusiones
  - Por lo tanto, entonces, así qué, lo que muestra qué, lo cual prueba qué, lo que implica, entonces, demuestra qué, sugiere fuertemente qué, se puede ver qué.

Black Belt

### **Aspectos a examinar en un argumento, para poder validarlo o rechazarlo**

Black Belt

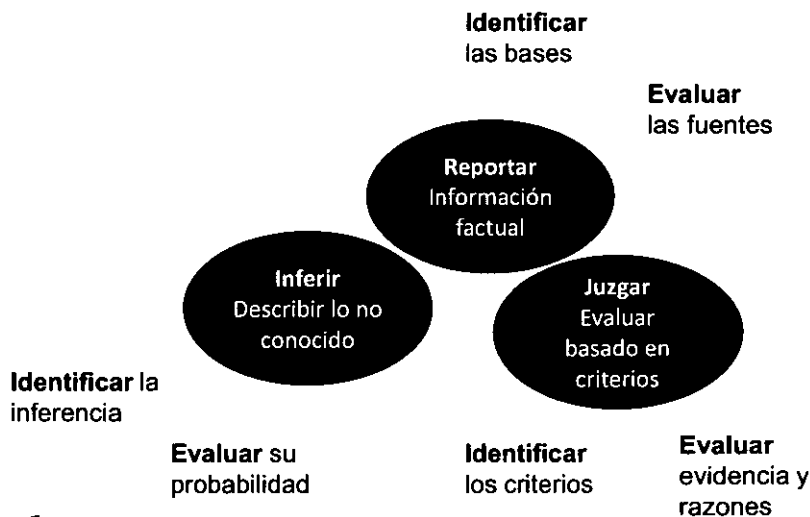
### ¿Tenemos información válida?

- Evaluando la calidad de la información en Internet
  - **Autenticidad:** ¿Quién la patrocina? ¿Está calificado? ¿Se puede verificar?
  - **Precisión:** ¿Se establecen las fuentes? ¿Gramaticalmente correcta? ¿Información gráfica clara y fácil de leer? ¿Alguien está monitoreando el contenido?
  - **Objetividad:** ¿Se conocen los motivos del patrocinador? ¿Está separado el contenido de la publicidad? ¿Se expresa claramente el punto de vista y los argumentos que lo apoyan?
  - **Actualidad:** ¿Hay fechas en que ha se escribió, se subió a la red, o se revisó? ¿hay alguna indicación de que la página ya está completa o está aún en desarrollo?

¿Se pueden aplicar estos criterios a otras fuentes de información?

Black Belt

### Reportar, inferir, juzgar



Black Belt

### *Un ejemplo*

- Mi auto se descompuso tres veces este mes (Reporte)
- Probablemente seguirá teniendo fallas (Inferencia)
- Mi auto es una carcacha (Juicio)

¿Puedes dar ejemplos del mundo de los negocios?

MÓDULO III

Black Belt

"ANALIZAR"

### *¿Cuáles son las diferencias?*

- **Reportar:** Describir información que puede verificarse a través de investigación.
- **Inferir:** Ir más allá de los hechos, para describir lo que se desconoce.
- **Juzgar:** Expresar una evaluación basada en ciertos criterios.

Black Belt



### *Algunas definiciones*

**Argumento:** Una forma de pensamiento en la que se ofrecen ciertas razones para soportar una conclusión.

**Razones:** Afirmaciones que apoyan otras afirmaciones (llamadas conclusiones), las justifican o las hacen más probables.

**Conclusión:** Una declaración que explica, afirma, o predice basada en razones que se ofrecen como evidencia para ella.

Black Belt

### *Evaluar los argumentos*

- ¿Qué tan verdaderas son las razones que se ofrecen para soportar (demostrar) la conclusión?
- ¿Hasta qué punto las razones soportan la conclusión o hasta qué punto la conclusión sigue de las razones ofrecidas?

Black Belt

### Argumento sano

Lo verdadero es:  
Verificable  
Argumentable  
Demostrable

	Estructura válida	Estructura inválida
Razones verdaderas	Sano	Falso
Razones falsas	Falso	Falso

Black Belt

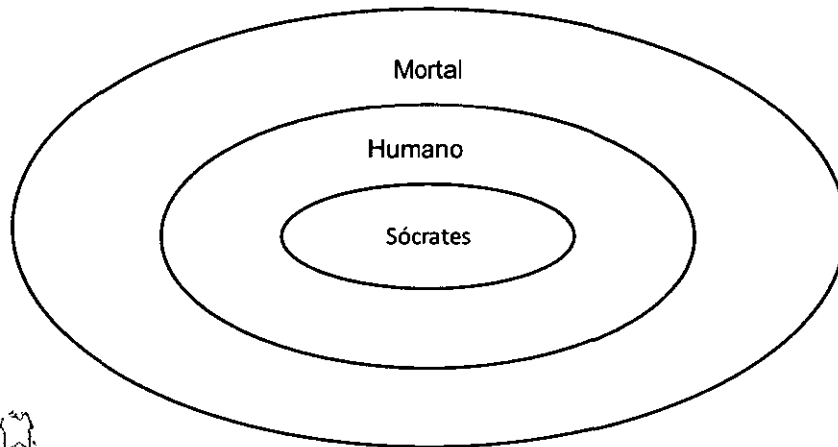
### Entendiendo un argumento deductivo

Una forma de argumento en la cual uno razona de premisas que son o que se asumen verdaderas a una conclusión que sigue necesariamente de estas premisas

- Ejemplo:
  - Todos los humanos son mortales (premisa mayor)
  - Sócrates es humano (premisa menor)
  - Por tanto, Sócrates es mortal (conclusión)

Black Belt

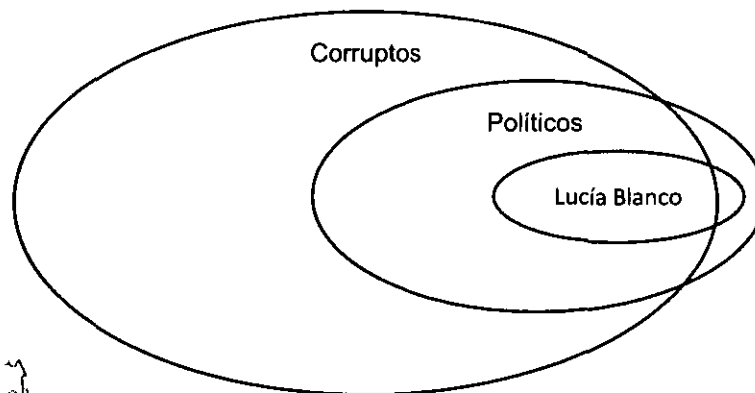
**Estructura válida del argumento**



Black Belt

**Un ejemplo de estructura inválida**

Todos los políticos son corruptos. Lucía Blanco es política, por lo tanto Lucía Blanco es corrupta

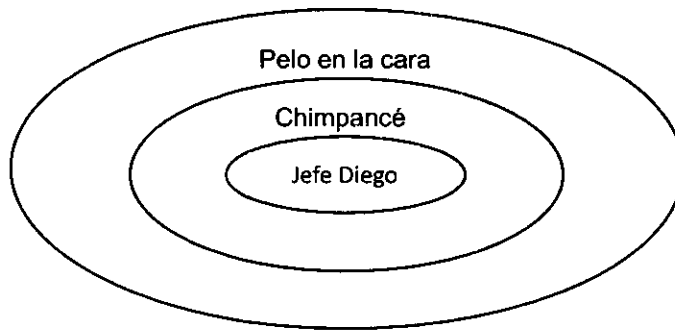


Black Belt

### ¿Dónde está la falla en la estructura?



Los chimpancés tienen pelo en la cara. El jefe Diego tiene pelo en la cara, por tanto el Jefe Diego es un chimpancé



Black Belt

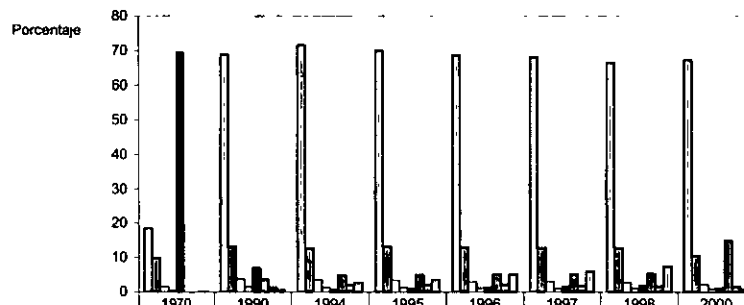
MÓDULO III

"ANALIZAR"

### La validez depende de la interpretación de los datos



Divorcios judiciales por causa principal %



	1970	1990	1994	1995	1996	1997	1998	2000
□ Mutuo consentimiento	19	89.0	72	70	68	68	67	67
□ Abandono del hogar	10	13.2	13	13	13	13	13	11
□ Servicia, amenazas e injurias	1	3.7	4	3	3	3	3	2
□ Adultereo	0	1.4	1	1	1	1	1	1
■ Incompatibilidad de caracteres	70	7.0	1	1	1	2	2	1
■ Separación del hogar	0	3.7	5	5	5	5	6	15
■ Negativa a contribuir al sostenimiento del hogar	0	1.4	2	2	2	2	2	2
□ Otras causa	0	0.6	3	4	5	6	8	1

Fuente: DIF, Diagnóstico de la familia mexicana, 2005, con datos de INEGI

Black Belt

**La interpretación depende de cómo se construyen los datos**



¿Quién encabeza las familias (por género)

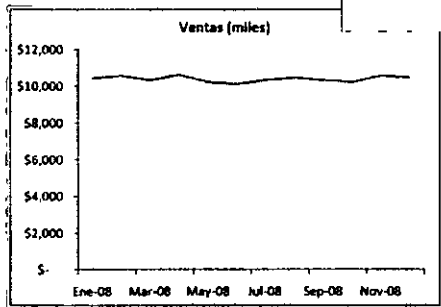
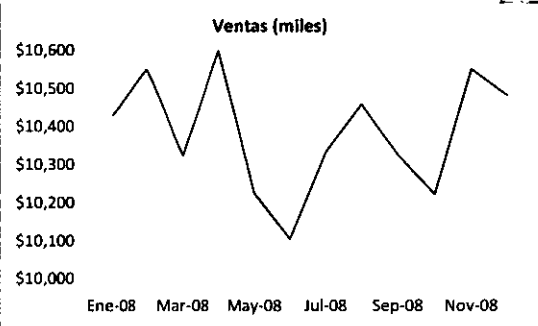
	1970	2000
Jefes	85%	81%
Jefas	15%	19%
Total	100%	100%

Fuente: INEGI, Censos Nacionales de Población y Vivienda

MÓDULO III

Black Belt

"ANALIZAR"



¿Qué podemos decir de estas compañías?

Black Belt

### **Hay otros tipos de razonamiento crítico: el razonamiento inductivo**

- Una forma de argumento en la cual uno razona desde premisas que son conocidas o asumidas como ciertas, a una conclusión que es apoyada por las premisas, pero que no necesariamente sigue de ellas
- Un ejemplo:
  - Mi producto es el adecuado para su mercado
  - El mercado está dispuesto a pagar el precio por ese producto
  - Mi promoción es muy atractiva y el mercado la recibe bien
  - La distribución llega a mi mercado meta
  - Por lo tanto, tengo una buena mercadotecnia para este producto

¿Por qué es el más usado en los negocios?

Black Belt

### **Algunos puntos para asegurar un buen razonamiento**

- Tener una buena causalidad, es decir, está seguro de que en relación de causa-efecto entre las premisas y la conclusión
- Asegurar que los datos conocidos proceden de una muestra conocida, suficiente y representativa
- Como en el método científico, se parte de identificar el evento a ser investigado, reunir información, desarrollar una hipótesis, comprobar o experimentar, y evaluar resultados

Black Belt

***¿Importa saber si un razonamiento es inductivo o deductivo?***

- Cuando el razonamiento es deductivo:
  - Es básico saber si las premisas son correctas y si la estructura del pensamiento es lógica
- Cuando el pensamiento es inductivo:
  - Es muy importante asegurarse de que hay causalidad, es decir, si los efectos observados dependen realmente de las causas con las que lo explicamos

Black Belt

***¿Cómo saber que hay una causalidad real?***

- Uno puede mejorar la probabilidad de que una causalidad sea correcta:
  - Mediante un correcto diseño de la experimentación, si es el caso
  - Pruebas estadísticas para probar si hay una correlación real (ejemplo, el estadístico de Durbin-Watson)
  - Un método intuitivo: el MECE
    - Mutuamente excluyentes: Cada explicación de lo que podría ser la causa, es totalmente independiente de las demás
    - Colectivamente exhaustivas: No hay otra explicación posible además de las que estoy manejando

Black Belt

## ***Ejemplos notables de falacias en el pensamiento***

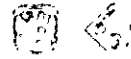
Black Belt

### ***Falacias del razonamiento***

- Generalización apresurada
  - “La propiedad es un robo” Pierre-Joseph Proudhon
  - Dos millones de amas de casa que usan Ariel no pueden estar equivocadas
- Generalización exagerada
  - Una educación universitaria mejora la capacidad de la persona. Por lo tanto, todos deberían tener una educación universitaria

Black Belt





- Falso dilema:
  - “Todos los alemanes son Nazis. Lo pocos que no están en el partido, son idiotas o lunáticos “ Adolf Hitler, Abril 5 de 1938, New York Times
  - Si conoces un BMW, o tienes uno o quieres tenerlo

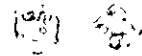


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### ***Falacias de la causalidad***



- Causa cuestionable
  - La crisis económica es causada por unos cuantos ricos que manejan las economías del mundo
- Mala identificación de la causa
  - La criminalidad es provocada por la pobreza
  - La gente que depende de las drogas es porque tiene problemas emocionales
- “Ocurrió antes, por lo tanto debe ser la causa” (Post hoc, ergo propter hoc)
  - Hizo calor el día anterior al temblor; por lo tanto, el calor provoca temblores
- Efecto dominó
  - Si indemnizamos a un cliente por una falla de calidad, después todos los clientes nos van a estar pidiendo indemnización



Black Belt

## Más falacias de causalidad

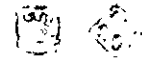
- **Confundir el efecto con la causa:** Las pequeñas empresas mueren porque no tienen dinero
- **Prueba por falta de prueba:** No se ha podido demostrar que no hay dragones voladores
- **Apelar a las anécdotas:** A un empresario que conozco, le ocurrió qué...
- Hay que evitar explicaciones causales que son:
  - Innecesariamente complicadas
  - Incompatible con teorías o hechos conocidos
  - Vagas, ambiguas o circulares
  - Que sean imposibles de someter a prueba

Black Belt

## *Falacias de relevancia*

- **Apelar a la autoridad o a la tradición**
  - Lo dijo Michael Porter
  - Siempre se ha hecho así
- **Subirse al barco**
  - Todos siguen esta práctica, por lo tanto debe ser una buena práctica
- **Pensamiento circular**
  - Los pobres son pobres porque no tienen dinero
- **Ataque personal**
  - Si yo demuestro que usted está mal, queda demostrado que yo estoy bien
- **Dos errores hacen un acierto**
  - Los terroristas están justificados para asesinar inocentes porque a ellos les han asesinado a sus parientes y amigos

Black Belt

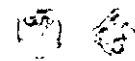


### **Preparación**

- Armar el argumento (pirámide de lógica)
- Anticipar el argumento contrario y cómo se va a rebatir



Black Belt



### **Preparación**

- Armar el argumento (pirámide de lógica)
- Anticipar el argumento contrario y cómo se va a rebatir
- Definir la evidencia para sustentar el argumento y el contra argumento
- Decidir los papeles que jugará cada uno de los participantes

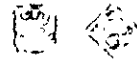


Black Belt

**MÓDULO III**

**"ANALIZAR"**

### *Evaluación*

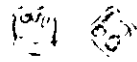


- Calidad de los argumentos (claridad, estructura)
- Capacidad de presentar contra argumentos
- Falacias en las que cayeron



Black Belt

### *Conclusión*



- ¿Qué nos llevamos...
  - Para nuestro trabajo?
  - Para el desarrollo de nuestra maestría
  - Para la vida diaria?



Black Belt



## Bibliografía

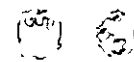
- Chaffe J. *Thinking Critically*. 7ª Edición. Houghton Mifflin Company, 2004
- Moore B.N., Parker R. *Critical Thinking*, Mc Graw Hill Higher Education, 2009
- Flew, A. *How to think straight*. 2ª Edición. Prometheus Books, 1998
- Booth W., Colomb G., Williams J., *The craft of research*. 2ª Edición, Capítulos 7 a 10; The University of Chicago Press, 2003
- Minto B. *The Pyramid principle: Logic in writing, thinking & problem solving*. 2007

Black Belt

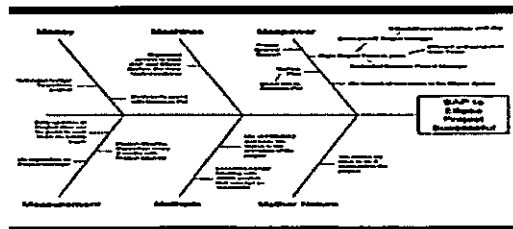
MÓDULO III

"ANALIZAR"

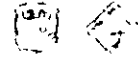
## Diagrama Ishikawa



- Un diagrama de Ishikawa o Fishbone, ayuda a identificar la relación de causa y efecto que existe en todos los sistemas. La cabeza del diagrama será el efecto y cada espina serán las causas (normalmente basadas en las 4 M's, aunque no son únicas) en el diagrama de pescado son las causas genéricas detrás de cada efecto. Kaouru Ishikawa (1915-1989) es el creador de este método
- Una vez que se haya definido un efecto, a continuación, se identifican cuáles son las causas detrás de ese efecto.



Black Belt



### **Diagrama Ishikawa <inverso>**

- Este es un concepto muy conocido, sin embargo, veremos una variante, el diagrama de pescado inverso. Se pone la solución o el resultado en la cabeza (efecto) del diagrama de espina de pescado y te preguntas, ¿qué necesito para garantizar la solución o que el resultado se cumpla?
- Las respuestas a continuación, se dividirá entre los huesos, ayudando a poner un plan de proyecto más integral.

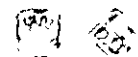


Black Belt



MÓDULO III

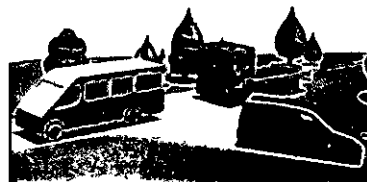
"ANALIZAR"



### **Diagrama Ishikawa <inverso>**

- A continuación se muestra un ejemplo de la aplicación del concepto de diagrama de espina de pescado inversa. El concepto del diagrama de espina de pescado inversa se aplicó a un proyecto que fue líder de Metronet Rail<sup>1</sup>

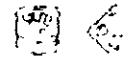
<sup>1</sup><http://www.tfl.gov.uk/corporate/modesoftransport/londonunderground/management/5500.aspx>



Black Belt



## **Problema**



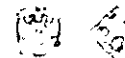
- Después de la integración de una unidad de negocio en otro dentro de Metronet, los sistemas de información de las dos unidades de negocio necesitaban ser consolidadas. El objetivo del proyecto era la transferencia de datos desde un sistema SAP en un sistema basado en Oracle llamada Elipse. Sin entrar en demasiados detalles del proyecto, digamos que esto requería todo un equipo de tres especialistas de la información y un equipo básico de otros cinco miembros a tiempo parcial.

Un plan de proyecto se puso en marcha por los especialistas en información para la transferencia de datos de SAP en Elipse. Los aspectos "duros (técnicos)" del proyecto, como fue parte de esta integración fueron llevados de buena manera, pero también quería asegurarse de que el proyecto iba a tener éxito a partir de una "suave" punto de vista (cultura de las personas, procesos, etc .)



Black Belt

## **Ejecución**

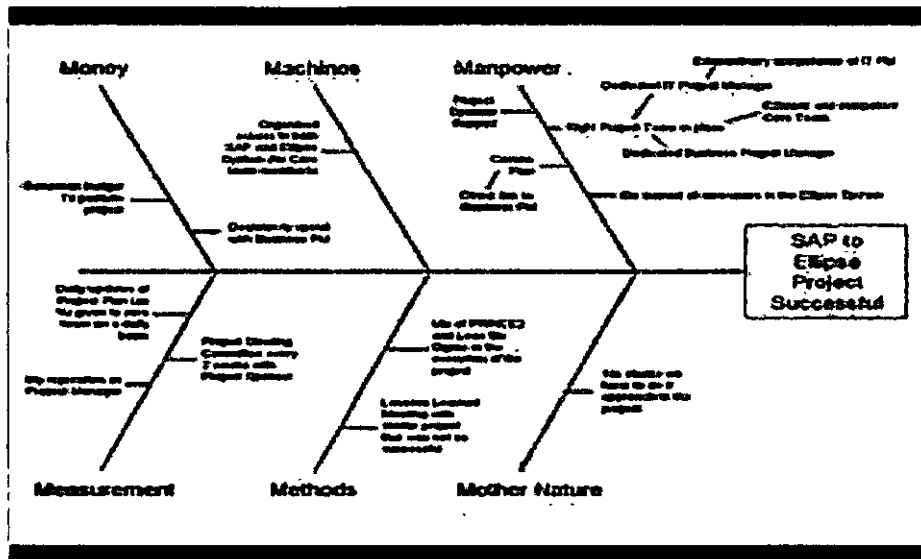


- Para ello, se organizó una sesión con el equipo central del proyecto y se creó un diagrama de pescado inverso para ayudar a identificar todos los aspectos críticos que tenía que estar en el lugar para asegurar el éxito del proyecto.
- En la cabeza de los peces, el equipo del proyecto colocó el resultado deseado (efecto), que en este caso era simplemente "conversión de SAP a Elipse = éxito del proyecto." En cuanto a las causas genéricas (los huesos), el equipo identificó inicialmente a 13 aspectos críticos necesarios para atender para lograr un resultado exitoso del proyecto.
- Por ejemplo, debajo del hueso de medición, el equipo identificó que era necesario contar con un comité directivo del proyecto, con el patrocinador del proyecto, con la información actualizada sobre el proyecto y resolver los riesgos y problemas.
- En el hueso de la máquina, identificamos que necesitábamos "acceso organizado a los dos sistemas para los miembros del equipo central." Y así sucesivamente.



Black Belt

Diagrama



Black Belt

MÓDULO III

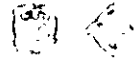
"ANALIZAR"

Ejemplo.

- Algunos de los elementos en el diagrama de espina de pescado puede parecer obvio, pero algunas veces entramos en proyectos donde desconocemos todas las posibilidades o factores, esta herramienta le ayudará a identificar a todos los sistemas "soft", las acciones que debía tomar para asegurar el éxito del proyecto.
- Estos elementos obtenidos del diagrama de pescado ayudaron a realizar el plan de proyecto en las fechas de inicio y final, identificando a los dueños del proceso y sus predecesores.

Black Belt





### ***Ejercicio***

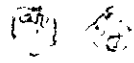
- Identifica las diferencias de un diagrama de pescado inverso de un diagrama de pescado "tradicional"
- Donde puedes realizar un diagrama de pescado inverso
- Menciona un ejemplo



Black Belt

**MÓDULO III**

**"ANALIZAR"**



### ***Customer Satisfaction (CS) Portfolio Analysis***



Black Belt

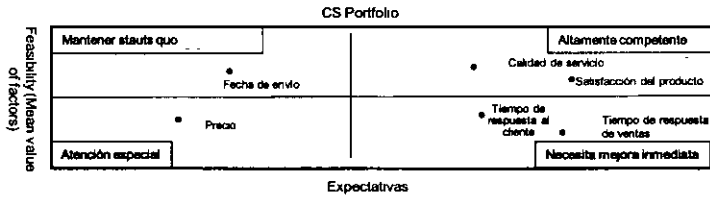
## CS Portfolio Análisis

### Propósito

Analizar los resultados de un cuestionario priorizando las "acciones por hacer"

Las preguntas deben ser realizadas acerca de temas que sean impactantes en el resultado total del CS Score

### Estructura



**Necesita mejor inmediata.** Tópicos que tienen impacto en score general y no se habían percatado al respecto. Trabajar en este punto en el corto y mediano plazo

**Altamente competente.** Temas que tienen impacto en el score general, pero ya se sabía que podían impactar. Mantener el nivel actual de desempeño general, mejorando en algunos puntos.

**Mantener status quo.** Temas que no impactan el score general, pero que se han realizado

Mantener este status en el futuro próximo. Investigación para mejorar en el mediano plazo.

**Atención especial** Temas que no impactan en el score general pero hay bajo desempeño individual. Tomar acción a mediano plazo, para futuras mejoras o mejorar las necesidades de investigación para determinar que acciones se tomaran en el futuro.

La clave es mejorar las operaciones generales y nivel de CS score

Black Belt

MÓDULO III

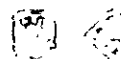
"ANALIZAR"

## Procedimiento para crear un análisis de CS Portafolio

PASOS	ILUSTRACIÓN
<p><b>PASO 1</b>  <b>RECOPILAR UN ESTUDIO DE CS</b>                      Recopilar un cuestionario hacia los clientes, preguntando la evaluación de los factores que potencialmente impacten en la satisfacción al cliente en una escala de 1 a 5</p>	<p>&lt;Ejemplo de un CS Survey hacia los huéspedes de un hotel&gt;                      Un hotel en Tokyo ha decidido evaluar la satisfacción de sus clientes a través de una encuesta, para identificar los temas críticos a mejorar.</p> <p>Identificar los factores con mayor impacto potencial de CS scores</p>
<p><b>PASO 2:</b>                      Pegar los datos en un archivo de MINITAB</p>	<p>Datos de la encuesta</p> <p>5: Satisfecho                      3: No satisfecho, ni insatisfecho                      1: Insatisfacción</p>

Black Belt

**Procedimiento para crear un análisis de CS Portafolio**



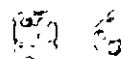
PASOS	ILUSTRACIÓN
<p><b>PASO 3</b>  <b>OBTENER EL CS SCORE DE CADA FACTOR</b>                      Obtenemos las media de cada uno de los factores apoyándonos de la estadística descriptiva.</p>	<p>[Start up MINITAB]                      &lt;Edi&gt; - &lt;Paste cells&gt;</p> <p>&lt;Stat&gt; - &lt;Basic Statistics&gt; - &lt;Display Descriptive Statistics&gt;</p> <p>CS Scores</p>

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

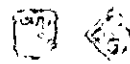
**Procedimiento para crear un análisis de CS Portafolio**



PASOS	ILUSTRACIÓN
<p><b>PASO 3:</b>  <b>OBTENER EL CS SCORE DE CADA FACTOR</b></p> <p>Pegar el valor de la media obtenido en la hoja de trabajo en el CS portafolio (Scatter diagram)</p> <p>Esto lo podemos realizar en EXCEL, pero no hay manera de especificar los puntos en un scatter diagram.</p> <p><b>PASO 4.</b>  <b>OBTENCIÓN DE RESIDUALES</b></p> <p>Para obtener la correlación parcial (Expectativas) entre CS score general y cada uno de los factores, necesitamos obtener los valores residuales entre el CS score de cada uno de los factores y el valor combinado, para el resto de los factores restantes.</p>	<p>&lt;Copy&gt; - &lt;Paste&gt;</p> <p>&lt;Stat&gt; - &lt;Regression&gt; - &lt;Regression&gt; - &lt;Select 'Good-support' for Response&gt; - &lt;Select the remaining factors of C3 to C8 for Predictions&gt;</p> <p>&lt;Replace the names with CS scores&gt;</p> <p>&lt;Storage&gt; - &lt;Check Residuals&gt; - &lt;OK&gt;</p>

Black Belt

**Procedimiento para crear un análisis de CS Portafolio**



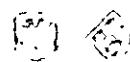
PASOS	ILUSTRACIÓN
<p><b>PASO 4:</b> <b>OBTENCIÓN DE RESIDUALES</b></p> <p>Has obtenido que los residuales entre primer factor y los factores restantes se colocan en la columna C17.</p> <p>Repetimos el mismo procedimiento como se describió en el paso 1) para obtener los residuales entre el CS score para cada uno de los factores restantes. La correlación entre los residuales = correlaciones parciales</p>	
<p><b>PASO 5:</b> <b>OBTENEMOS LAS CORRELACIONES PARCIALES (Expectativas)</b></p> <p>Obtenemos las relaciones de correlación entre Residuales = correlaciones parciales</p>	<p>&lt;Stat&gt;-&lt;Basic Statistics&gt;-&lt;Correlation&gt;-&lt;Select C17-23&gt;</p> <p>Correlation coefficient between Residuales = Partial Correlations</p>

Black Belt

MÓDULO III

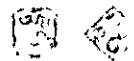
"ANALIZAR"

**Procedimiento para crear un análisis de CS Portafolio**



PASOS	ILUSTRACIÓN
<p><b>PASO 5:</b> <b>OBTENEMOS LAS CORRELACIONES PARCIALES (Expectativas)</b></p> <p>Invertir los símbolos que representen el coeficiente de correlación para la satisfacción en general y otros factores (RESI 1 a 7) y ingrásalos hacia la hoja de trabajo como "Expectativas".</p> <p>Nota MINITAB despliega símbolos para las correlaciones parciales de manera inversa.</p> <p><b>PASO 6:</b> <b>CREAR CS PORTAFOLIO.</b></p> <p>Eliminamos la columna de "Satisfacción" así que borramos la columna "CS Score".</p>	
<p><b>PASO 9:</b> <b>Crear el CS Portafolio</b></p> <p>Dibujamos un diagrama de puntos (scatter diagram).</p>	<p>&lt;Graph&gt;-&lt;Plot&gt;-&lt;Select CS Score' and 'Expectations&gt;</p> <p>&lt;Annotation&gt;-&lt;Data Labels&gt;-&lt;Check 'Show Data Labels'&gt;-&lt;Check 'Use labels from column'&gt;-&lt;Select Variable&gt;-&lt;OK&gt;</p>

**Procedimiento para crear un análisis de CS Portafolio**



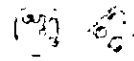
PASOS	ILUSTRACIÓN
<p><b>PASO 6:</b>  <b>CREAR CS Portafolio</b>                      Tenemos ahora un scatter diagram en la pantalla                      Dibuja ahora las líneas que dividirán el portafolio en 4 partes como se muestra en el ejemplo de la derecha                      De arriba a abajo muestra                      El valor medio del CS scores para un factor                      el valor medio para CS score general                      Izq a der representa                      El valor medio de las expectativas de un factor                      Para eso usamos la siguiente formula</p> $\frac{1.96}{\sqrt{\# \text{ de muestras} \cdot \# \text{ de variables} \cdot 1}}$ <p>Hay otras formas de obtener este valor, pero es solo para darnos una idea general de donde se ubica este valor</p>	
<p><b>PASO 6:</b>  <b>CREAR CS Portafolio</b>                      Asignar nombres a las cuatro áreas obtenidas                      El análisis de CS Portafolio. Esta terminado</p>	

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**CS Portfolio <Caso de estudio>**



Título del proyecto

Averiguar la efectividad de los servicios informáticos y de soporte que ofrece la compañía a sus usuarios, con el fin de mejorar el funcionamiento de las áreas (especialmente, en las áreas comerciales)

Esquema

Se utilizaron los datos de la encuesta realizada a los empleados de la compañía (siete preguntas). Esta encuesta, fue realizada por el área de sistemas, con el fin de conocer cuáles fueron los elementos que necesitan ser mejorados para un mejor funcionamiento de las áreas, abarcando temas como son equipos de trabajo (lap tops, desktops, impresoras, etc), actualización del equipo de computo, servicio de correo electrónico, al servicio de intranet, a los sistemas de computo mas utilizados (SAP, Office, etc.), así como el nivel de satisfacción con respecto al sistema de help desk. Cabe señalar que han existido quejas sobre los equipos de computo y a nivel directivo se cree que es algo que ha minado la productividad de las áreas, a pesar de que se han hecho acciones de mejora, las quejas han sido muy recurrentes. (Lo demuestra la afluencia de llamadas al call center).

Con este estudio, el área de IT, cree que puede identificar de manera puntual los elementos que han brindado esta mala percepción del área, con el fin de aplicar esfuerzos y recursos en los puntos que deben ser aplicados.

Black Belt

**CS Portfolio <Caso de estudio>**



1. Realiza un análisis de CS Portafolio
2. Determina los puntos a ser mejorados
3. En tu opinión, son estas preguntas las adecuadas (las encontrarás en el archivo de Excel) para determinar la satisfacción general del cliente. ¿Qué preguntas realizarías tú?
4. ¿Qué acciones implementarías de inmediato?
5. Menciona de acuerdo las actividades que observas en tu empresa, en donde aplicarías una encuesta de este tipo y por qué.

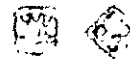


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Consideraciones finales  
al realizar un CS Portafolio**

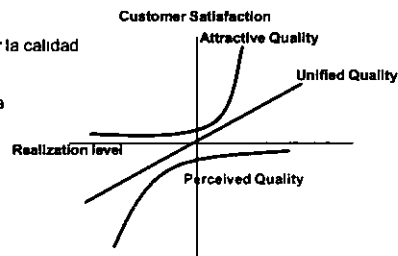


**Claves para el éxito**

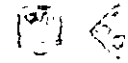
- Se recomienda una encuesta previa con clientes para identificar todos los factores del CS, para no perder nada que pueda representar un efecto significativo.
- Asegúrate de tener un tamaño de muestra suficiente (respuesta de entrevistas) para la encuesta de CS mas de 100 es mejor pero recuerda que no debe ser menor de 30 si es que queremos que la encuesta sea significativa

**Errores comunes**

- No tomar en cuenta todos los factores que contribuyen a la satisfacción GENERAL de los clientes. Los pequeños factores pueden ser importantes
- Fallar en entender los factores que contribuyen a percibir la calidad
- Cuando el coeficiente de correlación parcial se encuentra entre 0.3 y 0.5, necesitamos juzgar el impacto que el impacto de un factor en particular es poco significativo al valor general



Black Belt



# Pruebas de Hipótesis

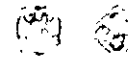
MÓDULO III



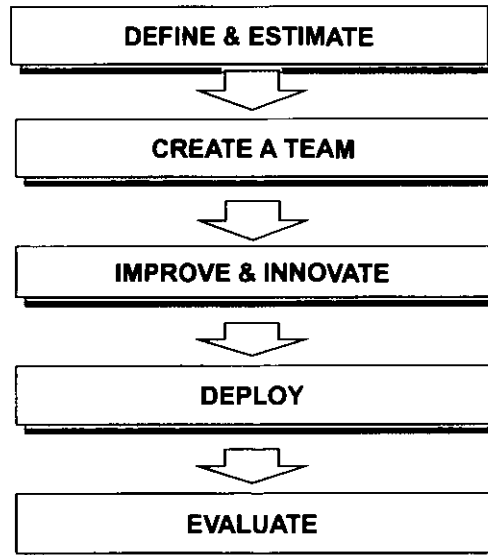
Black Belt

"ANALIZAR"

## RECAPITULANDO DECIDE

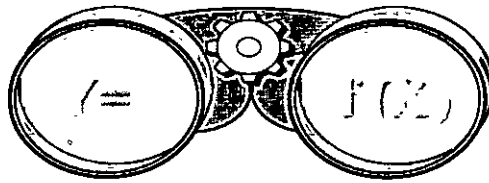


¿Qué es DECIDE?



Black Belt

### ENFOQUE DE DECIDE



*Para obtener resultados, debemos enfocar nuestro esfuerzo en la Y o en la X?*

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Y</li> <li>■ Dependiente</li> <li>■ Salida</li> <li>■ Efecto</li> <li>■ Síntoma</li> <li>■ Monitor</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ X1 ... XN</li> <li>■ Independiente</li> <li>■ Entrada-Proceso</li> <li>■ Causa</li> <li>■ Problema</li> <li>■ Control</li> </ul> |
|--|---|

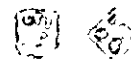
*Enfocarse en las X en lugar de la Y, como lo hemos hecho históricamente*

Black Belt

MÓDULO III

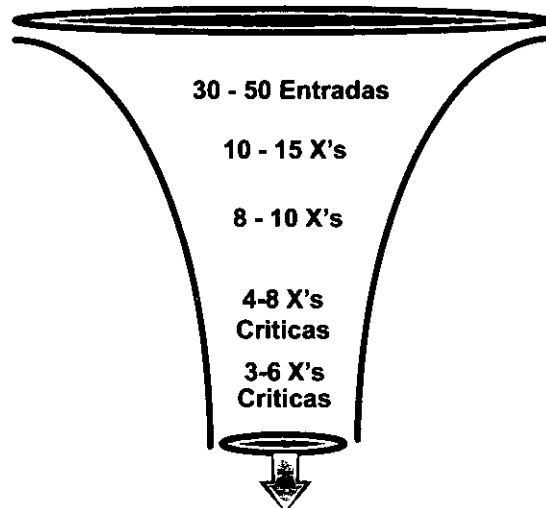
"ANALIZAR"

### ESTRATEGIA DE DECIDE



- *El efecto embudo*

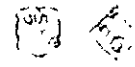
- Mapa de proceso
- Matriz C&E y AMEF
- Estudios Multi-Vari
- Pruebas de hipótesis
- ANOVA
- DOE
- Plan de Control



**Proceso Optimizado**

Black Belt





### Objetivos

1. Entender el concepto y uso de pruebas de Hipótesis en la fase de I2.
2. Definir un análisis apropiado basado en los diferentes tipos de datos.

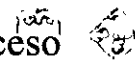


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Análisis: Encuentra las X's que mueven el proceso



Región

Persona

Día de la semana

Tipo de formato

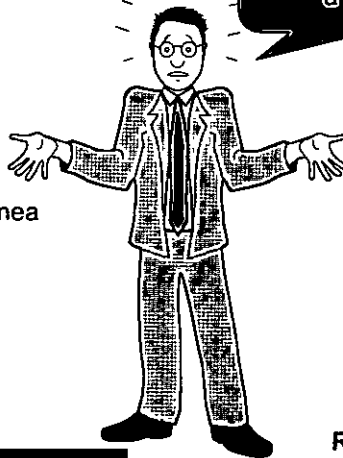
Velocidad de línea

Temperatura

Presión

Número de parte

*Recuerda, necesitamos  $Y=f(x)$*



¿Cómo se si estas X's son importantes/relevantes a los CTQs?

Costo

Tiempo de ciclo

Desempeño


Apariencia

Scrap

Vida útil

Resistencia

Black Belt

Análisis: Encuentra las X's que mueven el proceso 

Debemos decidir que variables son críticas al proceso, ¡¡¡y mostrarlo estadísticamente!!!

Todas las suposiciones, creencias, incluso ideas locas, deben ser evaluadas y cuantificadas. Hacemos esto mediante una gama de herramientas sencillas pero muy poderosas que vamos a generalizar como:



## Pruebas de Hipótesis

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Pruebas de Hipótesis

Para contestar la pregunta "¿tiene relación la X con la Y?" (p.e. ¿el nivel de rotación de personal operativo con la edad?), tenemos 2 opciones (solo una prevalecerá):




Hipótesis nula ( $H_0$ ): no hay diferencia, no hay relación entre las variables.

Hipótesis alternativa ( $H_a$ ): si hay diferencia, si hay relación entre las variables.

*Necesitamos datos para seleccionar cualquiera de ellas.*

Black Belt



Ejemplo: el caso de la moneda "honesta".

Suponga que alguien del grupo está dispuesto a jugarse con el instructor, la calificación del módulo en un "volado".

¿Qué hipótesis estarían en juego?

¿Cómo probar estas hipótesis?

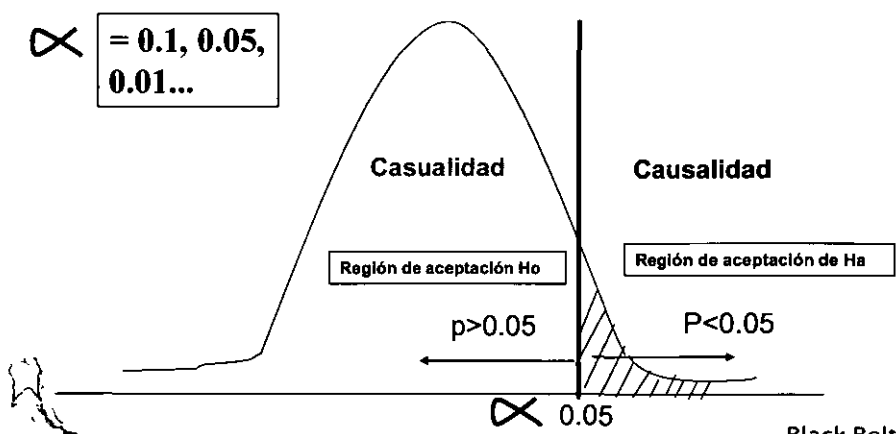
Black Belt

### Pruebas de Hipótesis

**TEORÍA DE DECISIÓN:**

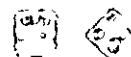
SI DEFINIMOS UN VALOR FIJO DE ALFA, ENTONCES LA DISTRIBUCIÓN UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS TENDRÁ UN VALOR DE CORTE DONDE EL ÁREA (PROBABILIDAD) MAS ALLÁ DE ESTE PUNTO ES IGUAL A ALFA, DEFINIENDO EL ÁREA DE RECHAZO PARA  $H_0$ .

$\alpha = 0.1, 0.05, 0.01...$



Black Belt

### Pruebas de Hipótesis



Regla de decisión  
(pueden usarse diferentes valores de alfa: 0.05 ó 0.01)

$H_0$ : Hipótesis nula: no hay relación, no hay diferencia,

i.e. Mayito es inocente.

Valor de  $p > \alpha$ , mucho riesgo de tomar una decisión equivocada, no podemos afirmar que algo pasó.

$H_a$ : Hipótesis alternativa: Si hay relación, si existe una diferencia real.

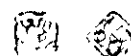
i.e. Mayito es culpable

Valor de  $p < \alpha$ , poco riesgo de error. Podemos afirmar que algo realmente pasó

El valor de  $p$  se relaciona con la probabilidad (que tanto riesgo) se tienen en tomar una decisión equivocada. Sin importar la herramienta seleccionada, esta regla siempre va a aplicar. La selección de la herramienta específica dependerá principalmente de los tipos de datos analizados.

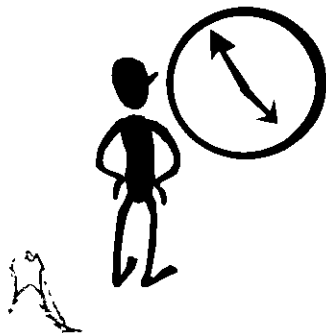
Black Belt

### Tipos de datos



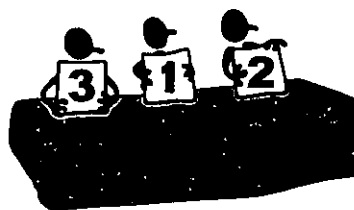
#### Continuos

- Se asigna una escala numérica.
- Tienen una unidad física relacionada.

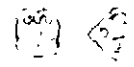


#### Discretos

- Se asigna una escala categórica.
- Los valores se miden a través de diferentes niveles o categorías (bajo, medio, alto; pasa, no-pasa; vivo o muerto, hombre o mujer, etc.)



Black Belt



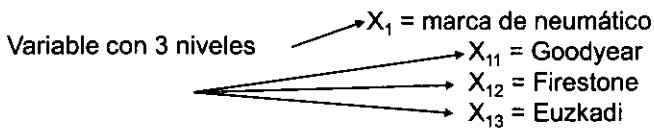
### Tipos de datos

Por ejemplo:

Queremos estudiar la relación entre la marca de neumático y la duración.

Y = duración (meses)      continuo

X<sub>1</sub> = Marca de neumático      discreto

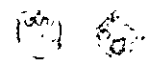


- Factor: Una variable independiente
- Nivel: Un valor discreto o establecido para un factor

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"



### Terminología

$$Y = f(X)$$

Y	25	22	81	78
X	40	40	150	150

Black Belt

**Matriz de selección de herramientas**

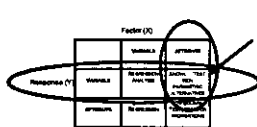
		Factor (X)	
		CONTINUO	DISCRETO
Respuesta (Y)	CONTINUO	ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y DE CORRELACIÓN	ANOVA, PRUEBAS DE Z Y T, ALTERNATIVAS NO PARAMÉTRICAS
	DISCRETO	REGRESIÓN LOGÍSTICA	PRUEBA DE JI-CUADRADA, PRUEBA DE PROPORCIONES

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Matriz de selección de herramientas**



Necesitamos consideraciones adicionales en este cuadrante ...

**Niveles de X**



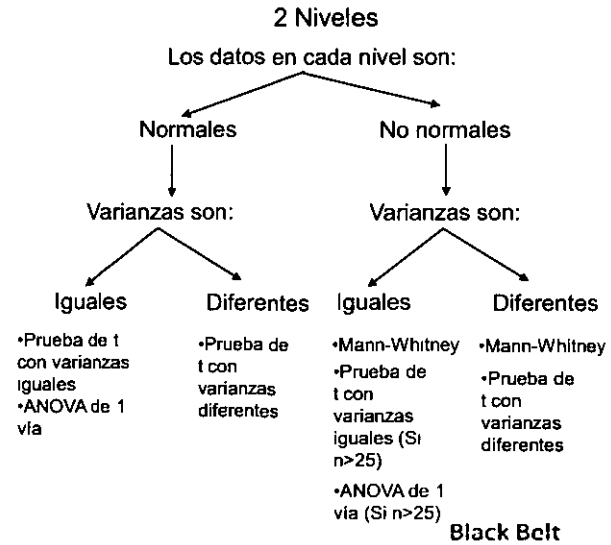
Black Belt

Matriz de selección de herramientas

	Factor (X)	Variable (Y)	Variable (Z)
Normalidad (Y)	Normal	Normal	Normal
Normalidad (Z)	Normal	Normal	Normal
Normalidad (X)	Normal	Normal	Normal

Necesitamos consideraciones adicionales en este cuadrante

Niveles de X

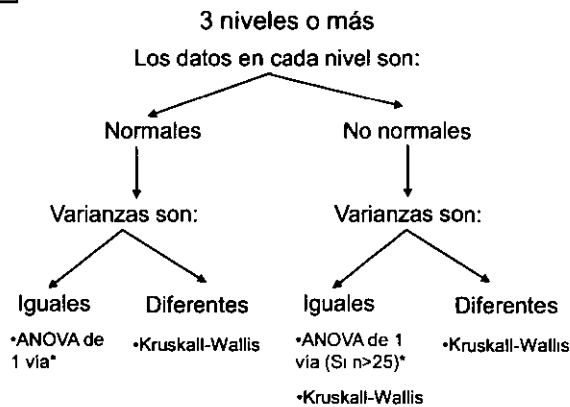


Matriz de selección de herramientas

	Factor (X)	Variable (Y)	Variable (Z)
Normalidad (Y)	Normal	Normal	Normal
Normalidad (Z)	Normal	Normal	Normal
Normalidad (X)	Normal	Normal	Normal

Necesitamos consideraciones adicionales en este cuadrante

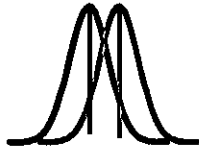
Niveles para la X



\*NOTA: existen otros tipos de ANOVA tales como; de dos o más vías, y estos aplican cuando se tienen dos ó más Xs

Black Belt

**Herramientas para pruebas de hipótesis**



Cambios ó diferencias del promedio entre 2 muestras  
(p.e. ¿el tiempo de entrega depende del proveedor?,  
¿quién entrega más rápido DHL o Fedex? )  
Herramienta: **ANOVA** o prueba t para dos muestras

Zona	Altima	Sentra	Tsuru
Baja			
Media			
Alta			

Buscar independendencia entre variables (p.e.  
¿La venta de un modelo de auto depende de  
la zona económica?)  
Herramienta: **Prueba de Ji-cuadrada**

Black Belt

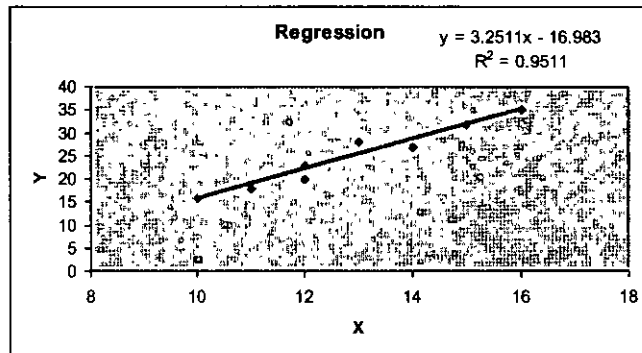
MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Herramientas para pruebas de hipótesis**

Encontrar la relación entre dos variables numéricas.  
p.e. ¿La cantidad de defectos es determinado por la velocidad de la línea?

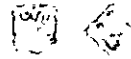
Herramienta: **Análisis de Regresión**



Black Belt



**Actividad (30 minutos):**  
**Resuelve por equipo los siguientes ejemplos**



**Ejemplo 1: Jaime quiere saber si el tiempo requerido para completar una tarea, está relacionado con la experiencia del empleado en años.**

Ho:

Ha:

Tipo de datos

Y: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

La herramienta apropiada para contestar esto es:

X: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

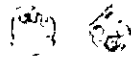
\_\_\_\_\_

¿Cuál sería tu conclusión si  $p = 0.1917$ ?



Black Belt

**Ejemplos**



**Ejemplo 2: ¿El uso o no de Democar está relacionado con la venta o no del Micra?**

Ho:

Ha:

Tipo de datos

Y: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

La herramienta apropiada para contestar esto es:

X: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

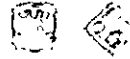
\_\_\_\_\_

¿Cuál sería tu conclusión si  $p = 0.0054$ ?



Black Belt

**Ejemplos**



**Ejemplo 3: Hemos utilizado 3 diferentes proveedores de mensajería internacional, ahora debemos seleccionar solo uno con base en sus tiempos de entrega.**

Ho:

Ha:

Tipo de datos

Y: \_\_\_\_\_

La herramienta apropiada para contestar esto es:

X: \_\_\_\_\_

¿Cuál sería tu conclusión si  $p = 0.054$ ?

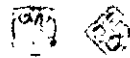


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**En resumen...**



1. Sin importar la herramienta, la regla de decisión siempre dependerá del nivel de alfa (por "default" es 0.05, pero se puede utilizar 0.01).
2. Si el valor de  $p$  es menor a 0.05, concluimos que algo "especial" ha ocurrido, y por tanto encontramos diferencia o relación entre variables.
3. La herramienta correcta de análisis depende del tipo de datos que estemos midiendo.



Black Belt

*Matriz de selección de herramientas*

		Factor (X)	
		CONTINUO	DISCRETO
Respuesta (Y)	CONTINUO	ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y DE CORRELACIÓN	ANOVA, PRUEBAS DE Z Y T, ALTERNATIVAS NO PARAMÉTRICAS
	DISCRETO	REGRESIÓN LOGÍSTICA	PRUEBA DE JI-CUADRADA, PRUEBA DE PROPORCIONES

Black Belt

**MÓDULO III**

**"ANALIZAR"**

# AMEF

*Análisis de Efecto de Modo y de Falla*

Black Belt

## **AMEF**



### **HISTORIA**

- ❑ Herramienta desarrollada en los años '40
- ❑ Usado principalmente en programas de la NASA en los años '60
- ❑ Adoptada por la industria automotriz Automotive Industries Action Group (AIAG)
- ❑ Adoptada por Six Sigma tanto en proyectos de manufactura como de servicios

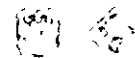


Black Belt

**MÓDULO III**

**"ANALIZAR"**

## **AMEF**



Los AMEF's han sido utilizados en forma extensiva por muchos años en la industria automotriz y aeroespacial. Muchos clientes requieren AMEF's a sus proveedores de subsistemas complejos. El concepto de AMEF es muy simple, de hecho los realizamos todos los días aunque no en forma documental ¿cuántos de ustedes han pensado en que puede salir mal al momento de implementar un nuevo concepto o diseñar un nuevo producto o proceso? Seguramente salieron con múltiples ideas y decidieron cuales eran importantes para minimizar o eliminar el impacto de la posible falla.

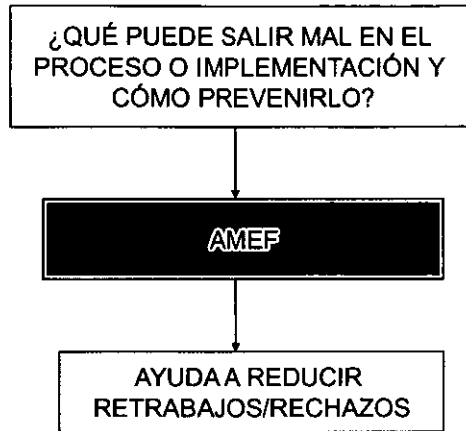
Lo que no han hecho es realizar esta actividad en forma sistemática e identificar la probabilidad de que ocurriera o que tan severo es el impacto de ésta o la capacidad de detectar el problema.

El AMEF hace esto, luego usa la información para priorizar acciones.



Black Belt

**AMEF**



Black Belt

**Aplicaciones del AMEF**

- Hay diferentes tipos de AMEF's
    - DISEÑO
      - Los AMEF's de diseño son más útiles en el ciclo de introducción de un nuevo producto. Usualmente se llaman AMEF de producto. El equipo de diseño tienen mayor factibilidad de detectar problemas potenciales que una vez hecho el producto.
    - PROCESO
      - Los AMEF de proceso se hacen mientras está operando el proceso. El equipo identificará que cosas pueden salir mal en el proceso y su habilidad para detectarlo acorde a su ocurrencia.
- Esta herramienta es muy útil para procesos administrativos donde es difícil obtener valores cuantitativos.**

Solo hay una forma de ser bueno al hacer un AMEF **haciéndolo**

Black Belt

### **Definiciones del AMEF**



**Modo de Falla:** Descripción de la falla

**Efecto:** El resultado de la falla. Se expresa en términos de lo que pasa al cliente.

**Severidad:** La importancia del efecto. En una escala del 1-10, que tanto impacto tiene en el cliente, siendo **10** muy severo y **1** imperceptible por el cliente.

**Causa:** La "causa raíz" de la falla.

**Probabilidad de la ocurrencia:** La probabilidad de que la falla específica se presente debido a una causa Dada. Esto se evalúa también en una escala del 1-10 siendo **10** muy probable y **1** poco probable.

**Controles actuales:** Se refieren a los métodos de control actual que tiene el sistema para detectar el Efecto, el modo de Falla o la Causa.

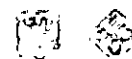


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### **AMEF**



- **Detectabilidad:** La habilidad de identificar la falla antes de la ocurrencia del efecto. Esta escala va de 1 a 10, siendo 1 certeza de detectar y 10 la imposibilidad de detectar.
- **NPR:** Número de prioridad de riesgo. Es el producto de la severidad por la ocurrencia por la detección. A mayor número, mayor es la probabilidad de riesgo.
- **Acción:** La o las acciones que planeas para reducir la ocurrencia y/o incrementar la detectabilidad.



Black Belt

**Escalas de evaluación del AMEF**

Rango	Severidad	Ocurrencia	Detección
10	Daño mayor/ muy alta severidad	Muy alta probabilidad de ocurrencia	imposible detectar
9			
8	Inconveniente mayor	Alta probabilidad de ocurrencia	Baja capacidad de detección
7			
6			
5	Inconveniente menor	Moderada probabilidad de ocurrencia	Alta capacidad de detección
4			
3			
2	Sin efecto	Baja probabilidad de ocurrencia	Certteza de detección
1			

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Etapas del proceso o componentes del producto**

Parte del proceso	Modo de falla potencial ¿Qué puede salir mal?	Efecto de falla potencial ¿Cuál es el impacto en las variables clave de salida o en los requisitos internos?	S E V ¿Qué tan severo es el efecto al cliente o al próximo paso?	Causa potencial ¿Qué provoca que las entradas vayan mal?	O C C ¿Qué tan frecuente es?	Controles Actuales ¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección o prueba) que previenen ya sea la causa o el modo de falla? Puede incluir un número de SCP	D E T ¿Qué tan bien pueden detectar la causa?	R P N
¿Cuál es el proceso o entrada de proceso bajo investigación?	¿En que forma van equivocadas las entradas clave?							
Preparar banco								
Armado de Banco								
Vaciar bancos								

Black Belt



**Etapa 2**

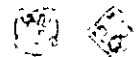
- Etapa 2. Muestra los posibles modos de falla de las etapas del proceso o componentes del producto. Puede haber múltiples modos de falta para una etapa o componentes dados.



Black Belt

MÓDULO III

“ANALIZAR”



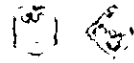
**Etapa 2: Modo de falla**

Parte del proceso	Modo de falla potencial ¿Qué puede salir mal?	Efecto de falla potencial	S M V	Causa potencial	O C C	Controles Actuales	D E T	R P N
¿Cuál es el proceso o entrada de proceso bajo investigación?	¿En que forma van equivocadas las entradas clave?	¿Cuál es el impacto en las variables clave de salida o en los requisitos internos?	¿Cuán tan severo es el efecto al cliente o al próximo paso?	¿Qué provoca que las entradas vayan mal?	¿Cuán tan frecuente es?	¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección o prueba) que previenen ya sea la causa o el modo de falla? Puede incluir un número de SCP	¿Puede bien detectar la falla o prevenir la causa?	
Preparar banco	mal cerrado el molde							
	mal aplicación de pasta en cámaras							
Preparar banco	mal tallado							
	mal deshidratado							
	mal polveado							
Vaciado bancos	Llenado incorrecto de piezas							
Tiempo de fraguado	espesor incorrecto							



Black Belt





**Etapa 3:**

Muestra los efectos asociados con las fallas.

Puede haber mas de un efecto para un modo de falla particular.

**SEVERIDAD**

Muestra la severidad del efecto. Usualmente se usa una escala de 1 a 10, siendo 1 poco impacto al cliente y 10 un impacto al cliente. Esta escala es adaptable según sea el caso. En algunas áreas, por ejemplo en hornos, mientras que en otras sólo resulte en piezas pérdidas.

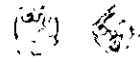


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Etapa 3: Efectos de la falla**



Parte del proceso	Modo de falla potencial ¿Qué puede salir mal?	Efecto de falla potencial	S E V	Causa potencial	O C C	Controles Actuales	D M T	R P N
¿Cuál es el proceso o entrada de proceso bajo investigación?	¿En que forma van equivocadas las entradas clave?	¿Cuál es el impacto en las variables clave de salida o en los requisitos internos?	¿Qué tan severo es el efecto al cliente o al próximo paso?	¿Qué provoca que las entradas vayan mal?	¿Qué tan frecuente es ?	¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección o prueba) que previenen ya sea la causa o el modo de falla? Puede incluir un número de SCP	¿Qué tan bien puede detectar la causa o el modo de falla?	
Preparar banco	mal cerrado el molde	Pieza floja, mal fraguada,	10					
	mal aplicación de pasta en camaras	pieza pegada, grieta	9					
Preparar banco	mal tallado	Pieza pegada, greta, poro	8					
	mal deshidratado	mal fraguado, greta	8					
	mal polveado	Pieza pegada, mal acabado	3					
Vaciar bancas	Llenado incorrecto de piezas	doble capa, poro	9					
Tiempo de fraguado	espesor incorrecto	greta, pieza floja, poro	6					

Black Belt

**Etapa 4**

Identificar las causas del modo de falla. Puede haber más de una posible causa para un modo de falla dada

**OCURRENCIA**

Muestra una calificación de la probabilidad de ocurrencia de una causa o defecto. La escala es de 1 a 10, donde 1 es probabilidad baja de ocurrencia y 10 una probabilidad muy alta de ocurrencia.

Black Belt

MÓDULO III

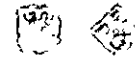
"ANALIZAR"

**Etapa 4: Causas**

Parte del proceso	Modo de falla potencial ¿Qué puede salir mal?	Efecto de falla potencial	S E V	Causa potencial	O C C	Controles Actuales	D E T	R P N
¿Cuál es el proceso o entrada de proceso bajo Investigación?	¿En que forma van equivocadas las entradas clave?	¿Cuál es el impacto en las variables clave de salida o en los requisitos internos?	¿Qué tan severo es el efecto al cliente o al próximo paso?	¿Qué provoca que las entradas vayan mal?	¿Qué tan frecuente es?	¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección o prueba) que previenen ya sea la causa o el modo de falla? Puede incluir un número de SCP	¿Qué tan bien puede detectar la causa o el modo de falla?	
Preparar banco	mal cerrado el molde	Pieza floja, mal fraguada.	10	Mano de obra	4			
	mal aplicación de pasta en cámaras	pieza pegada, grieta	9	Exceso de presión	4			
Preparar banco	mal tallado	Pieza pegada, grieta, poro	8	Mano de obra	3			
	mal deshidratado	mal fraguado, grieta	8	limpieza incorrecta, medición	2			
	mal polveado	Pieza pegada, mal acabado	3	Mano de obra	1			
Vaciar bancos	Llenado incorrecto de piezas	doble capa, poro	9	Mano de obra	3			
Tiempo de fraguado	espesor incorrecto	grieta, pieza floja, poro	6	variación en tiempo	2			

Black Belt

**Etapa 5**



Muestra los controles existentes para detectar la falla ANTES de que se ocasione el defecto.

**DETECTABILIDAD:**

Esto define la habilidad del sistema de prevenir una causa o detectar un defecto. Usualmente se usa la escala de 1 a 10, donde 1 es capacidad de prevenir una causa de falla y 10 es la ausencia de controles.

**NPR:**

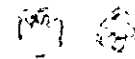
El número de prioridad de riesgo es el producto de severidad, ocurrencia y detección. A mayor número mayor es el riesgo

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Etapa 5: Controles**



Parte del proceso	Modo de falla potencial ¿Qué puede salir mal?	Efecto de falla potencial	S m v	Causa potencial	O C C	Controles Actuales	D m t	R P N
¿Cuál es el proceso o entrada de proceso bajo investigación?	¿En que forma van equivocadas las entradas clave?	¿Cuál es el impacto en las variables clave de salida o en los requisitos internos?	¿Qué tan severo es el efecto al cliente o al próximo paso?	¿Qué provoca que las entradas vayan mal?	¿Qué tan frecuente es?	¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección o prueba) que previenen ya sea la causa o el modo de falla? Puede incluir un número de SCP	¿Qué tan bien puede detectar la causa o el modo de falla?	
Preparar banco	mal cerrado el molde	Pieza floja, mal fraguada,	10	Mano de obra	4	inspección visual	10	
	mal aplicación de pasta en camaras	pieza pegada, gñeta	9	Exceso de presión	4	no existen	10	
Preparar banco	mal tallado	Pieza pegada, gñeta, poro	8	Mano de obra	3	no existen	9	
	mal deshidratado	mal fraguado, gñeta	8	limpieza incorrecta, moldura	2	no existen	8	
	mal polveado	Pieza pegada, mal acabado	3	Mano de obra	1	no existen	10	
Vacar bancos	Llenado incorrecto de piezas	doble capa, poro	9	Mano de obra	3	Registros	3	
Tiempo de fraguado	espesor incorrecto	gñeta, pieza floja, poro	6	vanación en tiempo	2	no existen	10	

Black Belt

**Etapa 6**

Los AMEF's no tienen sentido si no se define un plan de acción en los NPR de mayor magnitud. Muestra la o las acciones necesarias para mejorar el sistema. Pero no defines acciones si no hay intención de darle seguimiento. Muestra la nueva **Severidad, ocurrencia y detectibilidad** resultante de las acciones. Muestra el nuevo (pNPR) de las acciones especificadas para evaluar la efectividad.

Black Belt

MÓDULO III

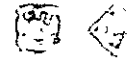
"ANALIZAR"

**Etapa 6: acciones**

OCC	Controles Actuales	DET	Acciones recomendadas	Persona responsable	Fecha	Acciones terminadas	SEV	OCC	DET	RPN
¿Qué tan frecuentes es?	¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección o prueba) que previenen ya sea la causa o el modo de falla? Puede incluir un número de SCP	¿Qué tan bien puede detectar la causa o el modo de falla?	¿Cuáles son las acciones para reducir la ocurrencia de la causa o mejorar la detección?	persona responsable por las acciones recomendadas		¿cuáles son las acciones recomendadas?				
4	inspección visual	10		JCG						
4	no existen	10	Seguimiento de Pastas		TBD					
3	no existen	9		EGF						
2	no existen	8	Seguimiento de Pastas							
1	no existen	10	Intalar timers		TBD					
3	Registros	3	Homologar cntenos	KFL						
2	no existen	10								

Black Belt

### **AMEF**

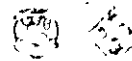


- ¿Cuáles son algunos modos de falla en tu proceso?
- ¿Cuáles son los efectos asociados con estos modos de falla?
- ¿Cuáles son las causas de los modos de falla?
- ¿Cómo puedes usar datos para mejorar tu AMEF?



Black Belt

### **Resumen**

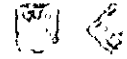


- Los AMEF son útiles al:
  - Diseñar un producto (muy útil)
  - Mejora de procesos y hacerlo a prueba de errores
- Útiles cuando se tienen pocos datos cuantitativos (p.e. Transaccionales)
- Identifican problemas potenciales y su intención es tomar acciones antes de que ocurran los problemas
- No sirven si no definen acciones y no se realizan



Black Belt

*Ejercicio*



- Crea un AMEF de primer nivel sobre un caso que se te entregará impreso.

**MÓDULO III**

**"ANALIZAR"**

Black Belt

## **Prueba de Chi<sup>2</sup> y Prueba de proporciones**

*Los especialistas dijeron que no se podía hacer, el práctico  
que no sabía que era imposible; lo hizo"  
Anónimo*

Black Belt

### **Objetivo**

1. Entender las diferencias entre las pruebas de chi-cuadrada y la de proporciones.
2. Usar la Chi-cuadrada para contrastar hipótesis.
3. Usar la prueba de proporciones para contrastar hipótesis.

Black Belt

### Matriz de selección de herramientas

	Factor (X)	
	<b>VARIABLE</b>	<b>ATRIBUTO</b>
Respuesta (Y)	<b>VARIABLE</b> Análisis de regresión	Anova, Prueba T, Alternativas NO paramétricas
	<b>ATRIBUTO</b> Regresión logística	Prueba de Chi-square, Prueba de proporciones

Esta es nuestra área de interés

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Prueba de Chi cuadrada

Usada para determinar si existe o no relación entre dos grupos. El tipo de medición debe de ser de naturaleza discreta (conteos o frecuencias). Esta prueba también es conocida como prueba de independencia.

Ho: La variable A es independiente de la variable B

Ha: La variable A depende de la variable B

¡¡Todo se trata de relaciones !!

Black Belt



### Prueba de Chi-cuadrada

La mecánica de la prueba depende de comparar una frecuencia (conteo) observada y compararla contra una frecuencia esperada, una que asegure la independencia de los datos. Si existen diferencias entre ambas, entonces diremos que existe una fuerte relación entre los dos grupos (variables).

Ejemplo, una competencia de gimnasia, ¿estamos seguros de la imparcialidad de los jueces?, ¿usan todos los mismos criterios?, en otras palabras, ¿la puntuación del ejercicio depende del juez que evalúa?



Black Belt

### Prueba de Chi-cuadrada

3	1	2
1	2	3

6	4	5
1	2	3

8	7	9
1	2	3

10	10	10
1	2	3

¿Las calificaciones altas dependen del juez?

Ho:

Ha:



¿Cómo escribimos las hipótesis?

Black Belt

### Prueba de Chi-cuadrada

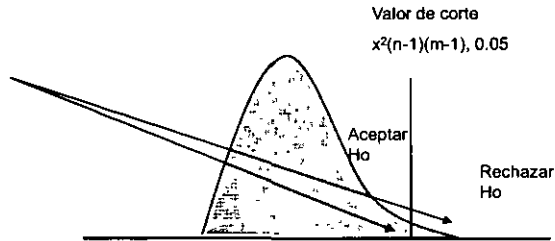
Para construir el estadístico de prueba, necesitamos sumar los valores de Chi-cuadrada por celda:

$$x^2 = \frac{(O.V. - E.V.)^2}{E.V.}$$

Esto es para cada celda, entonces sumamos todos los valores.

Total Chi-square =  $\sum \sum_{ij} X^2_{ij}$

Debemos saber en que lado del valor de corte cae nuestro valor total de Chi-Cuadrada (encontrar el valor de p relacionado con ese valor de Chi square).



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Ejemplos...

Raquel es muy capaz. Ella sintió que le fue muy bien en las entrevistas de trabajo. Sin embargo, no fue contratada. ¿Acaso se debe a que es mujer? ¿Pudo reclamar de que hubo discriminación por género en las prácticas de contratación de la compañía?

Genero	Contratado	No Contratado
M	30	70
F	10	40

Ho: \_\_\_\_\_

Ha: \_\_\_\_\_

¿Qué concluirías con un valor de p=0.1917

Podemos obtener este valor con un software estadístico o con Excel®

Black Belt

### Como es con Excel...

Determina los valores esperados:

$$E.V. = \frac{(\text{Total de la columna}) \times (\text{Total de Renglón})}{\text{Gran Total}}$$

Genero	Contratado	No Contratado	Total
M	30	70	100
F	10	40	50
Total	40	110	150

El valor esperado para mujeres contratadas es:

$$E V (40) \times (100) / 150 = 26.67 \text{ (valor real 30)}$$

#### Valores Esperados

Genero	Contratado	No Contratado
M	26.6666667	73.3333333
F	13.3333333	36.6666667

2. Determina el valor de la chi-cuadrada:

$$\chi^2 = \frac{(\text{O.V.} - \text{E.V.})^2}{\text{E.V.}}$$

Genero	Contratado	No contratado
M	0.416666667	0.151515152
F	0.833333333	0.303030303

Total Chi sq= 1.704545455

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Como es con Excel...

Determina el valor de p usando la función distr.chi en Excel:

Para cualquier celda escribe:

=dist.chi (Total chi.sq, gl)

Donde:

Total Chi-sq es el valor obtenido previamente y

gl= grados de libertad = (# columnas-1) (#Renglones -1)

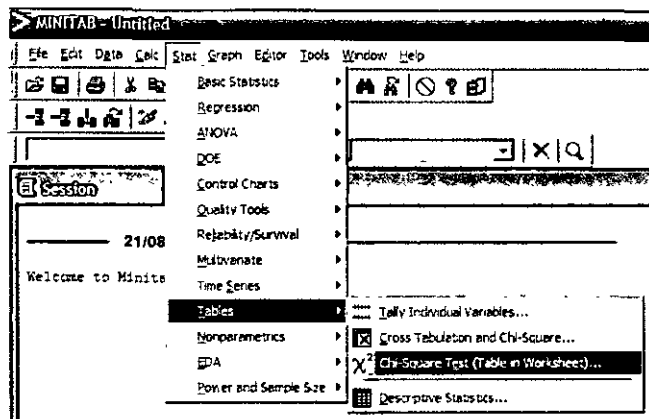
Para nuestro ejemplo:

$$= \text{chidist} (1.07045, 1) = 0.1916947$$

De acuerdo a nuestras reglas de decisión, dado que el valor de p es mayor a 0.05, no tenemos suficiente evidencia para decir que la contratación depende del género, es decir no pasa nada.

Black Belt

### Usando Minitab...



Necesitamos ordenar los datos así:

#	C1-T	C2	C3
	Genero	Contratado	No Contratado
1	M	30	70
2	F	10	40

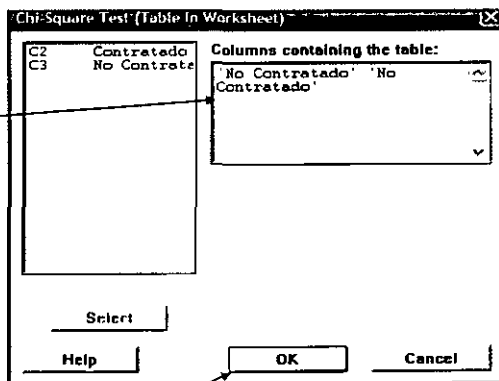
Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Usando Minitab...

Seleccionamos las dos columnas que contienen los datos



Seleccionamos OK.

Black Belt

### Usando Minitab...

**Chi-Square Test: Contratado, No Contratado**

Expected counts are printed below observed counts  
Chi-Square contributions are printed below expected counts

	Contratado	No Contratado	Total
1	30	70	100
	26.67	73.33	
	0.417	0.152	
2	10	40	50
	13.33	36.67	
	0.833	0.303	
Total	40	110	150

Chi-Sq = 1.705, DF = 1, P-Value = 0.192

Dado que el valor de p es mayor a 0.05 concluimos que no hay relación entre género y las prácticas de contratación.

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Más ejemplos ...

Queremos saber si hay diferencia significativa entre nuestros tres proveedores en términos de entregas a tiempo. ¿Podemos afirmar que hay elementos para determinar una diferencia?

	Nowadays	Tomorrowsure	Calltomorrow
Tarde	6	8	12
A tiempo	22	9	10

Ho: \_\_\_\_\_

Ha: \_\_\_\_\_

¿Qué concluirías con un valor de  $p=0.042$ ?

Podemos obtener este valor con un software estadístico o con Excel®

Black Belt

**Como es con Excel...**

Determina los valores esperados:

$E.V. = \frac{\text{Total de la columna} \times \text{Total de Renglón}}{\text{Gran Total}}$

	Nowadays	Tomorrowsure	Calltomorrow	Total
Tarde	6	8	12	26
A tiempo	22	9	10	41
Total	28	17	22	67

Valores Esperados

El valor esperado para mujeres contratadas es.

$E.V. (28) \times (26) / 67 = 10.87$  (valor real 6)

	Nowadays	Tomorrowsure	Calltomorrow
Tarde	10.87	6.6	8.54
A tiempo	17.13	10.4	13.46

2. Determina el valor de la chi-cuadrada:

$$\chi^2 = \frac{(O.V. - E.V.)^2}{E.V.}$$

	Nowadays	Tomorrowsure	Calltomorrow
Tarde	2.18	0.3	1.4
A tiempo	1.38	0.19	0.89

Total Chi sq= 6.343

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Como es con Excel...**

Determina el valor de p usando la función distr.chi en Excel:

Para cualquier celda escribe:

=dist.chi (Total chi.sq, gl)

Donde:

Total Chi-sq es el valor obtenido previamente y gl= grados de libertad = (# columnas-1) (#Renglones -1)

Para nuestro ejemplo:

= chidist (6-343,2)= 0.042

De acuerdo a nuestras reglas de decisión, dado que el valor de p es mayor a 0.05, no tenemos suficiente evidencia para decir que hay diferencia entre los dos proveedores. ¿Podemos saber cuál es el mejor estadísticamente?

Black Belt

**Como es usando Excel ...**

	Nowadays	Tomorrowsure	Calltomorrow
Tarde	2.18	0.3	1.4
A tiempo	1.38	0.19	0.89

Mayor aportador al valor de Chi-sq. Nowadays entrega más embarques a tiempo que los demás.

Podemos usando la tabla de Chi-sq. Nota el valor más alto, este es donde se encontró la mayor diferencia significativa entre proveedores.

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Ahora tú ...**

	Edad de la madre		
Nacimiento	< 25	25-35	>35
Normal	22	23	9
Anormal	8	17	21

¿Está es la edad de la madre relacionada con la incidencia de nacimientos anormales?

Ho: \_\_\_\_\_

Ha: \_\_\_\_\_

Valor de p \_\_\_\_\_ ¿Cuáles son tus conclusiones?

Black Belt

## Prueba de proporciones

Es similar a la prueba de Chi-cuadrada, solo que la medida de interés son las proporciones de una característica en vez de las frecuencias esperadas. Trabaja para atributos que tienen solo dos posibles opciones (si/no, bueno/malo a tiempo/tarde, etc.)

La prueba busca diferencias significativas entre las proporciones de 2 poblaciones diferentes.

$H_0: p_1 = p_2$  (No hay diferencia entre las proporciones)

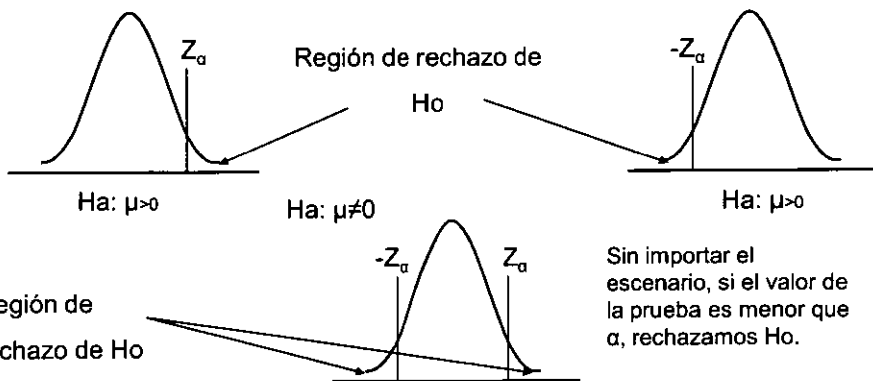
$H_a: p_1 \neq p_2$  (Las proporciones son diferentes)

¿Qué otras alternativas existen?

Black Belt

## Pruebas de proporciones

Tres escenarios para  $H_a$ :



Sin importar el escenario, si el valor de la prueba es menor que  $\alpha$ , rechazamos  $H_0$ .

Nota. la mayoría de los software estadísticos hacen análisis para dos colas, si no multiplica el valor de p por 2

Black Belt



## Prueba de proporciones

Para el análisis necesitamos:  
Identificar dos proporciones

$p$  = característica contada ;  $p_1, p_2$   
Total muestreado

Ejemplo: Total de defectuosos

Calcula la proporción combinada

$$P_{\text{pooled}} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$$

↑ Total de características  
↑ Total muestreado

Calcula el estadístico de prueba:  $Z = \frac{p_1 - p_2}{se(p_1 - p_2)}$

Donde  $se(p_1 - p_2) = \sqrt{p_{\text{pooled}}(1 - p_{\text{pooled}})(1/n_1 + 1/n_2)}$



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Ejemplo

Un estudio de Harvard esperaba determinar si el consumo de Aspirina tenía influencia en la reducción de ataques de corazón. En un periodo de 5 años, 22701 voluntarios fueron monitoreados. Los voluntarios dividieron en 2 grupos: el grupo 1 tomó un placebo diariamente y el grupo 2 recibió aspirina en forma diaria.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

	Ataque	n	p
Grupo 1	239	11034	0.0217
Grupo 2	139	11037	0.0126

¿Esta es la diferencia suficiente para determinar que la aspirina previene los ataques al corazón?



Black Belt

### Ejemplo

Ho:  $p_1 = p_2$  (No hay diferencia entre las proporciones)

Ha:  $p_1 \neq p_2$  (Existe diferencia entre las proporciones)

$$P_{\text{pooled}} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2} = \frac{239 + 139}{11034 + 11037} = 0.173$$

$$se(p_1 - p_2) = \sqrt{P_{\text{pooled}}(1 - P_{\text{pooled}})(1/n_1 + 1/n_2)}$$

$$\sqrt{0.17(0.83)(1/11034 + 1/11037)}$$

$$se(p_1 - p_2) = 0.00175$$

$$Z = \frac{p_1 - p_2}{se(p_1 - p_2)} = \frac{0.0217 - 0.0126}{0.00175} = 5.2$$

Rechazar Ho.  
concluimos que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la aspirina previene los ataques al corazón!

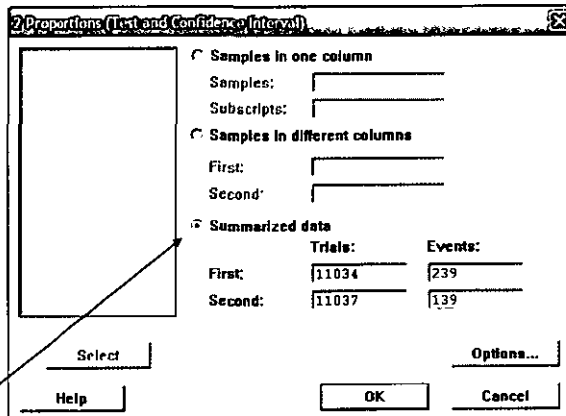
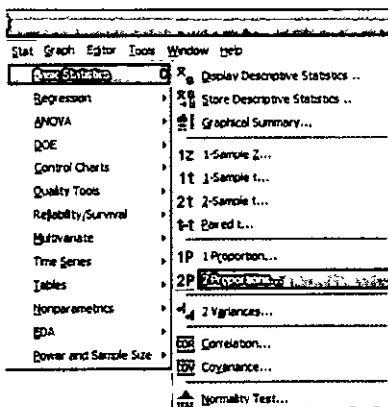
El valor de p deseado es:  $2(1 - 0.99999) = 0.00002$

Black Belt

### Ejemplo

Usando Minitab

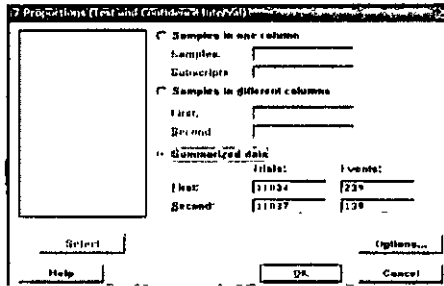
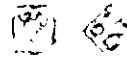
Stat>Basic statistics>2 proportions



Aquí seleccionamos los datos sumariados

Black Belt

### Ejemplo



Escribimos los datos y seleccionamos O.K.

#### Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	239	11034	0.021660
2	139	11037	0.012594

Difference = p (1) - p (2)  
 Estimate for difference: 0.00906632  
 95% CI for difference: (0.00564494, 0.0124877)  
 Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 5.19 P-Value = 0.000

Dado que el valor de p es menor de 0.05 concluimos que existe relación entre la razón de los ataques al corazón y el hecho de tomar aspirina o no.

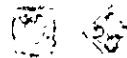


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Otro ejemplo



Raquel es muy capaz. Ella sintió que le fue muy bien en las entrevistas de trabajo. Sin embargo, no fue contratada. ¿Acaso se debe a que es mujer? ¿Pudo reclamar de que hubo discriminación por género en las prácticas de contratación de la compañía?

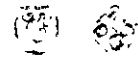
Genero	Contratado	No Contratado	Proporción Contratada
M	30	70	0.3
F	10	40	0.2

Ho: \_\_\_\_\_

Ha: \_\_\_\_\_



Black Belt



**Intenta este...**

Año	Defectuosos	Total	Proporción
2005	23450	158000	0.1484177
2006	42354	254000	0.166748

¿Podemos afirmar que los defectuosos aumentaron de 2005 a 2006?

Ho: \_\_\_\_\_

Ha: \_\_\_\_\_

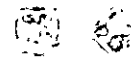
Valor de p: \_\_\_\_\_ ¿Cuáles son tus conclusiones?



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"



**Chi cuadrada vs. Proporciones**

1. Las pruebas de proporciones tienen mayor capacidad de detectar diferencias de la Chi-cuadrada y son más fáciles de calcular. Sin embargo, requieren de un mayor tamaño de muestra. Como regla el número np debe ser mayor a 5.

2. La Chi-cuadrada es más versátil que la prueba de proporciones. La prueba de proporciones solo es útil cuando solo hay dos posibles salidas, (go, no-go; si, no; etc.) y la Chi cuadrada trabaja con variables que tienen múltiples niveles. Es muy recomendable que el conteo de la frecuencia esperada sea igual o mayor a 5.



Black Belt

## ***Pruebas de 1 muestra para comparación de medias***

Black Belt

### ***Objetivo***

1. Identifica problemas que incluyan 1 Y continua y una X discreta con un solo nivel.
2. Entender las diferencias entre la prueba  $T$  de una muestra y la prueba  $Z$  de una muestra.
3. Entender y aplicar pruebas  $T$  de una muestra a problemas específicos.
4. Identificar alternativas no paramétricas para comparación de media de una muestra.

Black Belt

**El escenario...**

Un ingeniero de procesos afirma que cambios específicos al Lay Out reducirán el tiempo de ciclo a menos de 30 segundos. El gerente no se impresiona y afirma que la reducción se debe a variación aleatoria del proceso. "Algunos días son mejores que otros" dijo. Tu decides. ¿quién tiene la razón?

Ho: \_\_\_\_\_

Ha: \_\_\_\_\_

Black Belt

**Matriz de selección de herramientas**

*Matriz de selección de herramientas*

	Factor (X)	
	VARIABLE	ATRIBUTO
Respuesta (Y)	VARIABLE	Anova, Prueba T, Alternativas no paramétricas
	ATRIBUTO	Regresión Logística  Prueba de Chi Cuadrada, Prueba de proporciones

Black Belt

## Matriz de selección de herramientas

En el problema del proceso, medimos el tiempo en un solo proceso, (sin cambios en turnos, no indican diferentes días, personas etc.) por lo tanto es una X discreta con un solo nivel.

1 Nivel  
Datos son

Normales

- Prueba T de una muestra
- Prueba Z de una muestra.

No Normales

- Prueba de rangos de Wilcoxon

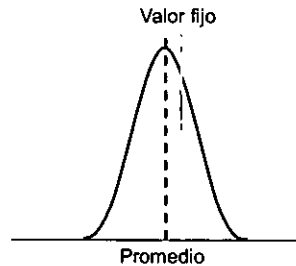
Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

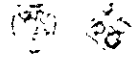
## Prueba Z

Al tratar con variables continuas existen 2 principales preocupaciones en el comportamiento de la distribución. El centrado y la dispersión de los datos. Es muy útil contar con un modelo específico para el análisis. Para una gran diversidad de procesos, su distribución puede ser explicada por la distribución normal.



¿Podemos afirmar que existe diferencia entre el promedio de la población y el valor fijo?

Black Belt



### Prueba Z

- Si es normal siempre podemos estandarizar nuestros datos y buscar probabilidades (valores de p) en las tablas Z

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

← Esta es información de la POBLACIÓN

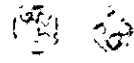
Para usarla como una herramienta para contrastar hipótesis debemos de adaptarla para comparar los datos de la muestra contra la media de la población hipotética

$$Z = \frac{X - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"



### Prueba Z

$$Z = \frac{X - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

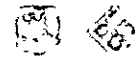
→ Media muestra  
→ Valor de referencia  
→ Error estándar de la Media

Con el valor de Z buscamos los valores de p para determinar si la diferencia entre las dos medias es significativa

Black Belt



### Prueba Z



Para el ejemplo de tiempo de ciclo, el ingeniero (que resulto ser un BB) obtuvo datos para aprobar su suposición.

C. Time	
1	37.3
2	22.5
3	30.3
4	29.5
5	26.7
6	30.5
7	26.3
8	29.9
9	29
10	25.2
11	27.6
12	28.4
13	23.6
14	27.8
15	26.5
16	29
17	30.3
18	25.6
19	28.8
20	29.5
21	25.8
22	29
23	29
24	25.6
25	29.1
26	27.2
27	32
28	29.6
29	30.4
30	27.3

Ho:  $\mu = 30$  (la media del proceso es igual a 30 segundos)

Ha:  $\mu < 30$  (la media es menor a 30 segundos)

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} = \frac{28.3 - 30}{2.8/\sqrt{30}} = -3.37$$

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.3	0.00048341	0.00066551	0.00091501	0.00124121	0.00166181	0.00218411	0.00282971	0.00351961	0.00426621	0.00507191

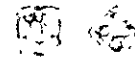
Dado que el valor de p es menor de 0.05, concluimos que hay suficiente evidencia de que la reducción en el tiempo ciclo es real

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

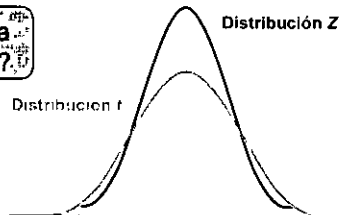
### Prueba T



La prueba anterior es válida para tamaños de muestra grandes (>30) y si los datos están normalmente distribuidos. Es muy común que tamaños de muestra muy grandes sean difíciles de conseguir. Restricciones tales como costo, tiempo, etc. Pueden ser de consideración al tomar muestras. Cuando tenemos pequeñas muestras que sabemos que vienen de una distribución normal, utilizamos un estadístico similar para pequeñas muestras: la distribución t

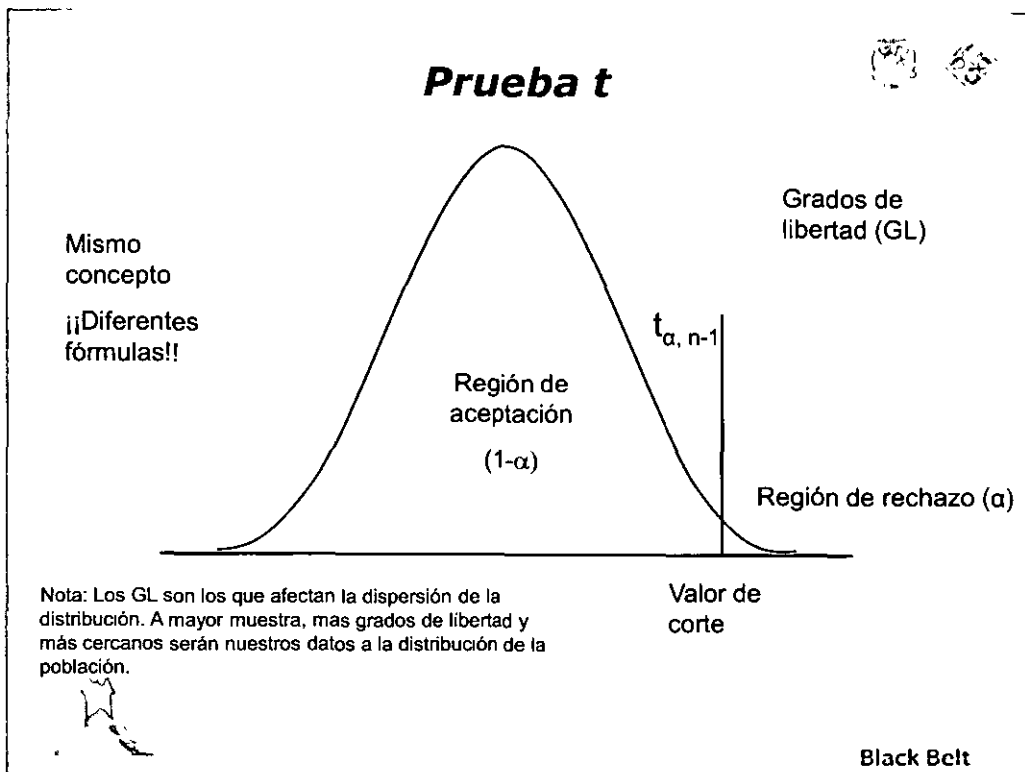
$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

¿cuál es la diferencia?



La distribución t tiene mayor dispersión debido a menores tamaños de muestra

Black Belt



### Prueba t

También hay tablas para la distribución t:

dof	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
1	1.0000	0.9682	0.9385	0.9052	0.8713	0.8440	0.8145	0.7857	0.7578	0.7308	0.7048	0.6799	0.6560	0.6331	0.6112	0.5903	0.5703	0.5515	0.5335	0.5163	0.5000
2	1.0000	0.9647	0.9295	0.8945	0.8600	0.8269	0.7925	0.7588	0.7278	0.6988	0.6667	0.6378	0.6094	0.5824	0.5564	0.5315	0.5076	0.4848	0.4631	0.4422	0.4228
3	1.0000	0.9623	0.9267	0.8903	0.8543	0.8187	0.7839	0.7495	0.7165	0.6832	0.6514	0.6206	0.5908	0.5620	0.5343	0.5077	0.4822	0.4578	0.4345	0.4122	0.3910
4	1.0000	0.9625	0.9252	0.8880	0.8512	0.8149	0.7791	0.7440	0.7096	0.6760	0.6433	0.6116	0.5808	0.5511	0.5226	0.4950	0.4686	0.4432	0.4190	0.3959	0.3738
5	1.0000	0.9621	0.9242	0.8866	0.8494	0.8125	0.7762	0.7406	0.7057	0.6718	0.6383	0.6060	0.5747	0.5444	0.5151	0.4870	0.4600	0.4341	0.4094	0.3857	0.3632
6	1.0000	0.9617	0.9236	0.8857	0.8481	0.8109	0.7743	0.7383	0.7030	0.6685	0.6349	0.6022	0.5705	0.5398	0.5101	0.4816	0.4542	0.4279	0.4028	0.3788	0.3559
7	1.0000	0.9615	0.9231	0.8850	0.8472	0.8098	0.7729	0.7366	0.7011	0.6663	0.6324	0.5994	0.5674	0.5364	0.5066	0.4777	0.4500	0.4234	0.3980	0.3738	0.3506
8	1.0000	0.9613	0.9228	0.8844	0.8465	0.8091	0.7718	0.7354	0.6998	0.6647	0.6306	0.5973	0.5651	0.5335	0.5038	0.4747	0.4469	0.4200	0.3944	0.3699	0.3468
9	1.0000	0.9612	0.9225	0.8837	0.8458	0.8082	0.7707	0.7341	0.6984	0.6631	0.6289	0.5957	0.5631	0.5315	0.5016	0.4724	0.4443	0.4172	0.3916	0.3668	0.3434
10	1.0000	0.9611	0.9223	0.8837	0.8455	0.8076	0.7700	0.7336	0.6976	0.6623	0.6279	0.5944	0.5619	0.5303	0.4999	0.4705	0.4423	0.4152	0.3893	0.3645	0.3409
11	1.0000	0.9610	0.9221	0.8835	0.8451	0.8072	0.7696	0.7329	0.6968	0.6614	0.6269	0.5933	0.5607	0.5290	0.4986	0.4690	0.4406	0.4134	0.3874	0.3625	0.3380
12	1.0000	0.9609	0.9220	0.8833	0.8448	0.8068	0.7693	0.7324	0.6962	0.6607	0.6261	0.5924	0.5597	0.5279	0.4973	0.4677	0.4393	0.4120	0.3860	0.3609	0.3370
13	1.0000	0.9609	0.9219	0.8831	0.8446	0.8065	0.7689	0.7319	0.6957	0.6601	0.6254	0.5916	0.5588	0.5270	0.4963	0.4666	0.4381	0.4107	0.3845	0.3594	0.3354
14	1.0000	0.9608	0.9218	0.8829	0.8444	0.8062	0.7686	0.7315	0.6952	0.6596	0.6248	0.5910	0.5581	0.5262	0.4954	0.4657	0.4371	0.4096	0.3833	0.3582	0.3343
15	1.0000	0.9608	0.9217	0.8828	0.8442	0.8060	0.7683	0.7312	0.6948	0.6591	0.6243	0.5904	0.5575	0.5256	0.4948	0.4651	0.4365	0.4087	0.3823	0.3572	0.3332
16	1.0000	0.9607	0.9216	0.8826	0.8440	0.8058	0.7680	0.7309	0.6944	0.6587	0.6239	0.5899	0.5570	0.5251	0.4943	0.4646	0.4359	0.4079	0.3815	0.3564	0.3324
17	1.0000	0.9607	0.9215	0.8825	0.8439	0.8056	0.7678	0.7307	0.6941	0.6584	0.6236	0.5895	0.5566	0.5247	0.4939	0.4642	0.4355	0.4074	0.3810	0.3559	0.3319
18	1.0000	0.9607	0.9214	0.8824	0.8437	0.8054	0.7676	0.7305	0.6939	0.6581	0.6233	0.5891	0.5562	0.5243	0.4935	0.4638	0.4351	0.4069	0.3805	0.3554	0.3314
19	1.0000	0.9606	0.9213	0.8823	0.8436	0.8051	0.7673	0.7302	0.6936	0.6578	0.6228	0.5887	0.5558	0.5239	0.4931	0.4634	0.4347	0.4065	0.3801	0.3550	0.3310
20	1.0000	0.9606	0.9213	0.8823	0.8435	0.8051	0.7673	0.7300	0.6934	0.6575	0.6225	0.5884	0.5555	0.5235	0.4927	0.4630	0.4343	0.4054	0.3789	0.3538	0.3298
21	1.0000	0.9606	0.9213	0.8822	0.8434	0.8050	0.7671	0.7298	0.6932	0.6573	0.6223	0.5881	0.5552	0.5231	0.4923	0.4626	0.4339	0.4049	0.3784	0.3533	0.3293
22	1.0000	0.9606	0.9213	0.8821	0.8433	0.8049	0.7670	0.7297	0.6930	0.6571	0.6220	0.5879	0.5550	0.5229	0.4921	0.4624	0.4337	0.4047	0.3782	0.3531	0.3291
23	1.0000	0.9606	0.9212	0.8821	0.8432	0.8048	0.7669	0.7295	0.6928	0.6569	0.6218	0.5876	0.5547	0.5226	0.4918	0.4621	0.4334	0.4041	0.3776	0.3525	0.3285
24	1.0000	0.9605	0.9212	0.8820	0.8432	0.8047	0.7668	0.7294	0.6927	0.6567	0.6216	0.5874	0.5545	0.5224	0.4916	0.4619	0.4332	0.4037	0.3772	0.3521	0.3281
25	1.0000	0.9605	0.9211	0.8820	0.8431	0.8046	0.7667	0.7293	0.6926	0.6566	0.6215	0.5873	0.5544	0.5223	0.4915	0.4618	0.4331	0.4034	0.3769	0.3518	0.3278
26	1.0000	0.9605	0.9211	0.8819	0.8430	0.8045	0.7666	0.7292	0.6925	0.6565	0.6214	0.5872	0.5543	0.5222	0.4914	0.4617	0.4330	0.4031	0.3766	0.3515	0.3275
27	1.0000	0.9605	0.9211	0.8819	0.8430	0.8045	0.7665	0.7291	0.6924	0.6564	0.6213	0.5871	0.5542	0.5221	0.4913	0.4616	0.4329	0.4030	0.3765	0.3514	0.3274
28	1.0000	0.9605	0.9211	0.8818	0.8429	0.8044	0.7664	0.7290	0.6923	0.6563	0.6212	0.5870	0.5541	0.5220	0.4912	0.4615	0.4328	0.4029	0.3764	0.3513	0.3273
29	1.0000	0.9605	0.9210	0.8818	0.8429	0.8043	0.7663	0.7289	0.6921	0.6561	0.6210	0.5868	0.5539	0.5218	0.4910	0.4613	0.4326	0.4027	0.3762	0.3511	0.3272

Ahora debemos conocer los GL

Black Belt

## ***Prueba de varianzas y medias para múltiples muestras***

Black Belt

### ***Objetivo***

1. Identifica problemas que incluyan 1 Y continua y una X discreta con múltiples niveles.
2. Entender y aplicar pruebas para comparar múltiples opciones.
3. Entender y aplicar pruebas *T* de dos muestras considerando tanto varianzas iguales como diferentes.
4. Entender y aplicar ANOVA de una vía a problemas específicos.

Black Belt

### Forma, centro & dispersión

Al comparar una muestra a un valor fijo, es nuestro principal interés comparar el promedio de la muestra a ese valor para tomar una decisión.

Cuando hablamos de comparar dos o más poblaciones (o muestras en este caso) necesitamos comparar otros parámetros para identificar diferencias. Al igual que con una muestra, necesitamos saber si tratamos con datos normales (*forma*), comparar sus varianzas (*dispersión*) para la precisión y sus medias (*centro*) para determinar que tan separadas están entre sí.

Black Belt

### Matriz de selección de herramientas

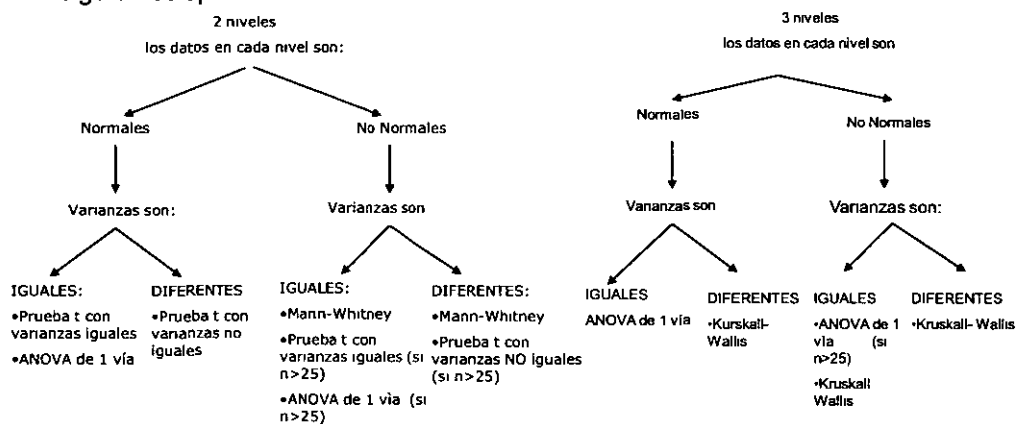
	Factor (X)	
	VARIABLE	ATRIBUTO
Respuesta (Y)	VARIABLE Análisis de regresión	Anova, Prueba T, Alternativas NO paramétricas
	ATRIBUTO Regresión logística	Prueba de Chi-square, Prueba de proporciones

Esta es nuestra área de interés

Black Belt

## Matriz de selección de herramientas

Al comparar una Y continua y una X discreta con múltiples niveles, tenemos las siguientes opciones.



Black Belt

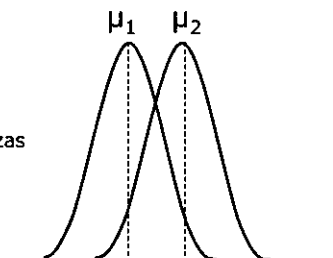
MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Suposición de varianzas iguales

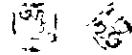
Al comparar dos o más grupos, las pruebas estadísticas utilizadas para comparar las medias, dependen de la suposición de que las varianzas son iguales (la dispersión es igual entre los grupos), esto es llamado homogeneidad de varianzas. Pruebas tales como la t para 2 muestras tienen análisis alternativos cuando esto no se cumple.

$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$   
Homogeneidad de varianzas



¿Podemos afirmar diferencias entre el proceso A y el proceso B?

Black Belt



### **Suposiciones de varianzas iguales**

Además de ayudar en la selección de la herramienta apropiada para comparar medias, también nos ayuda a comparar dos o mas procesos en términos de su precisión (p.e. ¿en que ajuste, A o B nuestro proceso es más estable?). Las hipótesis a analizar son:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  (Las varianzas se consideran iguales)

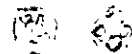
$H_0: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$  (Las varianzas se consideran diferentes)



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"



### **Suposición de varianzas iguales**

En muchas ocasiones no podemos asumir que las variables sean iguales, así que necesitamos probar nuestros datos para tomar esta decisión. Si los datos analizados son normales entonces podemos usar la prueba de Bartlett (prueba para varianzas). Si los datos son no normales, usamos la prueba de Levene.

Bartlett

Levene



Black Belt

## Prueba de homogeneidad de varianzas

Además actualmente tenemos a dos proveedores entregando el mismo número de parte, los precios son similares entre los dos proveedores. Deseamos seleccionar solo uno en términos de confiabilidad (consistencia) en entregas y quién entrega más pronto. ¿Qué proveedor debemos de seleccionar?

Tomorrowsure	Inyourdreams
30	27.8
30.5	25.5
29.3	38
30.9	40.8
30.4	17.3
29.7	36.5
30.9	30
31.3	31.4
31.2	35.3
31.2	
32.4	
29.7	

Para la consistencia vamos a revisar si uno tiene menos variación que el otro, o si esta es la misma:

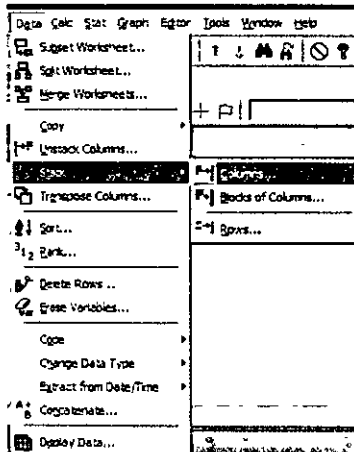
$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Black Belt

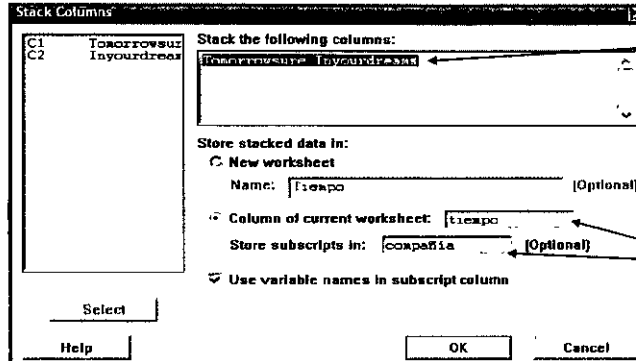
## Prueba de homogeneidad de varianzas

Para hacer la prueba en Minitab, requerimos los datos apilados (una columna para la respuesta y otra para los niveles de la X)



Black Belt

## Prueba de homogeneidad de varianzas



Seleccionamos las columnas que deseamos juntar

Nombra las columnas que van a contener  $y=f(x)$

MÓDULO III

Black Belt

"ANALIZAR"

## Prueba de homogeneidad de varianzas

Esto es lo que espera Minitab

	C1	C2	C3	C4-T
	Tomorrowsure	Inyourdreams	tiempo	compañía
1	30.0	27.8	30.0	Tomorrowsure
2	30.5	25.5	30.5	Tomorrowsure
3	29.3	38.0	29.3	Tomorrowsure
4	30.9	40.8	30.9	Tomorrowsure
5	30.4	17.3	30.4	Tomorrowsure
6	29.7	36.5	29.7	Tomorrowsure
7	30.9	30.0	30.9	Tomorrowsure
8	31.3	31.4	31.3	Tomorrowsure
9	31.2	35.3	31.2	Tomorrowsure
10	31.2		31.2	Tomorrowsure
11	32.4		32.4	Tomorrowsure
12	29.7		29.7	Tomorrowsure
13			27.8	Inyourdreams
14			25.5	Inyourdreams
15			38.0	Inyourdreams
16			40.8	Inyourdreams
17			17.3	Inyourdreams
18			36.5	Inyourdreams
19			30.0	Inyourdreams
20			31.4	Inyourdreams
21			35.3	Inyourdreams

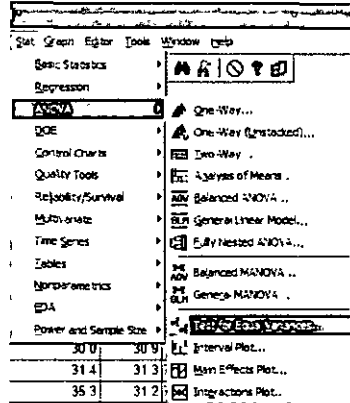
Black Belt



## Prueba de homogeneidad de varianzas

Para hacer la prueba en Minitab:

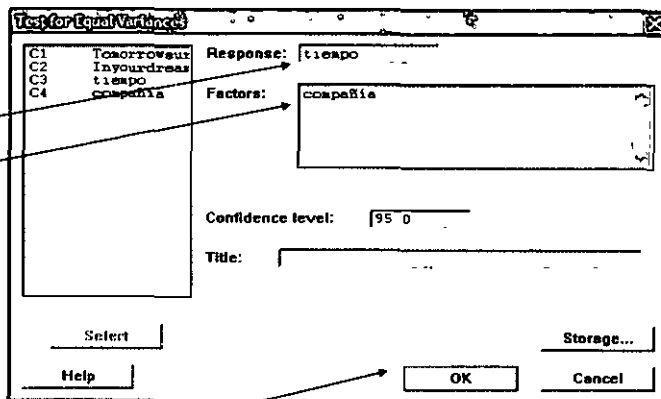
Start > ANOVA > Test of equal variances



Black Belt

## Prueba de homogeneidad de varianzas

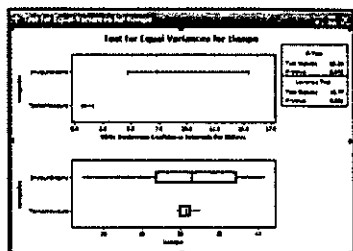
Indica las columnas que contienen a la "y" Así como las "x"



Seleccionamos O.K.

Black Belt

## Prueba de homogeneidad de varianzas



¿Observas los Box-Plots e intervalos de confianza? ¿Qué nos dicen estas gráficas?

Test for Equal Variances: tiempo versus compañía

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

compañía	N	Lower	StDev	Upper
Inyourdreams	9	4.65280	7.26017	15.4775
Tomorrowsure	12	0.58890	0.87087	1.6098

F-Test (normal distribution)

Test statistic = 69.50, p-value = 0.000

Levene's Test (any continuous distribution)

Test statistic = 15.77, p-value = 0.001

Test for Equal Variances for tiempo

Nota que Minitab incluye la prueba de Leven, es útil incluso para datos no normales.

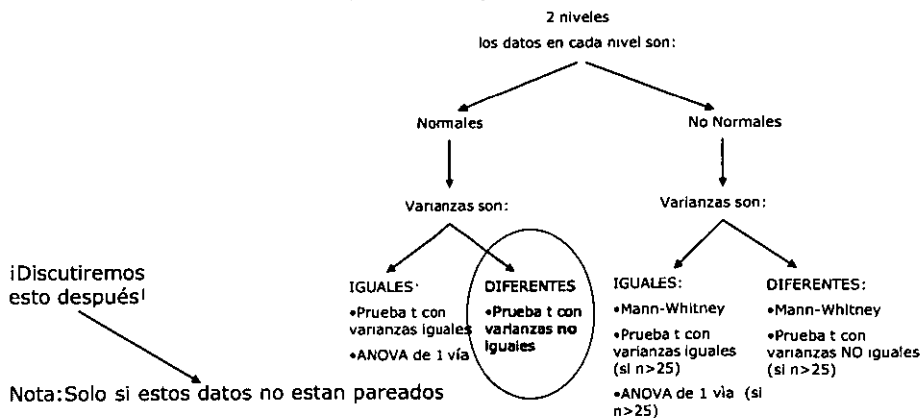
Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Prueba t de dos muestras

Para la segunda parte de nuestro ejemplo, (quién entrega mas rápido), necesitamos comparar ambos promedios. De acuerdo a nuestra matriz de selección de herramientas, tenemos que:



Black Belt

### Prueba t de 2 muestras

La principal importancia es conocer la igualdad de las varianzas, es para el cálculo del estadístico t.

Para varianzas iguales:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{SE((\bar{x}_1 - \bar{x}_2))}$$

Donde

$$SE((\bar{x}_1 - \bar{x}_2)) = S_{pool} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$$S_{pool} = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Los gl para el valor de corte son:

$n_1 + n_2 - 2$ , así que ka t de referencia queda:

$$T_{\alpha, n_1 + n_2 - 2}$$

Black Belt

### Prueba t de 2 muestras

Para nuestro ejemplo, debemos probar las siguientes hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$  (no hay diferencia entre las medias)

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$  (no hay diferencia entre las medias)

Dado que sabemos que las varianzas no son iguales, solo cambiamos los datos en las formulas...

Black Belt

### Prueba t de 2 muestras

Ahora busquemos en la tabla t:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{SE((\bar{x}_1 - \bar{x}_2))} = \frac{(30.64 - 31.40) - (0)}{2.43} = -0.313$$

!!!0.31 está entre Estos valores!!!

Ahora buscamos en la tabla t

dof	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
8	1.0000	0.9613	0.9228	0.8845	0.8465	0.8089	0.7718	0.7354

Dado que el valor de p es mayor de 0.05, no podemos decir que hay una diferencia entre los dos proveedores. Por lo tanto la única diferencia de debe a la consistencia, así que debemos seleccionar a Tomorrowsure como nuestro proveedor.

Black Belt

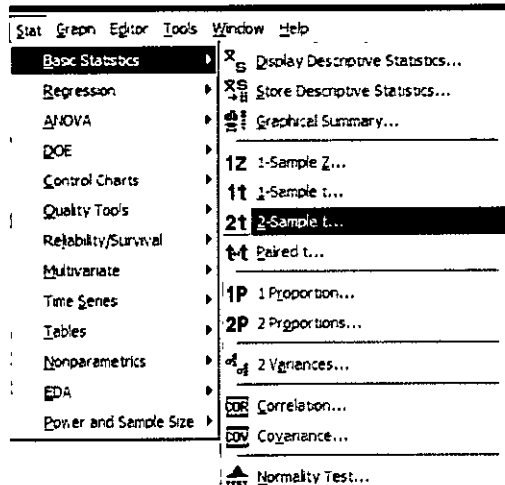
MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Prueba t de 2 muestras

Que bueno que tenemos Minitab:

Strat> Basic  
Statistics>2-Sample  
t...



Black Belt

## Prueba t de 2 muestras

Indica las columnas con los datos y con los niveles por la variable (también pueden comparar los dos niveles por separado)

Indica si las varianzas son iguales o diferentes:

En options seleccionas el tipo de hipótesis alternativa que quieres comparar

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## 2 sample t-Test

Two - Sample T-Test and CI: Tiempo, Compañía

Two-sample T for Tiempo

Proveedor	N	Mean	StDev	SE Mean
Inyourdreams	9	31.40	7.26	2.4
Tomorrowsure	12	30.625	0.871	0.25

Difference = mu (Inyourdreams) - mu (Tomorrowsure)

Estimate for difference: 0.775000

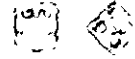
95% CI for difference: (-4.835687, 6.385687)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.32 P-Value = 0.758 DF = 8

Que son los mismos resultados que habíamos obtenido.

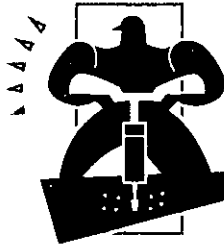
Black Belt

## Prueba de Mann-Whitney



X discreta con 2 niveles:

Cuando no se cumplen las suposiciones de la normalidad, es necesario utilizar una prueba que no dependa de esta suposición. Una alternativa para la prueba t de dos muestras es la prueba de Mann - Whitney (o prueba U).

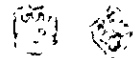


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Prueba de Mann-Whitney



La prueba U (como la mayoría de las pruebas no paramétricas) usan la suma de los rangos de las dos muestras.

El procedimiento es como sigue:

- Ranquea todas las  $(n_1 + n_2)$  observaciones en orden ascendentes. Los empates reciben el promedio de sus observaciones.
- Calcula la suma de los rangos, denominados  $R_a$  y  $R_b$
- Calcula el estadístico U,

$$U_a = n_1(n_2) + 0.5(n_1)(n_1+1) - R_a$$

$$U_b = n_1(n_2) + 0.5(n_2)(n_2+1) - R_b$$

$$\text{donde } U_a + U_b = n_1(n_2).$$

Black Belt

## Prueba de Mann-Whitney

Las hipótesis relacionan las medianas, no las medias:

$$H_0: x_1 = x_2$$

$$H_1: x_1 \neq x_2$$

El estadístico de prueba,  $U$ , es el menor de  $U_a$  y  $U_b$ . El valor de corte de la distribución  $U$  está dado por  $U_{n_1, n_2, \alpha}$  y las reglas de decisión son las mismas.



Lo sentimos, no tenemos tablas de la distribución  $U$ . Para analizar nos limitaremos al uso de Minitab (Stat>Nonparametrics>Mann-Whitney).

Black Belt

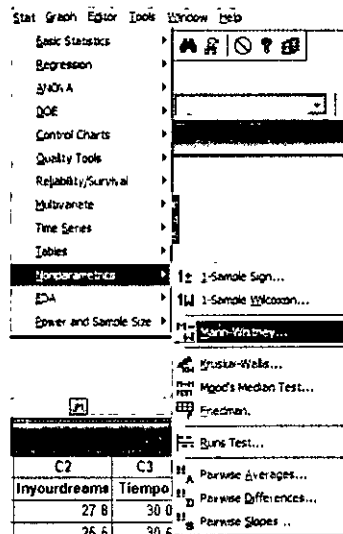
MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Prueba de Mann- Withney

Usando Minitab

Stat>Nonparametrics>  
Mann Withney



Black Belt

## Prueba de Mann-Whitney

Selecciona dos grupos a comparar:

Selecciona O.K.

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Prueba de Mann-Whitney

Mann-Whitney Test and CI: Tomorrowsure, Inyourdreams

Mann-Whitney Test and CI: Tomorrowsure, Inyourdreams

N Median

Tomorrowsure 12 30.700

Inyourdreams 9 31.400

Point estimate for ETA1-ETA2 is -0.800

95.7 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-6.698, 3.500)

W = 123.5

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.5697

The test is significant at 0.5692 (adjusted for ties)

Nota que tuvimos la misma conclusión que antes, solo usando una prueba diferente.

Black Belt



### Ejemplo

Un gerente de finanzas está monitoreando el resultado de una iniciativa de reducción de costos. Ella desea saber si las diferencias son significativas durante los primeros seis meses del año. Ella quiere comparar los resultados con los del año pasado y así determinar si son ahorros reales o variación aleatoria. Ella buscó apoyo del BB para realizar el análisis.

Con los datos provistos, ¿hubo ahorros?

2005	2006
351.842	362.541
363.527	326.435
340.48	341.559
349.936	324.397
346.376	320.716
346.166	348.707
346.015	
370.673	
358.718	
344.722	
361.61	
349.75	

Ho: El promedio de costos es igual que el año pasado  
 Ha: Los costos del año pasado fueron mayores

Ho:  $\mu_1 = \mu_2$

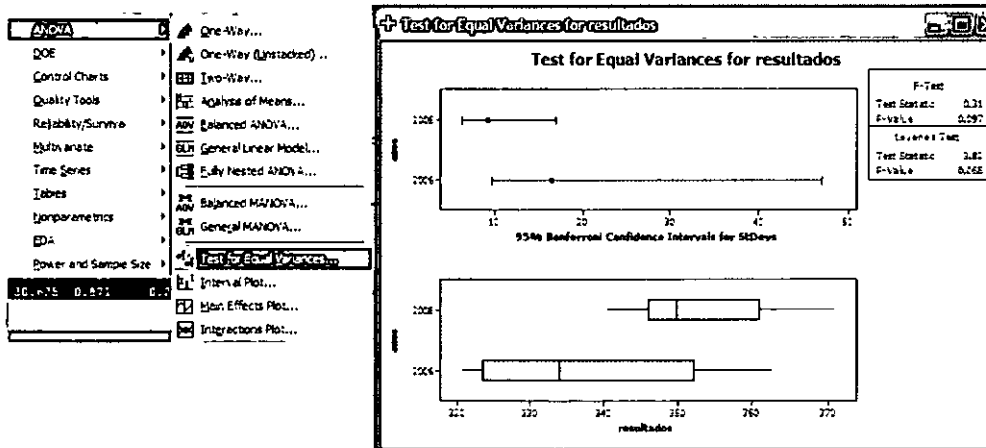
Ho:  $\mu_1 > \mu_2$

Black Belt



### Ejemplo

Primero debemos saber si las varianzas son iguales o no:

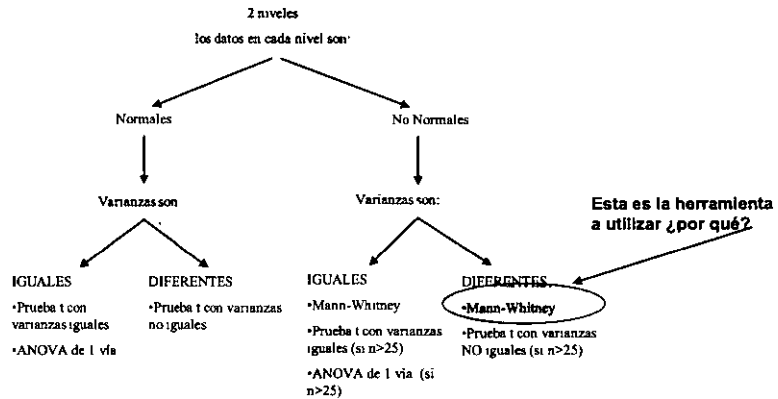


Las varianzas son estadísticamente iguales.

Black Belt



### Ejemplo



Nota. Solo si estos son datos no pareados

Black Belt

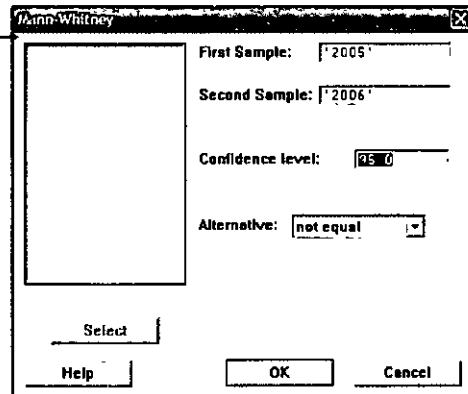
MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Ejemplo

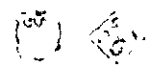
Hacemos la prueba de Mann-Whitney

Dado que el valor de p es mayor a 0.05, concluimos que no existe diferencia significativa entre años. Por lo tanto los gastos del 2000 no fueron necesariamente mayores a los del 2001. ¿Qué piensas de esto?



N. Median  
2005 12 349.84  
2006 6 334.00  
Power estimate for ET1A1-ETA2 is 19.66  
95 % Percent CI for ET1A1-ETA2 is (-1.07,29.12)  
W = 134.0  
Test of ET1A1 = ETA2 vs ET1A1 not = ETA2 is significant at 0.0678

Black Belt



### Intenta este....

Un proveedor de baterías está probando una nueva alternativa a su batería de Ni-Cd. La nueva batería de Ni-metal se espera que dure más tiempo con la misma constancia. 2 muestras de 25 baterías c/u fueron probadas.

¿Hay evidencia que de la batería de Ni-metal dura más?

Ni-Cadmium	Ni-metal
54.5	78.3
67	79.8
41.7	81.3
64.5	69.4
86.8	82.8
40.8	82.3
72.5	62.5
76.9	77.5
81	85.3
83.3	85.3
82	86.1
71.8	41.1
88.8	112.3
71	103
67.8	95.4
56.7	91.1
69.7	46.4
70.4	87.3
74.9	71.8
75.4	83.2
64.9	85
104.4	74.3
90.4	85.5
72.8	72.1
58.7	74.1

Ho: \_\_\_\_\_

Ha: \_\_\_\_\_

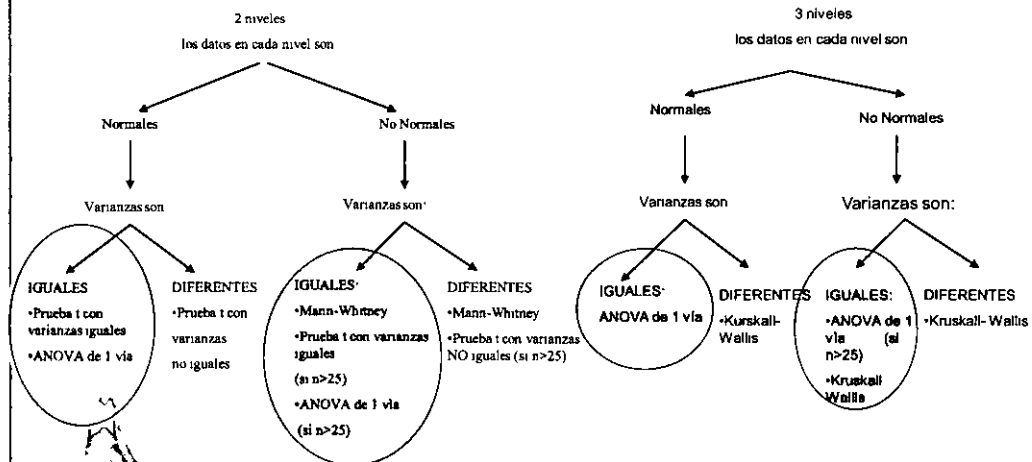
Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### ANOVA

Una alternativa muy poderosa para la prueba t, el Análisis de Varianza (ANOVA). Es también muy útil para probar diferencias en las medias cuando la X tienen múltiples variables



Black Belt

## ANOVA



Cuando tenemos un solo factor con múltiples niveles y observaciones en cada nivel, decimos que tenemos un análisis de una vía. Con éste arreglo podemos calcular la media de las observaciones para cada nivel. También podemos comparar esas medias con la media global para ver los efectos de los niveles, y a su vez comparar la variación dentro de cada nivel y compararla contra la variación generada al cambiar de niveles (de aquí el nombre)

$$y = m + a_i + e_{ij}$$

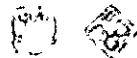
Tratamos de ajustar este modelo a nuestros datos

Significa que cada punto es el resultado del valor promedio para la variación del cambio de nivel y algo de error



Black Belt

## ANOVA



Dentro del grupo



Entre grupos



$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{entre\ grupos} + \sigma^2_{dentro\ de\ grupos}$$

El efecto de los cambios son determinados por cambios en la variación total. El ANOVA separa las diferentes fuentes de variación para evaluar los cambios en los promedios.



Black Belt

## ANOVA

Para analizar los datos, usamos la tabla de ANOVA :

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	SC promedio	F	Valor p
Entre grupos	k-1	$\sum_{i=1}^k (x_i - x_{total})^2$	$\frac{SS_{FG}}{k-1}$	$\frac{MS_{FG}}{MS_{DG}}$	$p(F > F_{\alpha, k-1, n-k})$
Dentro de grupos*	n-k	$SS_{Total} - SS_{FG}$	$\frac{SS_{DG}}{n-k}$		
Total	n-1	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_{total})^2$			

De nuevo, necesitamos decidir en términos del valor de p si la diferencia entre las medidas de grupos es significativa. Si el valor de p es menor que alfa, entonces es significativa.

**H<sub>0</sub>: μ<sub>1</sub> = μ<sub>2</sub> = μ<sub>3</sub> = ..... Medias de los grupos son iguales**

**H<sub>a</sub>: μ<sub>i</sub> ≠ μ<sub>j</sub> Al menos un par es diferente**

\*La variación dentro de grupos también se le conoce como el error estándar.

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## ANOVA

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	SC promedio	F	Valor p
Entre grupos	k-1	$\sum_{i=1}^k (x_i - x_{total})^2$	$\frac{SS_{FG}}{k-1}$	$\frac{MS_{FG}}{MS_{DG}}$	$p(F > F_{\alpha, k-1, n-k})$
Dentro de grupos*	n-k	$SS_{Total} - SS_{FG}$	$\frac{SS_{DG}}{n-k}$		
Total	n-1	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_{total})^2$			

Un valor útil es el de epsilon cuadrada ( $\epsilon^2$ ) que nos dice que tanta variación (del total) se explica por la variación entre grupos. Si  $\epsilon^2$  del error es mayor que la de entre los grupos, entonces probablemente otra fuente de variación cambio durante nuestros análisis.

¡Es mejor si se expresa como porcentaje!

Black Belt

## ANOVA

Un proveedor de baterías está probando una nueva alternativa a su batería de Ni-Cd. La nueva batería de Ni-metal se espera que dure más tiempo con la misma constancia. 2 muestras de 25 baterías c/u fueron probadas.

¿Hay evidencia que de la batería de Ni-metal dura más?

Ni-Cadmium	Ni-metal
54.5	78.3
67	79.8
41.7	81.3
64.5	69.4
86.8	82.8
40.8	82.3
72.5	62.5
76.9	77.5
81	85.3
83.3	85.3
82	86.1
71.8	41.1
68.8	112.3
71	103
67.8	95.4
56.7	91.1
69.7	46.4
70.4	67.3
74.9	71.8
75.4	83.2
64.9	85
104.4	74.3
90.4	85.5
72.8	72.1
58.7	74.1

$$H_0: \mu_{\text{NI-CADMIUM}} = \mu_{\text{NI-METAL}}$$

$$H_a: \mu_{\text{NI-CADMIUM}} \neq \mu_{\text{NI-METAL}}$$

Promedio Ni-Cadmio = 70.748

Promedio Ni-metal = 79.728

Promedio Total = 75.238

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## ANOVA

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	SC Promedio	F	Valor de P
Entre Grupos	1	1008.005	1008.005	4.779	0.0337
Dentro de Grupos	48	10123.633	210.909		
Total	49	11131.638			

$$SS_{EG} = 25[(70.748-75.238)^2 + (79.728-75.238)^2] = 1008.005$$

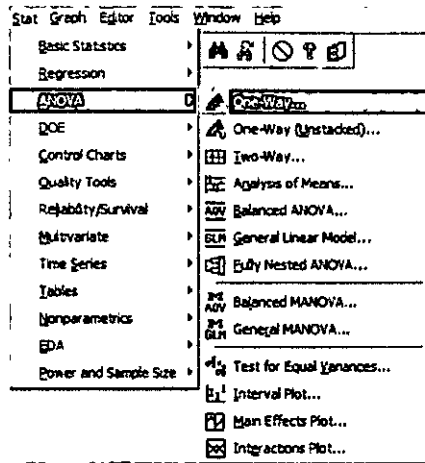
$$SS_{Total} = (54.5-75.238)^2 + (67-75.238)^2 + \dots + (74.1-75.238)^2 = 11131.638$$

$$SS_{DG} = (11131.638 - 1008.005) = 10123.633$$

Dado que el valor de p es menor a 0.05 concluimos que existe una diferencia significativa entre las medias, por lo tanto la batería de Ni-metal dura más que la de Ni-Cadmio.

Black Belt

## ANOVA



Stat>ANOVA>one way

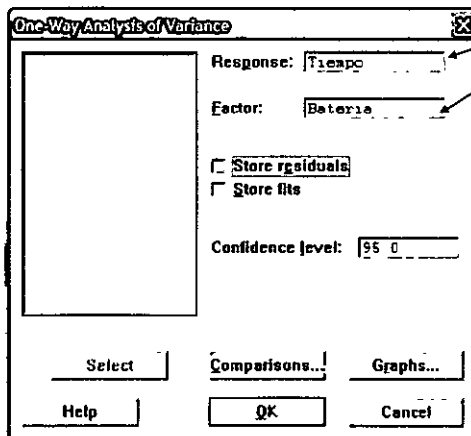
MÓDULO III



Black Belt

"ANALIZAR"

## ANOVA



Indica que columna corresponde a la respuesta y cual a la variable de interés



Black Belt

## ANOVA

### One-way ANOVA: Tiempo versus Bateria

Source DF SS MS F P

Bateria 1 1008 1008 4.78 0.034

Error 48 10124 211

Total 49 11132

S = 14.52 R-Sq = 9.06% R-Sq(adj) = 7.16%

Individual 95% CIs For Mean Based on

Pooled StDev

Level N Mean StDev

1 25 70.75 13.99

2 25 79.73 15.03

66.0 72.0 78.0 84.0

Pooled StDev = 14.52

Existe diferencia significativa entre las baterías, pero las variables solo explican el 9.06% de la variación total. ¿Qué puede estar causando esto?

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Prueba de Kruskal-Wallis

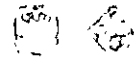
3 +Niveles de una X discreta:

La alternativa no paramétrica para el ANOVA es la prueba de Kruskal-Wallis, de hecho puede utilizarse para 2 o mas niveles.

El procedimiento de KW prueba la Hipótesis nula de que k muestra de poblaciones diferentes realmente provienen de la misma población, al menos en términos de sus tendencias centrales o medianas. La prueba asume que las variables en investigación tienen distribuciones continuas.

Black Belt





## Prueba de Kruskal-Wallis

Al computar el estadístico de KW, cada observación se reemplaza por el rango en una combinación de todas las  $k$  muestras. En otras palabras se crea una sola serie de valores. La mínima observación se reemplaza por el rango de 1, la siguiente más pequeña con el rango 2, y la máxima observación con el resto  $N$ , donde  $N$  es el total de las observaciones entre todas las muestras ( $N$  es la suma de  $n$ )

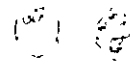
El siguiente paso es realizar la suma de los rangos para las muestras originales. La prueba de KW determina si las sumas de los rangos son muy diferentes entre las muestras y no es probable que provengan de la misma población.



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"



## Prueba de Kruskal-Wallis

Se puede mostrar que si las  $K$  muestras vienen de la misma población, cuando la hipótesis nula es verdadera, el estadístico  $H$ , usado para la prueba se distribuye aproximadamente como una chi cuadrada con  $gl=k-1$ , partiendo de que las  $k$  muestras no son demasiado pequeñas (digamos,  $n_i > 4$ , para toda  $k_i$ ).  $H$  se define Como:

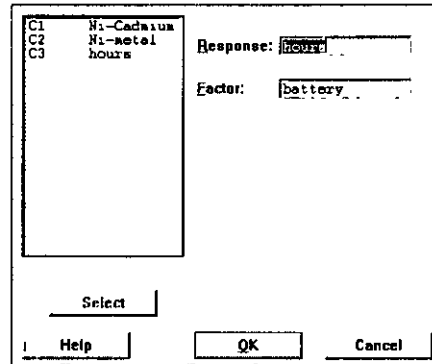
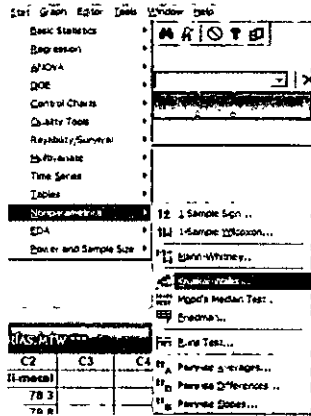
donde

- $K$ = número de muestras (grupos)
- $n_i$ = número de observaciones de la  $i$ -ésima muestra del grupo
- $N$ = Número total de observaciones (suma de las  $n_i$ )
- $R_i$ = suma de los rangos del grupo  $i$



Black Belt

### Prueba de Kruskal-Wallis



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Prueba de Kruskal- Wallis

**Kruskal-Wallis Test: hours versus battery**

Kruskal-Wallis Test on hours

battery	N	Median	Ave Rank	Z
Ni-Cadmium	25	71.00	20.1	-2.62
Ni-metal	25	82.30	30.9	2.62
Overall	50		25.5	

Misma conclusión que antes

H = 6.86 DF = 1 **P = 0.009**  
 H = 6.86 DF = 1 P = 0.009 (adjusted for ties)

Black Belt

## Paramétricas vs. No Paramétricas

¿ Por qué molestarse en validar normalidad e igualdad de varianzas si las pruebas no paramétricas no lo requieren?

La respuesta es simple: POTENCIA

Las pruebas no paramétricas son menos poderosas que el ANOVA o pruebas t. La cantidad de información que puedes obtener de datos normales hace que valga la pena el análisis adicional.

Black Belt

## Intenta este....

Un instructor de RH desea determinar si existe diferencia entre diferentes tipos de material de entrenamiento para operarios. Se analizaron 3 materiales de entrenamiento en tres grupos diferentes.

Después del entrenamiento se midió la eficacia de cada operador.

¿Hay un material que muestre mejores resultados (eficacia) entre los operarios?

Material I	Material II	Material III
87	58	81
80	63	62
74	64	70
82	75	64
74	70	70
81	73	72
97	80	92
	62	63
	71	

Ho: \_\_\_\_\_

Ha: \_\_\_\_\_

Asume normalidad e igualdad de varianzas

Black Belt

### ***Que nos queda***

1. Siempre revisa la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianzas.
2. La prueba correcta depende del número de niveles dentro de la variable: las pruebas t se usaban hasta 2 niveles, ANOVA funciona para 2 o más niveles.
3. Las suposiciones de normalidad no son necesarias para tamaños de muestra mayores a 25. Al comparar múltiples muestras, todas deben ser mayores a 25.
4. De preferencia, utiliza una computadora. La aritmética es fácil, pero la oportunidad de error es alta.



Black Belt

**MÓDULO III**

**"ANALIZAR"**

## ***Análisis de Regresión***



Black Belt

### Objetivo

1. Identificar problemas que incluyan una Y continua y una X continua.
2. Entender la diferencia entre regresión lineal y no lineal.
3. Ajustar modelos utilizando la técnica de mínimos cuadrados.
4. Entender el significado de R y  $R^2$ .
5. Entender y desarrollar análisis de residuales.

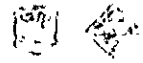
Black Belt

### Matriz de selección de herramientas

	Factor (X)	
	<b>VARIABLE</b>	<b>ATRIBUTO</b>
Respuesta (Y)	<b>VARIABLE</b> Análisis de regresión	Anova, Prueba T, Alternativas NO paramétricas
	<b>ATRIBUTO</b> Regresión logística	Prueba de Chi-square, Prueba de proporciones

Está es nuestra área de interés

Black Belt



## **Regresión**

Al trabajar con datos variables (continuos), es de interés cuantificar la relación (si existe) entre ellas. La ventaja de utilizar datos continuos para el análisis, es la posibilidad de definir un modelo matemático adecuado. Esto se hace mediante técnicas de estimación mediante mínimos cuadrados, mejor conocido como análisis de regresión .

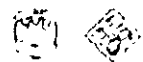
De nuevo,  
 ¡¡¡todo se trata de relaciones !!!!



Black Belt

**MÓDULO III**

**"ANALIZAR"**



## **Regresión**

Las técnicas de regresión nos permite predecir valores de cierta variable Y (Variable dependiente), la cual se sospecha tiene relación con otra variable X (independiente) La intención es cuantificar la relación.

$$Y = F(x)$$

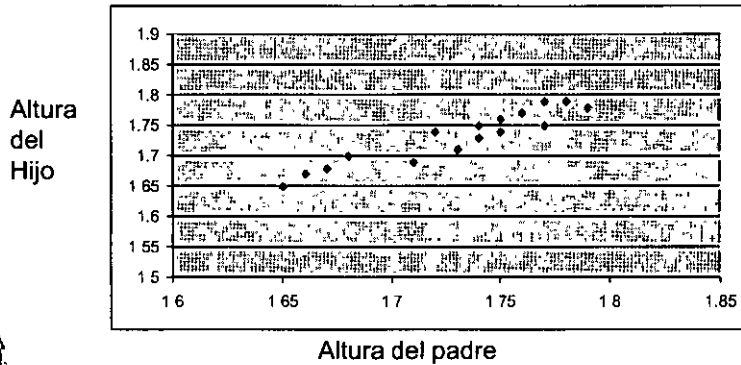
la cuál es la ecuación de regresión que cuantifica la relación entre ambas variables.



Black Belt

## Regresión

Desde un punto de vista gráfico, el análisis de regresión comienza con un diagrama de dispersión. Dos variables continuas se grafican una contra otra para definir si existe correlación entre ambas.



Altura del Hijo

Altura del padre

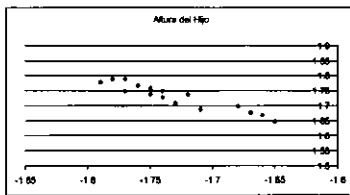
Black Belt

MÓDULO III

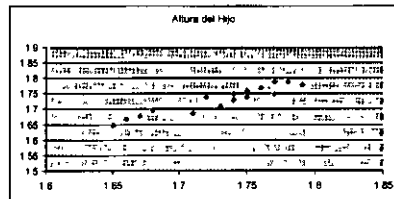
"ANALIZAR"

## Regresión

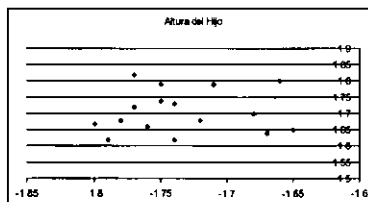
La correlación es la medida de que tan fuerte es la relación entre dos o más variables. El coeficiente de correlación varía de -1 a 1, definiendo una correlación negativa y una positiva, pasando por cero que significa "sin correlación"



Correlación negativa



Correlación positiva

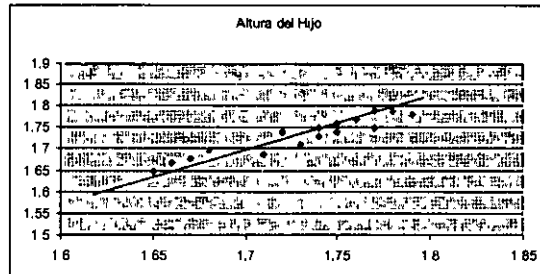


Sin correlación

Black Belt

## Regresión

El método de mínimos cuadrados trata de ajustar la mejor curva que minimice el error entre los puntos dispersos.



$$Y = f(x)$$

Lineal, cuadrática,  
Cúbica,  
logarítmica,  
etc

Black Belt

## Regresión

El modelo más simple es la función lineal. El modelo lineal trata de ajustar una línea recta.

$$y = ax + b$$

Labels for the equation above:

- Pendiente (points to  $a$ )
- Ordenada al origen (points to  $b$ )
- Variable dependiente (pronóstico) (points to  $y$ )
- Variable independiente (points to  $x$ )

En estadística el concepto es el mismo, solo cambia la nomenclatura:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x$$

Labels for the equation above:

- Constante (points to  $\beta_0$ )
- Coefficiente (points to  $\beta_1$ )
- Estimado (points to  $\hat{y}$ )
- Variable de regresión (points to  $x$ )

Black Belt



## Regresión

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

Un modelo de regresión es bueno dependiendo de que también describe la variación entre dos variables. El coeficiente de correlación (R) indica que tan pronunciada es la pendiente. El cuadrado de la correlación indica que tanta variación (cambios en la Y) puede ser explicado por las variables de regresión.

Y de nuevo, la decisión si el modelo descriptivo es bueno la haremos mediante el uso de una tabla de ANOVA (para lo que utilizaremos MINITAB).



Black Belt

## Regresión

Experiencia	Entrevistas
15	4
41	9
58	12
18	6
37	8
52	10
28	6
24	5
45	10
33	7

Un gerente de mercadeo que conduce un estudio de mercado, desea predecir el número de entrevistas (cuestionarios) que puede levantar dados los entrevistadores. El piensa que el número de cuestionarios depende de la experiencia del entrevistador (en años). Toma una muestra de 10 entrevistadores para el análisis. ¿Tiene la experiencia influencia real en el número de cuestionarios aplicados?

Y= # entrevistas \* ← ¿¿Por qué??

X= Experiencia en semanas

\*RDD: Si una variable discreta tiene más de 5 niveles, puede tratarse como una variable continua.

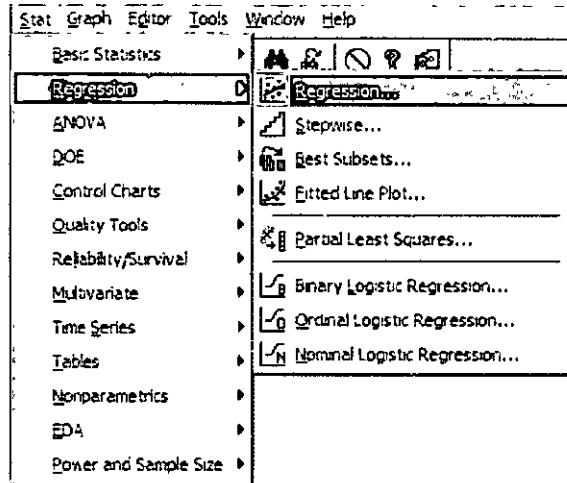


Black Belt

## Regresión

Stat>Regression>Regression

Usando Minitab:



Black Belt

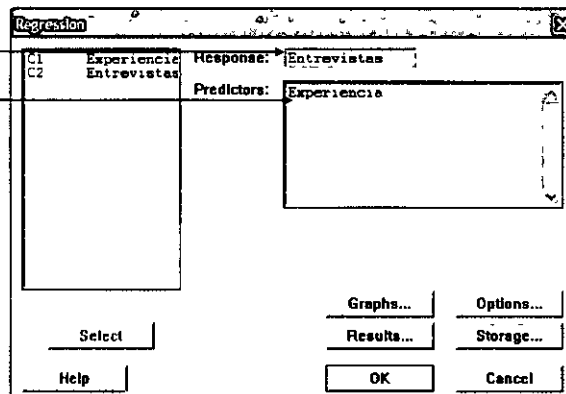
MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Regresión

Indica la Y

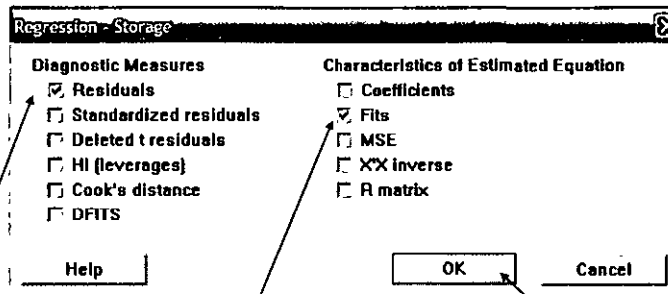
Indica la X



Selecciona Storage

Black Belt

## Regresión



Selecciona que guarde los residuales...

...y los valores Ajustados (fits)

Selecciona O.K dos veces

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Regresión

### Regression Analysis: Entrevistas versus Experiencia

The regression equation is  
 Entrevistas = 1.62 + 0.173 Experiencia

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1.6222	0.5832	2.78	0.024
Experiencia	0.17316	0.01551	11.16	0.000

S = 0.661804 R-Sq = 94.0% R-Sq(adj) = 93.2%

### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	54.596	54.596	124.65	0.000
Residual Error	8	3.504	0.438		
Total	9	58.100			

1. Busca la significancia en la relación

Si el valor de p es mayor a 0.05, no es necesario continuar dado que no existe relación entre ambas variables. Un valor menor a 0.05 indica una relación significativa entre las variables (como en este caso)

Black Belt

## Regresión

### Regression Analysis: Entrevistas versus Experiencia

The regression equation is  
 Entrevistas = 1.62 + 0.173 Experiencia

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1.6222	0.5832	2.78	0.024
Experiencia	0.17316	0.01551	11.16	0.000

S = 0.661804 R-Sq = 94.0% R-Sq(adj) = 93.2%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	54.596	54.596	124.65	0.000
Residual Error	8	3.504	0.438		
Total	9	58.100			

### 2. Busca significancia en la constante y forma el modelo

Si el valor de p de la constante es mayor a 0.05, significa que no ayuda a ajustar correctamente el modelo y puede ser despreciada en el mismo. Si es menor a 0.05 entonces se mantiene en el modelo. El modelo queda como:

$$\text{Entrevistas} = 1.622 + 0.173 \text{ Experiencia}$$

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Regresión

### Regression Analysis: Entrevistas versus Experiencia

The regression equation is  
 Entrevistas = 1.62 + 0.173 Experiencia

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1.6222	0.5832	2.78	0.024
Experiencia	0.17316	0.01551	11.16	0.000

S = 0.661804 R-Sq = 94.0% R-Sq(adj) = 93.2%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	54.596	54.596	124.65	0.000
Residual Error	8	3.504	0.438		
Total	9	58.100			

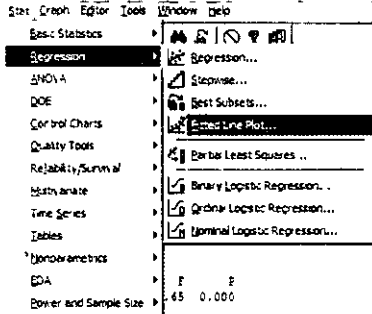
### 3. Revisa la cantidad de variación descrita por el (R-sq)

$R^2 = 0.9396$  o sea que el modelo explica el 94% de la variación en el número de entrevistas. Para decir que el modelo es adecuado nos gustaría ver un valor de R-sq mayor al 80%, algo menor significa que existen otras variables afectando el proceso.

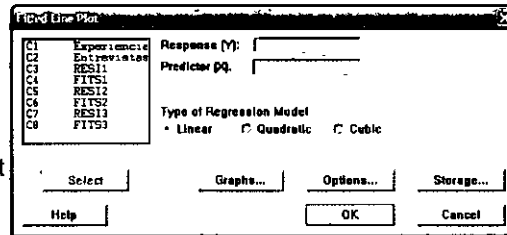
Black Belt

## Regresión

Para ver la regresión en forma gráfica, utilizamos el fitted line plot:



Indica la Y y la X luego O.K.



Stat>Regression>Fitted Line Plot

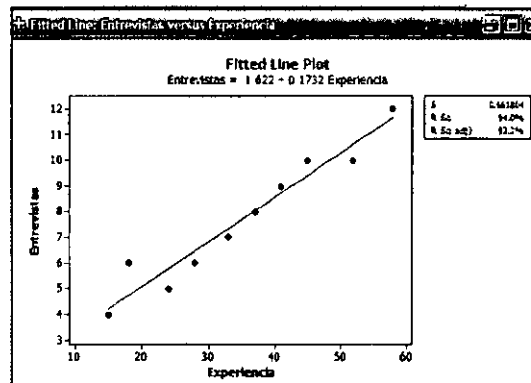
Nota: Esto lo hace Minitab solo con regresión simple,

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

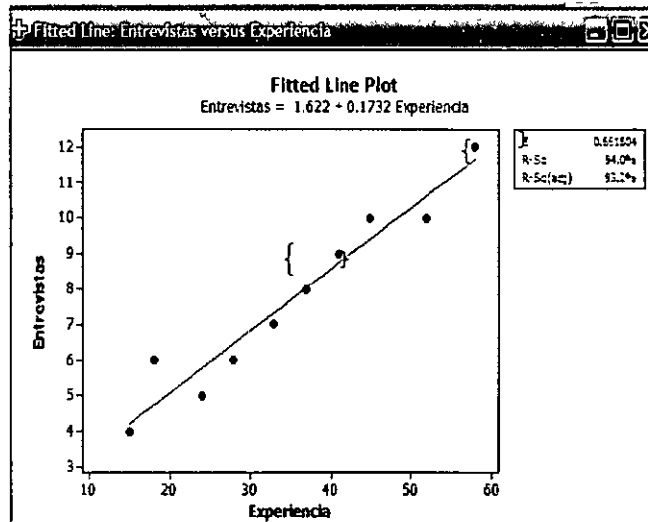
## Regresión



Ahora podemos ver la gráfica de regresión, ¿ves la línea ajustada? (pronóstico) como se acerca a los datos originales? El modelo aparenta ser bueno. Pero espera, tenemos que hacer un estudio de residuales.

Black Belt

## Regresión



Los errores residuales ( $e_i$ ) son la diferencia que existe entre el valor real, y el valor ajustado por el modelo. Los residuales son consecuencia de la falta de ajuste del modelo. Los residuales dan información sobre la validez del modelo, por eso hay que analizarlos.

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Regresión

Los residuales son el resultado de sustraer el valor observado menos el valor del pronóstico (error del modelo)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Experiencia	Entrevistas	RESI2	FITS2	RESI3	FITS3
1	15		-0.21956	4.2196	-0.21956	4.2196
2	41		0.27838	8.7216	0.27838	8.7216
3	58		0.33472	11.6653	0.33472	11.6653
4	18		1.26097	4.7390	1.26097	4.7390
5	37		-0.02900	6.0290	-0.02900	6.0290
6	52		-0.62634	10.6263	-0.62634	10.6263
7	28		-0.47059	6.4706	-0.47059	6.4706
8	24		-0.77797	5.7780	-0.77797	5.7780
9	45		0.58575	9.4142	0.58575	9.4142
10	33		-0.33637	7.3364	-0.33637	7.3364

### 4. Revisa los residuales

Normalidad datos residuales (consistencia en el estudio)

Estabilidad de los residuales

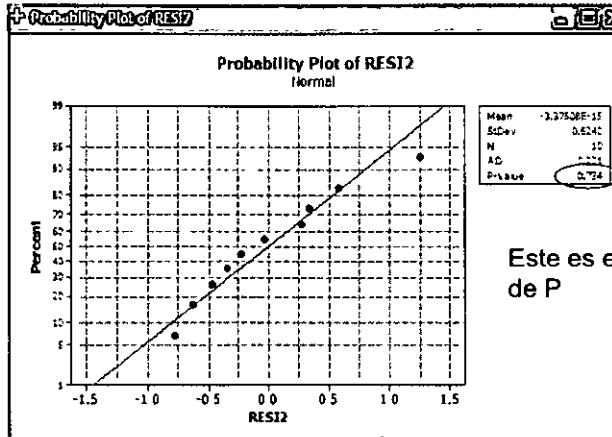
Independencia de los residuales vs. Valores ajustados (adecuación del modelo)

Si estos supuestos no se cumplen, sin importar el valor de  $R^2$ , el modelo no es adecuado para predecir la Y.

Black Belt

### Regresión

Stat>Basic  
Statistics>Normality  
Tests



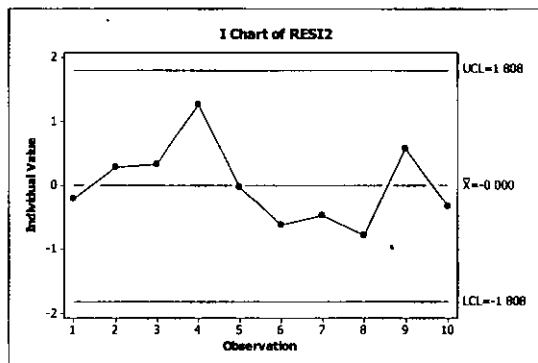
Este es el valor de P

Al graficar sobre la normalidad se debe formar aproximadamente una línea recta. Aplicando pruebas de normalidad debemos de apreciar un valor de p mayor a 0.05. Si esto no se cumple, puede deberse a problemas con el sistema de medición, condiciones del muestreo o a una relación lineal. Algunas veces, se utiliza un transformación logarítmica en la Y para forzar la normalidad en los residuales.

Black Belt

### Regresión

Stat>Control Charts  
>Individuals

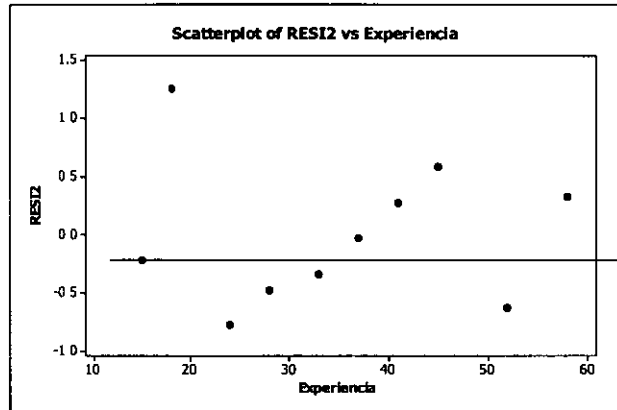


La estabilidad de los residuales se valida observando el comportamiento de los residuales según el orden (se aprecia mejor usando una gráfica de control). Se busca que no haya puntos fuera de los límites o tendencias. Inestabilidad en los residuales denota variación en la recolección de los datos. Se deben identificar causas especiales de variación.

Black Belt

## Regresión

Los puntos deben estar dispuestos sin un patrón específico.



Graphs>  
Plot

Buscar independencia entre los residuales y los valores ajustados, nos ayuda a definir si el modelo es adecuado o no. Si se aprecia un patrón (como un embudo, curvas con diferentes "jorobas", etc.) entonces se debe seleccionar otro modelo cuadrático, cúbico o de otro tipo.

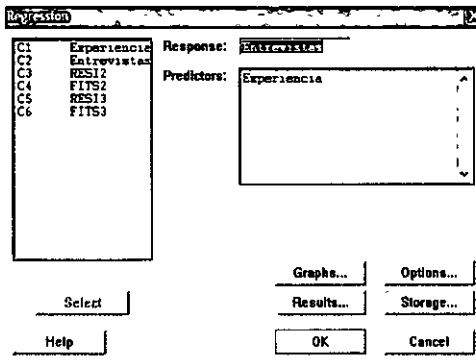
Black Belt

MÓDULO III

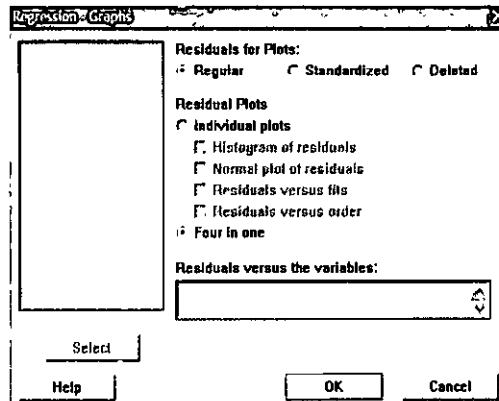
"ANALIZAR"

## Regresión

Aunque Minitab también puede sacar todas las gráficas al mismo tiempo.



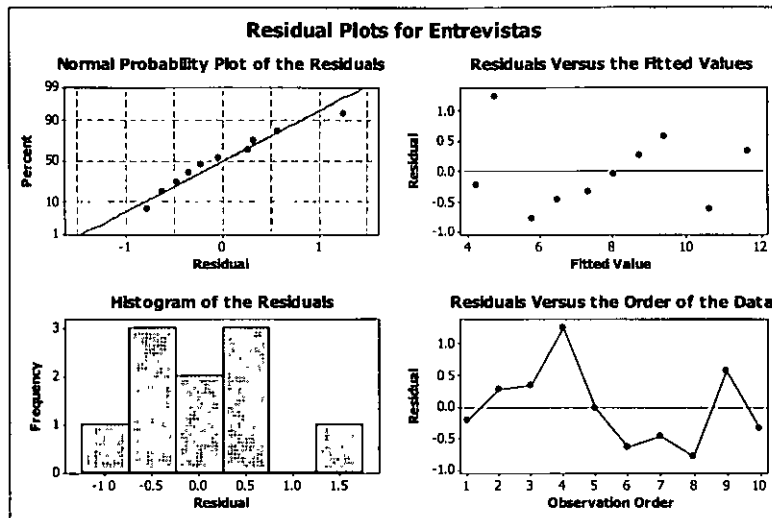
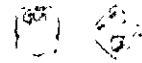
Stat>Regression>Regression>  
Graphs> Four in one



Black Belt



## Regresión

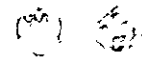


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## Ejemplo



X	Y(%)
4.5	0.91
1.0	0.95
6.5	0.82
10.0	0.64
9.0	0.69
8.5	0.70
5.5	0.88
8.0	0.73
4.0	0.91
10.5	0.61
1.5	0.95
7.5	0.75
3.0	0.93
2.0	0.94
9.5	0.67
2.5	0.93
5.0	0.90
11.0	0.56
6.0	0.86
3.5	0.92

Trabajando en un proyecto para reducir los costos de mantenimiento, el ingeniero del área desea saber si la eficiencia de un motor depende de su velocidad en rpm's. Ajusta el modelo más apropiado y determinar su validez.

### Regression Analysis: Y(%) versus X

The regression equation is

$$Y(\%) = 1.05 - 0.0396 X$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1.04800	0.01618	64.77	0.000
X	-0.039580	0.002413	-16.40	0.000

S = 0.0333843 R-Sq = 93.7% R-Sq(Adj) = 93.4%

### Analysis of Variance

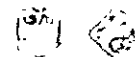
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.29991	0.29991	269.10	0.000
Residual Error	18	0.02004	0.00111		
Total	19	0.31997			

El ajuste se ve bien (94%)

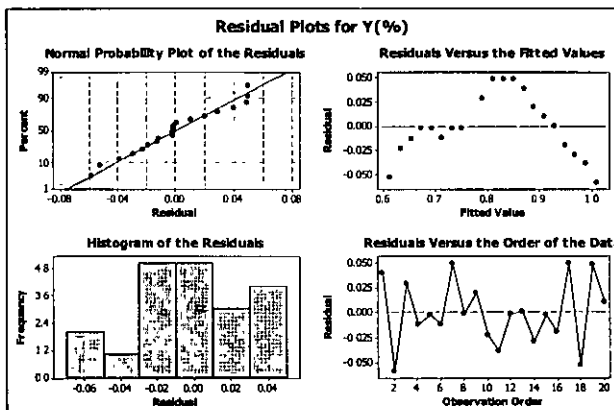
¡La velocidad es significativa!

Black Belt

**Ejemplo**



Tienden a ser normales



Podemos apreciar un patrón entre los residuales y los valores ajustados. Esto nos indica que la relación es no lineal. Debemos de ajustar otro modelo tal como el cuadrático o el cúbico. Etc. ¿Y después?

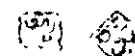


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**Ejemplo**



Al ajustar modelos no lineales, debemos de seleccionar otro tipo de modelos tales como:

Cuadrático:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$$

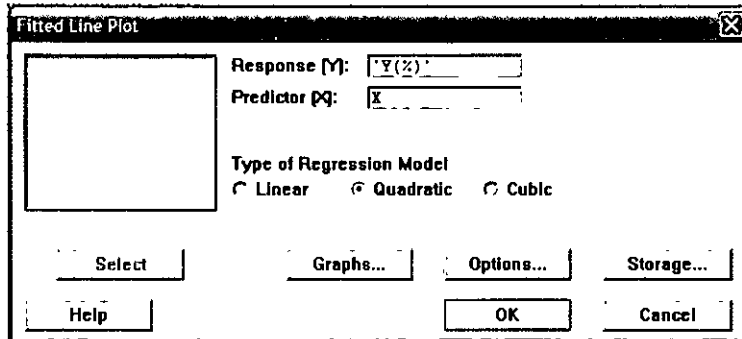
Debemos de indicar el modelo necesitado

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3$$



Black Belt

### Ejemplo



Es básicamente lo mismo, solo hay que seleccionar el modelo buscando (en la selección de OPTIONS podemos encontrar las transformaciones logarítmicas)

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### Ejemplo

The regression equation is

$$Y(\%) = 0.9536 + 0.003017 X - 0.003537 X^{**2}$$

Este es nuestro modelo

S = 0.0141553 **R-Sq = 98.9%** R-Sq(adj) = 98.8%

**Mejoró la R<sup>2</sup>**

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0.316569	0.158284	789.95	0.000
Error	17	0.003406	0.000200		
Total	19	0.319975			

**Ambos componentes son necesarios en el modelo**

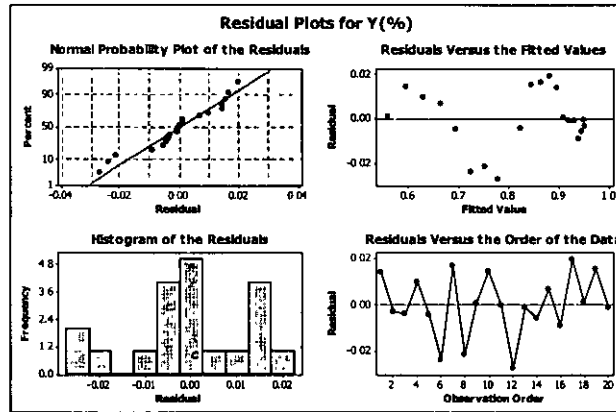
Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	0.299914	269.10	0.000
Quadratic	1	0.016655	83.12	0.000

Black Belt

**Ejemplo**

La normalidad y estabilidad aún son buenas



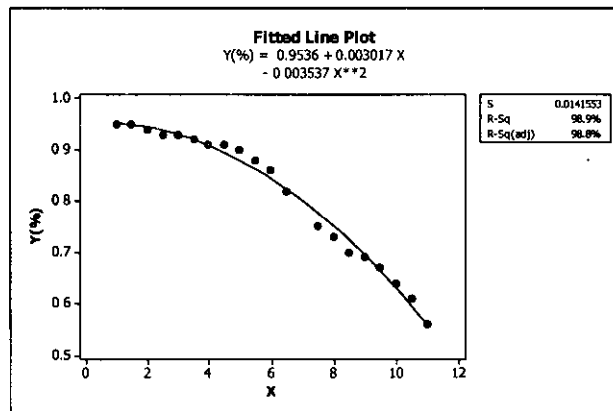
Gran mejora en la independencia, el modelo cuadrático es adecuado.

Black Belt

MÓDULO III

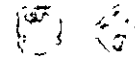
"ANALIZAR"

**Ejemplo**



El ajuste es muy bueno. Por lo tanto es un buen modelo.

Black Belt

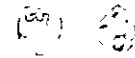


### *En resumen*

1. Planea el estudio para asegurar aleatoriedad, imparcialidad y un rango amplio para variación de la X y de la Y.
2. Recolecta buenos datos.
3. Evalúa por significancia de cada X por su valor de  $p$  y cuestiona la lógica de la magnitud del coeficiente.
4. Evalúa la significancia del modelo a través del valor de  $R^2$
5. Busca patrones inusuales en los residuales y analiza los valores extremos.



Black Belt



## *Análisis de Varianza*

### **<ANOVA 2 Way>**

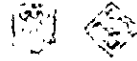


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)



### OBJETIVOS:

COMPRENDER, APLICAR E INTERPRETAR:

- ANOVA DE UNA VIA (One Way)
- ANOVA DE DOS VIAS (Two Way)
- ANOVA DE TRES VIAS ( Three Way)
- ANOVA BALANCEADA (MÚLTIPLES VARIABLES)
- GLM (MODELO LINEAL GENERAL)
- USAR MINITAB, PARA EFECTUAR UN ANÁLISIS ANOVA/GLM



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## ¿QUÉ ES ANÁLISIS DE VARIANZA?



• Una técnica para determinar una significancia estadística de la relación entre una variable dependiente ("Y") y una o varias variables independientes ("X") que han sido organizadas dentro de dos o más grupos discretos o niveles

-ANOVA se utiliza para datos continuos en "Y" con niveles discretos en "X"

-Un procedimiento que determina si las medias de las respuestas en cada nivel han sido o no extraídas de la misma población (¿Son diferentes?)

-Una forma de seleccionar las pocas "X" vitales



Black Belt

**TERMINOLOGÍA DE ANÁLISIS DE VARIANZA**

- Factor: Una variable independiente
- Nivel: Un valor discreto o establecido para un factor

$Y = f(X)$

Y	25	22	81	78
X	40	40	150	150

1 Factor con dos niveles : 40 y 150

•**Datos Balanceados:** Número igual de observaciones para cada factor y combinación de nivel. El ejemplo de arriba está balanceado, ya que hay dos observaciones para cada nivel.

•**Datos No balanceados:** Número desigual de observaciones para cada factor y combinación de nivel

Y	25	77	81	78
X	40	150	150	150

1 Factor con dos niveles : 40 y 150, pero en este caso existen tres valores "Y" para el nivel 150 y un solo valor para el nivel 40

Black Belt

**¿CUÁNDO USAR EL ANÁLISIS DE VARIANZA?**

La temperatura afecta el rendimiento?

Temp. °C	Rendimiento (g)				
25	36	33	35	34	32
30	35	37	36	35	38
35	35	39	37	38	39
40	34	31	35	32	34

ANOVA de 1 vía

Un sólo factor (X) con dos o más de dos niveles

La cantidad de instructores y el # de estudiantes afectan el nivel de satisfacción del curso?

(Unidad 1-5 escala)

Instructor	# de estudiantes		
	10	30	50
A	4.2	4.0	4.0
B	4.0	4.0	3.7
C	3.8	3.9	3.8
D	3.5	3.3	3.2

ANOVA de 2 vías

Dos factores (X) con dos o más de dos niveles

La cantidad de harina, cantidad de azúcar, y temperatura del horno, impactan en el nivel de satisfacción de los clientes en cuanto al sabor de las galletas?

Cantidad de Azúcar		Mucha		Poca	
Cantidad de Harina	Temp. Horno	180°	200°	180°	200°
	10g		4.3	4.5	4.6
15g		3.7	4.0	4.4	2.2

(Unidad 1-5 escala)

ANOVA de 3 vías

Tres factores (X) con dos o más de dos niveles

De los preservativos A, B, C y D, cual afecta el rendimiento?

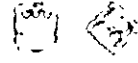
No. Observ.	A	B	AB	C	D	CD	BCD	ABCD	Nivel Satisf.
	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	1	2	2	2	3
3	1	2	2	1	1	2	1	1	4
4	1	2	2	2	1	1	2	1	11
5	2	1	2	2	2	1	2	1	8
6	2	1	2	1	1	2	1	1	5
7	2	2	1	1	2	2	1	1	5
8	2	2	1	1	1	1	1	1	8

ANOVA de Múltiples Variables

Factores múltiples (2 o más) representados en múltiples niveles

Black Belt

**SUPUESTOS BÁSICOS PARA USAR ANOVA**



**Igualdad de Varianzas:** Las varianzas poblacionales deberían ser iguales o (cercanas a la misma) a través de todos los niveles para un factor dado

**Promedios Muestrales Normalmente Distribuidos:** Las medias muestrales deben ser independientes y normalmente distribuidas. El teorema del límite central asegura esto (Los promedios muestrales casi siempre están distribuidos normalmente). Recuerde, la normalidad para la medición individual NO es un requisito, especialmente si el tamaño de muestra es grande.

**Datos Aleatorios:** Los datos muestrales deben representar verdaderamente su variación poblacional. Para cada nivel, los datos muestrales deben ser seleccionados al azar en cada población.

**Gage R y R Aceptable:** El sistema de medición usado para recolectar los datos muestrales deben mostrar un gage R&R aceptable.+

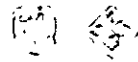
**Usar ANOVA para responder a la pregunta:**  
 ¿Cuánto contribuye los niveles del factor ("X") a la variación total en la respuesta ("Y")?

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

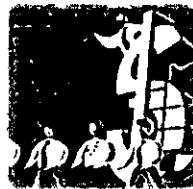
**ANOVA**



Dentro del grupo



Entre grupos



$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{entre\ grupos} + \sigma^2_{dentro\ de\ grupos}$$

El efecto de los cambios son determinados por cambios en la variación total. El ANOVA separa las diferentes fuentes de variación para evaluar los cambios en los promedios.

Black Belt



**CUÁLES SERÍAN LOS VALORES DE F PARA LAS SIG. TABLAS:**

Tabla I		
1.0	1.5	2.0
31.5	31.5	31.5
31.5	31.5	31.5
31.5	31.5	31.5
31.5	31.5	31.5
31.5	31.5	31.5

Tabla II		
1.0	1.5	2.0
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6

Tabla III		
1.0	1.5	2.0
31.5	42.5	42.7
10.5	21.4	31.7
10.1	10.8	10.2
42.9	31.3	10.4
21.0	10.5	21.5

Tabla IV		
1.0	1.5	2.0
11.5	22.2	41.4
12.6	20.3	40.3
11.9	23.4	42.3
13.4	22.3	43.4
13.3	21.5	41.4

MÓDULO III



Black Belt

"ANALIZAR"

**PROBLEMA PRÁCTICO**

Un ingeniero de desarrollo está utilizando un adhesivo específico para unir dos partes. Hay otros dos tipos de pegamentos que son factibles, pero requerirían de un nivel de control de proceso más alto. Si uno de los otros pegamentos muestra una fuerza de adhesión promedio de por lo menos 20, valdría la pena aplicar el control de proceso adicional y cambiar de proveedor.

Nivel 1 Adhesivo Actual	Nivel 2 Adhesivo Fórmula A	Nivel 3 Adhesivo Fórmula B
9	18	21
12	15	19
14	14	21
13	17	16
18	15	23

Con base en una muestra del 1er adhesivo y una  $\alpha$  deseada del 5%, fue seleccionado un tamaño muestral de 5 para cada nivel de prueba, en este caso los resultados son tabulados de las 5 pruebas del adhesivo

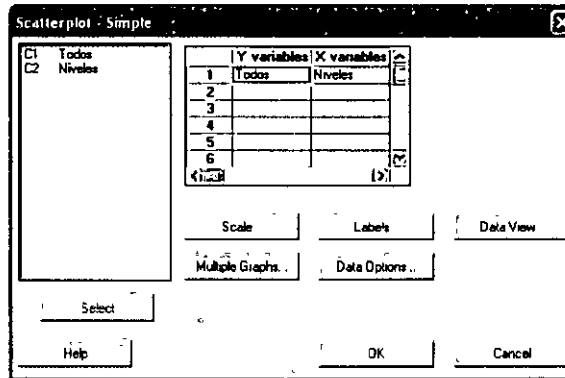
Ver Conjunto de datos en Anexo de ejercicios y tablas ⇒ Ejercicio : "Adhesivo"



Black Belt

**¡PRIMERO GRAFICA LOS DATOS!**

Graph>Scatter plot Simple



Hacer click en "OK"

Black Belt

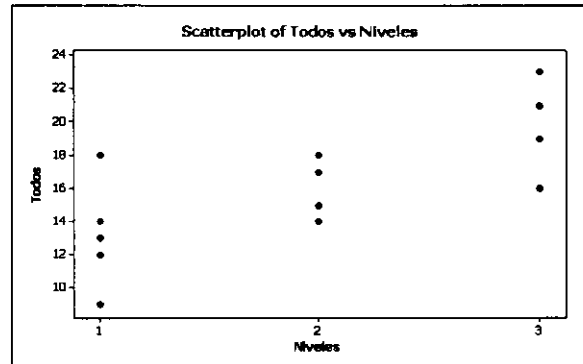
MÓDULO III

"ANALIZAR"

**DIAGRAMA DE DISPERSION**

"Una gráfica vale más que mil palabras"

Observe la grafica



- 1.- ¿Los 3 pegamentos aparentan ser iguales?
- 2.- ¿Algún adhesivo parece tener una fuerza de adhesión mayor que 20?

La fórmula B Nivel 3, parece tener una fuerza de adhesión mayor que el Adhesivo Actual o de la fórmula A, sin embargo la apariencia de una diferencia NO significa que existe una diferencia estadísticamente significativa, requerimos de pruebas para llegar a esta conclusión.

Black Belt

## PROBAR LA SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA

Para probar si hay significancia estadística, primero necesitamos responder las siguientes preguntas claves:

1.- ¿Qué factor está siendo evaluado?

**El tipo de adhesivo**

2.- ¿Qué respuesta está siendo medida?

**La fuerza de adhesión del pegamento**

3.- ¿Qué es lo que quiero conocer realmente?

**Podría cualquiera de los otros pegamentos darnos un promedio de fuerza de adhesión mayor que 20**

4.- ¿Qué herramienta voy a usar para el análisis? Y ¿Por qué?

**ANOVA 1 vía, por que tenemos 1 factor que es el pegamento con 3 niveles y tratamos de ver si alguno de los tres es diferente**

5.- ¿Cuáles son las hipótesis NULA y ALTERNATIVA?

**Ho :  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$**

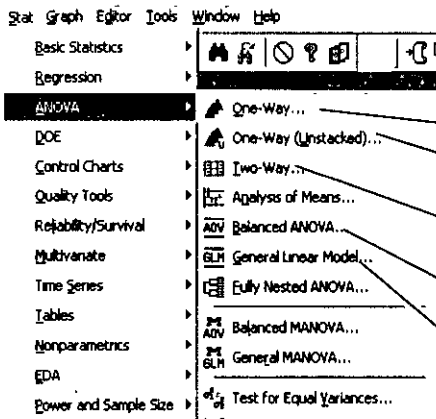
**Ha: Al menos un  $\mu_i$  no es igual**

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## ANOVA EN MINITAB



Antes de usar Minitab para analizar los datos para el problema del adhesivo, veamos las opciones del menú:

Un factor, niveles >2  
(datos apilados solamente)

Niveles en diferentes columnas

Dos factores, niveles >2

Múltiples factores y niveles  
(Datos balanceados)

Múltiples factores y niveles  
(Datos NO balanceados)

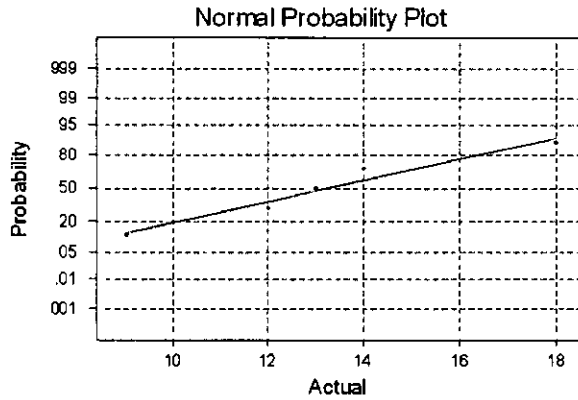
Balanced Anova y el General Linear Model (GLM) pueden comparar un máximo de 9 factores y 50 respuestas. GLM es la única herramienta que se puede usar para datos no balanceados

Black Belt

**PASOS PARA REALIZAR EL ANOVA**

1. Correr la prueba de normalidad para las tres muestras (Actual, formula A y formula B).

Stat > Basic Statistics > Normality Test



Average 13.2  
StDev 3.27109  
N: 5

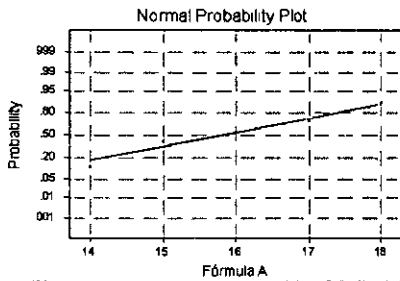
Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared 0.204  
P-Value 0.734

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**PASOS PARA REALIZAR EL ANOVA CONT.**

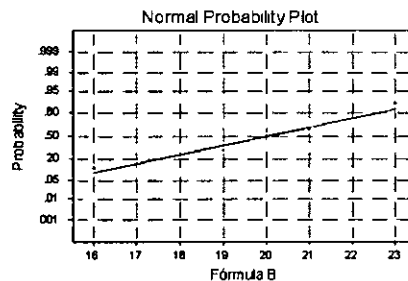


Average 16.8  
StDev 1.84017  
N: 6

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared 0.316  
P-Value 0.272

P Value > 0.05

¡Por lo tanto se dice que las tres muestras son normales!



Average 20  
StDev 2.84075  
N: 6

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared 0.271  
P-Value 0.506

Black Belt

**PASOS PARA REALIZAR EL ANOVA CONT.**

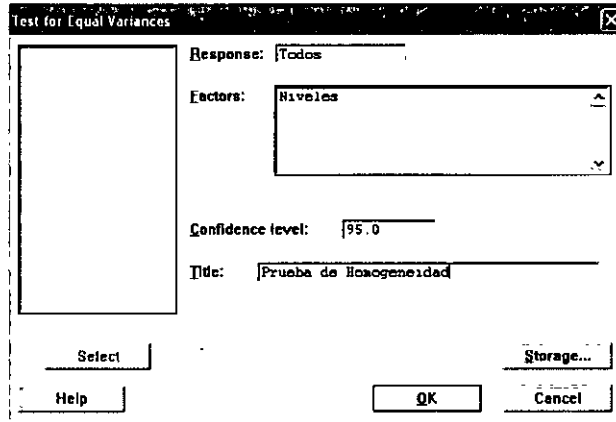
2. Verificar la homogeneidad de varianzas  
Usar "Test For Equal Variances" para comparar varianzas.

Prueba Barlett contra  
Levene... ¿Cuál usar?

Barlett →  
Datos normales

Levene →  
Datos no normales

Stat > ANOVA > Test For Equal Variances

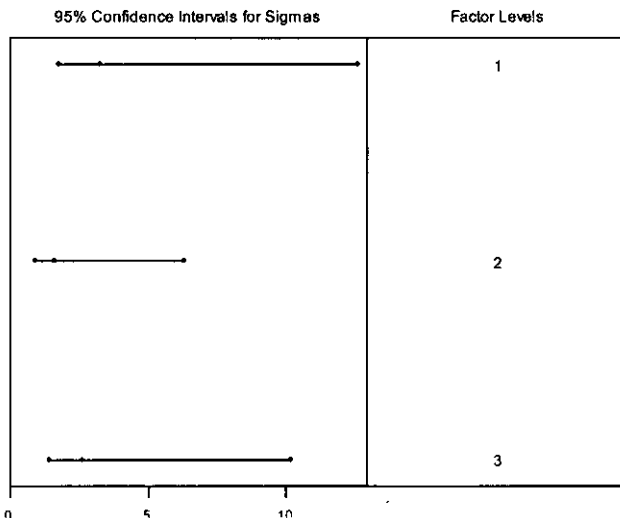


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**PASOS PARA REALIZAR EL ANOVA CONT.**



Usar la prueba de Barlett para Datos Normales . Con un valor de p de 0.452 no podemos afirmar una diferencia de varianzas entre las 3 muestras del adhesivo

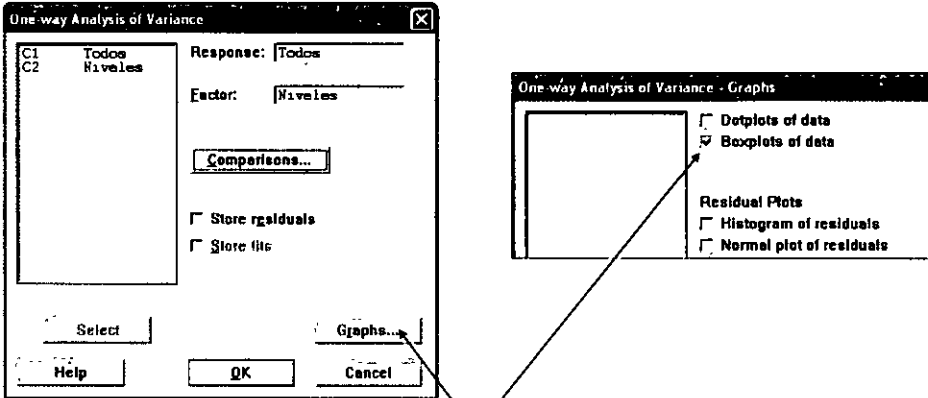
Black Belt

**PASOS PARA REALIZAR EL ANOVA CONT.**

3. Efectuemos el ANOVA en el ejemplo de adhesivo usando MINITAB

Stat > ANOVA > One way

(Usar One way de ANOVA porque solo hay un factor de "X")



La opción Graphs, producirá un Boxplot de los datos

Black Belt

MÓDULO III

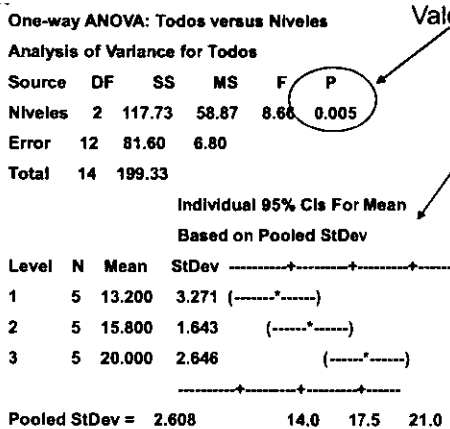
"ANALIZAR"

**LA SALIDA ANOVA DE MINITAB**

Comparar el valor de p con el valor de  $\alpha = 0.05$  (generalmente). Si  $p < 0.05$  entonces los resultados son estadísticamente significativos

Ho : todas las medias son iguales

Ha: Al menos una media es diferente



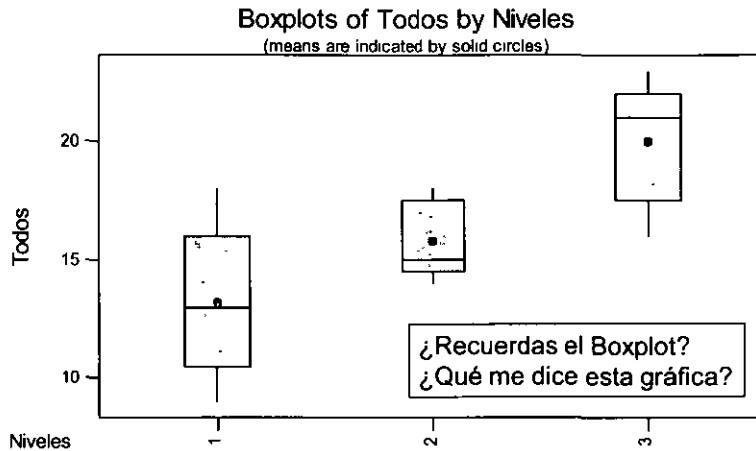
Valor de p < 0.05 acepto Ha

Los intervalos de confianza representan el 95% del rango de confianza para cada una de las medias de fuerzas de adhesión de las formulas de adhesivo. Si estas se traslapan, las medias probablemente **NO** son diferentes. Si los intervalos no se traslapan, entonces los niveles de las medias **SON** estadísticamente diferentes (Siempre observa el valor de p, para estar seguros)

Black Belt

**LA SALIDA ANOVA DE MINITAB CONT.**

Debido a que se selecciono la opción GRAPHs, se muestra la siguiente grafica



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

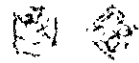
**EJERCICIO**

Ahora realiza el análisis ANOVA, para el ejercicio "Carseat" que se muestra en el Anexo de ejercicios y tablas, aplica los siguientes pasos:

1. Realiza la prueba de normalidad de la resistencia del hilo  
**P=0.275 Son normales**
2. La prueba de homogeneidad  
**Barlett's Test P = 0.301 Las varianzas son iguales**
3. Realiza el ANOVA Oneway (en sus dos modalidades)  
**P = 0.026 Las medias no son iguales**
4. Explica tus conclusiones  
**Si hay diferencia de resistencia de hilo entre los operadores**

Black Belt

**ANOVA DE DOS VIAS**



Consideremos los siguientes datos:

X1	X2	Y
Tratamiento térmico	Material	Result
A1	B1	28
A2	B1	37
A1	B2	30
A2	B2	35
A1	B3	24
A2	B3	25
A1	B4	32
A2	B4	33
A1	B1	30
A2	B1	33
A1	B2	27
A2	B2	31
A1	B3	27
A2	B3	26
A1	B4	30
A2	B4	31

ANOVA de 2 vías  
Dos factores (X) con dos o mas de dos niveles

X1 con Niveles = 2  
X2 con Niveles = 4

Desarrollemos el análisis siguiendo los Mismos los pasos que para la ANOVA de 1 vía:

1. Prueba de Normalidad
2. Homogeneidad de Varianzas
3. ANOVA ( Stat > ANOVA > Two-Way )

Ver Conjunto de datos en Anexo de ejercicios y tablas ➡ **Ejercicio : 2Way con replica**

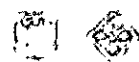


Black Belt

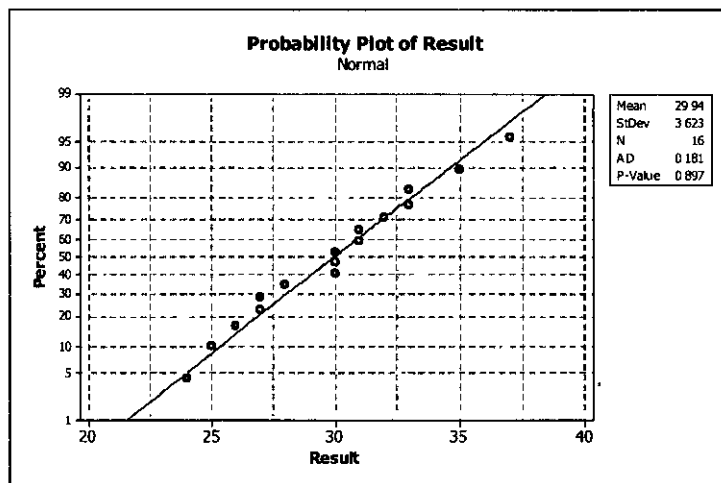
MÓDULO III

"ANALIZAR"

**ANOVA DE DOS VIAS CONT.**



P Value = 0.897 Los datos son normales

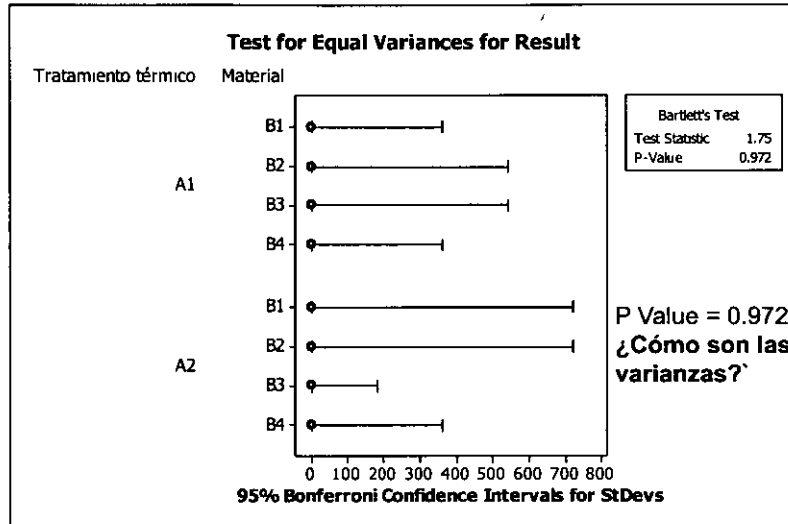


Black Belt



**ANOVA DE DOS VIAS CONT.**

Respuesta: Result Factores: Tratamiento térmico y Material



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

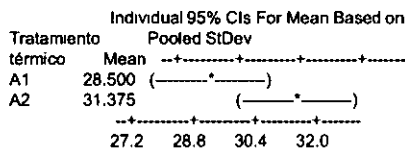
**ANÁLISIS TWO WAY ANOVA**

Two-way ANOVA: Result versus Tratamiento térmico, Material

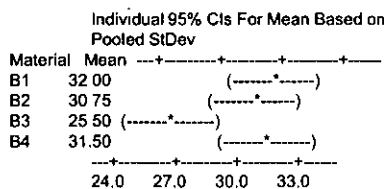
Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamiento térm	1	33.063	33.0625	8.40	0.020
Material	3	108.188	36.0625	9.14	0.006
Interacción	3	24.188	8.0625	2.05	0.186
Error	8	31.500	3.9375		
Total	15	196.938			

Dado que  $P < 0.05$  se deduce que los factores tratamiento térmico y material son significantes en el resultado y su interacción no

S = 1.984 R-Sq = 84.01% R-Sq(adj) = 70.01%

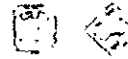


Observe que la columna de Interacción aparece en la salida de sesión de Minitab



Black Belt

**ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE MUESTRA**



X1	X2	Y
Tratamiento térmico	Material	Result
A1	B1	28
A2	B1	37
A1	B2	30
A2	B2	35
A1	B3	24
A2	B3	25
A1	B4	32
A2	B4	33
A1	B1	30
A2	B1	33
A1	B2	27
A2	B2	31
A1	B3	27
A2	B3	26
A1	B4	30
A2	B4	31

La evaluación estadística del impacto de la interacción fue posible gracias al tamaño de muestra

Veamos que sucede si tenemos mismos factores, mismos niveles, pero un tamaño de muestra menor

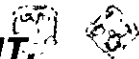


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE MUESTRA CONT.**



Consideremos ahora los siguientes datos:

Tratamiento térmico	Material	Result
A1	B1	28
A2	B1	37
A1	B2	30
A2	B2	35
A1	B3	24
A2	B3	25
A1	B4	32
A2	B4	33

Ver Conjunto de datos en Anexo de ejercicios y tablas ⇒ **Ejercicio : 2Way sin replica**

Procedamos a realizar el análisis de ANOVA de Dos vías

**Stat > ANOVA > Two-Way**

Y analicemos la salida de sesión de Minitab



Black Belt

**ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE MUESTRA CONT.**

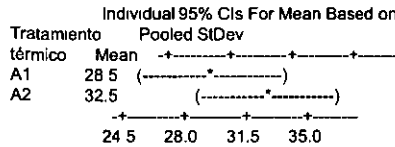
Two-way ANOVA: Result versus Tratamiento térmico, Material

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamiento térm	1	32	32.0000	4.36	0.128
Material	3	96	32.0000	4.36	0.129
Error	3	22	7.3333		
Total	7	150			

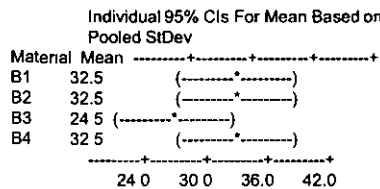


Dado que  $P > 0.05$  se deduce que los factores **NO** son significantes

S = 2.708 R-Sq = 85.33% R-Sq(adj) = 65.78%



Observe que la columna de Interacción **NO** aparece en la salida de sesión de Minitab



ack Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**COMPARATIVO DE ANALISIS CON REPLICA VS. SIN REPLICA**

Two-way ANOVA: Data versus A B  
Analysis of Variance for Data

Source	DF	SS	MS	F	P
A	1	33.06	33.06	8.40	0.020
B	3	108.19	36.06	9.16	0.006
Interaction	3	24.19	8.06	2.05	0.186
Error	8	11.50	1.44		
Total	15	196.94			

<0.05

A y B son Significantes



Porque hay diferencia?

Two-way ANOVA: Data versus A B  
Analysis of Variance for Data

Source	DF	SS	MS	F	P
A	1	32.00	32.00	4.36	0.128
B	3	96.00	32.00	4.36	0.129
Error	3	22.00	7.33		
Total	7	150.00			

>0.05

A y B son insignificantes

Tamaño de muestra grande (con repeticiones)

Tamaño de muestra pequeño (Sin Repeticiones)

La diferencia radica en el tamaño de muestra que causa diferencia en la precisión estadística

De 20 a 30 repeticiones son recomendadas para hacer un juicio correcto

Si los efectos son juzgados insignificantes basados en el valor de P-value considerar entonces la siguiente regla:

Si el valor de F (ratio de la variación y variación del error de cada factor) es mayor que 2:0 entonces es síntoma de que se requerirá mayor tamaño de muestra

Black Belt

**CUÁLES SERIAN LOS VALORES DE F PARA LAS SIG. TABLAS:**

Tabla I		
1.0	1.5	2.0
31.5	31.5	31.5
31.5	31.5	31.5
31.5	31.5	31.5
31.5	31.5	31.5
31.5	31.5	31.5

Tabla II		
1.0	1.5	2.0
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6
11.5	21.1	40.6

Tabla III		
1.0	1.5	2.0
31.5	42.5	42.7
10.5	21.4	31.7
10.1	10.8	10.2
42.9	31.3	10.4
21.0	10.5	21.5

Tabla IV		
1.0	1.5	2.0
11.5	22.2	41.4
12.6	20.3	40.3
11.9	23.4	42.3
13.4	22.3	43.4
13.3	21.5	41.4



Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**ANOVA DE MULTIPLES FACTORES**

Situación: Un equipo de Six Sigma tiene como meta mejorar el tiempo que requiere "El ciclo de entrada de pedido" reduciendo su promedio actual de 10.8 minutos hasta uno menor a 9.0. Esta magnitud de reducción de tiempo del ciclo mejorara la productividad global de la empresa y reducirá en gran medida los costos telefónicos. Se propusieron como las "X" potenciales que podían afectar el tiempo del ciclo de toma de pedido:

- La experiencia del empleado
- El turno
- La ubicación del centro receptor de llamadas ("Región")

La siguiente tabla representa los datos del tiempo de ciclo de las tres regiones receptoras de llamadas de la empresa

FACTOR	NIVELES	1	2	3
REGION	3	ESTE	CENTRO	OESTE
TURNO	3	MAÑANA	TARDE	NOCHE
EXPERIENCIA	2	SIN	CON	



Black Belt

## ANOVA DE MULTIPLES FACTORES CONT.

Nota: Hay 5 observaciones por combinación de factor o celda, para un total de 90 observaciones ( $3 \times 3 \times 2 \times 5 = 90$ ) quedando la tabla de la siguiente manera:

Tiempo de ciclo	No	Region	Turno	Experiencia	Tiempo
	1	1	1	1	14.8
	2	1	1	1	15.3
	3	1	1	1	16.2
	4	1	1	1	17.5
	5	1	1	1	13.6
	6	1	2	1	15.1
	7	1	2	1	14.1
	8	1	2	1	9.9
	9	1	2	1	13.4
	10	1	2	1	15.1
	11	1	2	1	13.9
	12	1	2	1	15.1
	13	1	2	1	14.6
	14	1	2	1	14.9
	15	1	2	1	15
	16	1	2	2	14.2
	17	1	2	2	11.9
	18	1	2	2	14.2
	19	1	2	2	13.9
	20	1	2	2	16.2
	21	1	3	1	13.7
	22	1	3	1	12.8
	23	1	3	1	14.6
	24	1	3	1	13.4
	25	1	3	1	14.7
	26	1	3	2	15.5
	27	1	3	2	14
	28	1	3	2	13.8
	29	1	3	2	15.7

Para Ver el Conjunto total de datos remitirse al Anexo de ejercicios y tablas ⇒ **Ejercicio : "Tiempo de ciclo"**

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## PRIMERO GRAFICAR LOS DATOS

Generar las tres graficas:

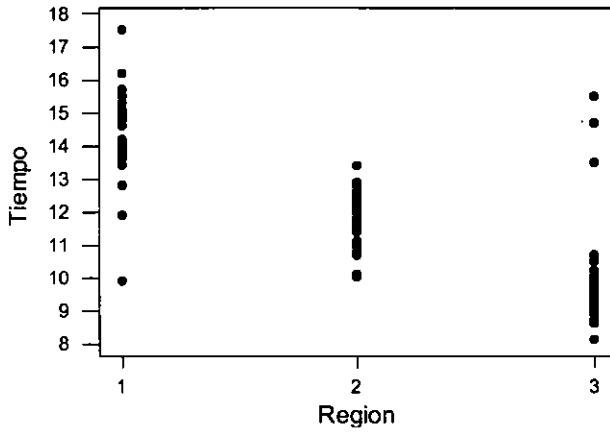
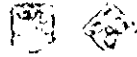
- Tiempo contra región
- Tiempo contra turno
- Tiempo contra experiencia

*Graph>Scatter plot Simple*

Presiona OK

Black Belt

**PRIMERO GRAFICAR LOS DATOS CONT.**



Parece que en la región ESTE (Nivel 1) tiene un tiempo de ciclo de tomar pedidos más alto que las demás operaciones

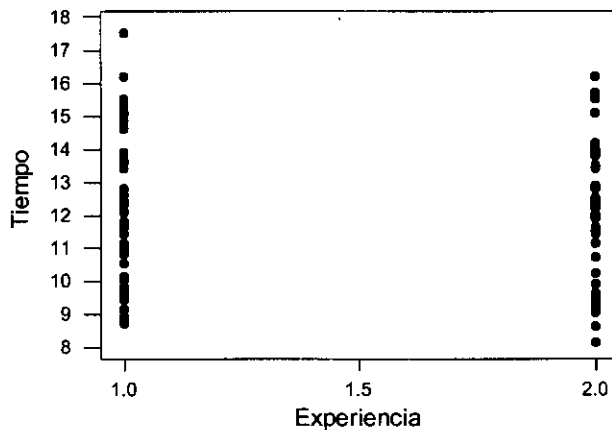
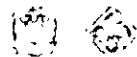


Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**PRIMERO GRAFICAR LOS DATOS CONT.**

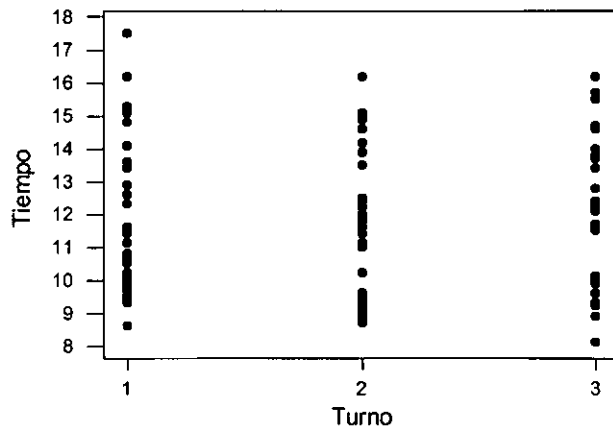


Los empleados con más experiencia parece tener tiempos de ciclo más cortos que los recién entrenados



Black Belt

**PRIMERO GRAFICAR LOS DATOS CONT.**



Mientras que existe una gran variabilidad, esta parece crecer más para aquellos que trabajaron en el primer turno

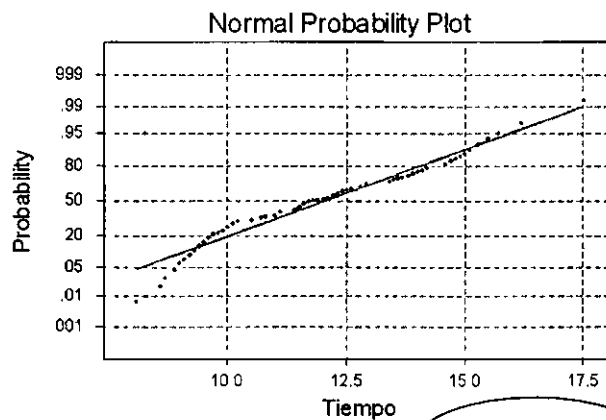
Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**VERIFICAR LA NORMALIDAD**

Verificar la normalidad de los ciclos de tiempo



**NO SON NORMALES  
P<0.05**

Anderson-Darling Normality Test  
A-Squared 1.112  
P-Value 0.006

Average 12.0556  
StDev 2.27542  
N 90

Black Belt

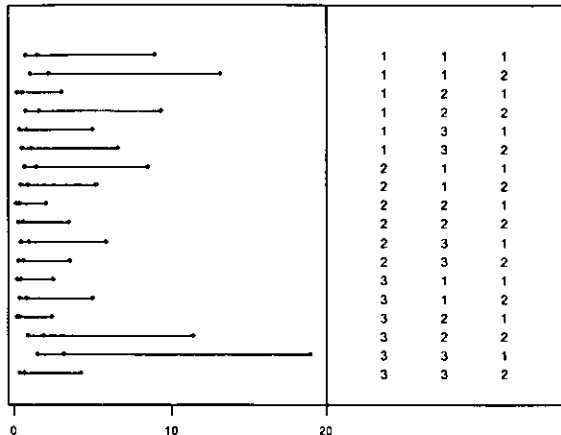
## VERIFICAR LA HOMOGENEIDAD

Stat>Anova>Test for Equal Variances

Respuesta: Tiempo Factores: Región, Experiencia, Turno

95% Confidence Intervals for Sigmas

Factor Levels



Bartlett's Test

Test Statistic: 49.273

P-Value: 0.000

Ya que los datos son No-normales, usar la prueba de LEVENE.

Un valor de p de 0.192, no hay evidencia de decir que las varianzas son diferentes

Levene's Test

Test Statistic: 1.343

P-Value: 0.192

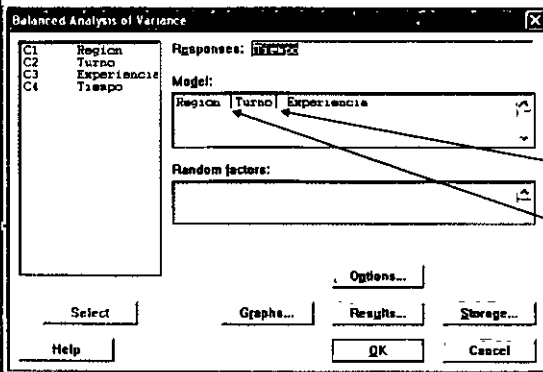
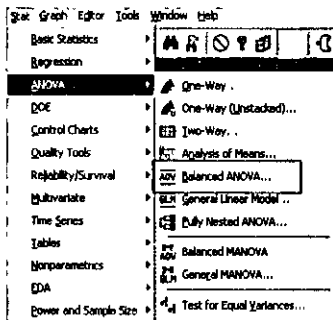
Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## EFFECTUAR EL ANÁLISIS

Stat>ANOVA>Balanced ANOVA



Para dar a conocer al Minitab que deseas incluir cada interacción de los factores de ANOVA, debes insertar "Barras" entre los factores

Black Belt



**EFECTUAR EL ANALISIS CONT.**

Ho: El factor no afecta a la respuesta (Sin diferencia)  
 Ha: El factor afecta significativamente la respuesta (Diferencia)

ANOVA: Tiempo versus Region, Turno, Experiencia

Factor	Type	Levels	Values
Region	fixed	3	1 2 3
Turno	fixed	3	1 2 3
Experlen	fixed	2	1 2

Analysis of Variance for Tiempo

Source	DF	SS	MS	F	P
Region	2	302.504	151.252	90.76	0.000
Turno	2	1.676	0.838	0.50	0.607
Experlen	1	1.067	1.067	0.64	0.426
Region*Turno	4	2.162	0.540	0.32	0.861
Region*Experlen	2	3.698	1.849	1.11	0.335
Turno*Experlen	2	4.328	2.164	1.30	0.279
Region*Turno*Exp	4	25.383	6.346	3.81	0.007
Error	72	119.984	1.666		
Total	89	460.802			

Los factores representativos tienen valores  $p < 0.05$

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**¿QUÉ NOS DICE EL ANÁLISIS ANOVA?**

- La X potencial es la **Región**
- La interacción de tres vías entre los factores región, experiencia y turno es estadísticamente significativa  
 ¿Podría haber una diferencia en los programas de capacitación o en las políticas de contratación en algunas regiones?
- De la columna "SS" (suma de cuadrados)
- El **ERROR** en el modelo representa 119.984 de la variación total 460.802 (**26%**)
- El **ERROR** es la variación que no se puede explicar por los factores utilizados en el modelo
- Conclusión:** Podría haber más "X" influyendo en este proceso

Black Belt

## ¿QUÉ PASA SI NO TIENES TODOS LOS DATOS?

- El General Linear Model (GLM) es la herramienta que debes utilizar.
- El GLM puede manejar datos "NO BALANCEADOS" ⇒ conjunto de datos con observaciones desiguales por subgrupo. Los subgrupos desiguales pueden ocurrir por elección (Un experimento diseñado) o por accidente (Puntos de datos faltantes). Esto puede ocurrir a veces cuando usas ANOVA para analizar datos históricos o de línea base.

•Los datos deben de ser de "Rango completo" (Con suficiente información para estimar todos los términos en el modelo). Pero no debes de preocuparte por esto ¡ Minitab te dirá si tus datos no son de rango completo ! (Si tus datos no son de rango completo, entonces necesitarás más puntos de datos)

•Veamos un ejemplo

¿Por que los datos no están balanceados?  
Por que hay números desiguales de observaciones por celda

	TEMP=10	TEMP=16
OXIGENO=2	n =3	n =3
OXIGENO=6	n =3	n =2
OXIGENO=10	n =1	n =3

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

## EJEMPLO GENERAL LINEAR MODEL (GLM)

Aquí esta el conjunto de datos, observar los faltantes:

- ROT es una variable de respuesta continua que está en función del oxígeno y temperatura
- Temperatura esta representada por dos niveles : 10 y 16
- Oxígeno tiene 3 niveles: 2, 6 y 10

Temperatura	Oxígeno	Rot
10	2	13
10	2	11
10	2	3
10	6	10
10	6	4
10	6	7
10	10	7
10	10	
10	10	
16	2	26
16	2	19
16	2	24
16	6	15
16	6	
16	6	22
16	10	20
16	10	24
16	10	8

Observe los datos de respuesta faltantes

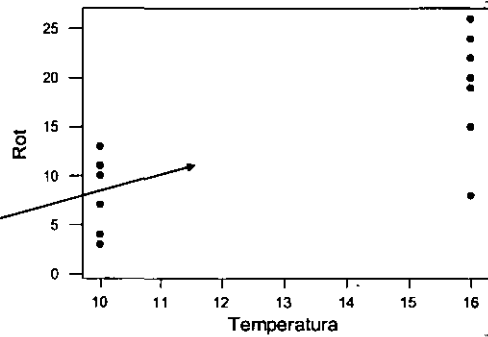
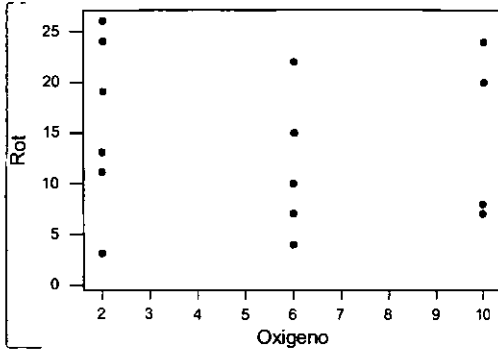
Ver conjunto de datos en Anexo de ejercicios y tablas ⇒  
Ejercicio : "Rot"

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

**LAS GRÁFICAS**



Se puede observar una relación entre ROT y TEMP

Black Belt

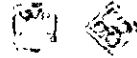
**EL ANÁLISIS GLM...**

Stat > ANOVA > General Linear Model

No se te olvide agregar barras, para asumir interacciones

Black Belt

### VENTANA DE SESIÓN



General Linear Model: Rot versus Temperatura, Oxigeno

Factor	Type	Levels	Values
Temperat	fixed	2	10 16
Oxigeno	fixed	3	2 6 10

Analysis of Varlance for Rot, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperat	1	528.04	453.19	453.19	15.50	0.003
Oxigeno	2	51.19	41.57	20.78	0.71	0.517
Temperat*Oxigeno	2	8.00	8.00	4.00	0.14	0.874
Error	9	263.17	263.17	29.24		
Total	14	850.40				

Unusual Observations for Rot

Obs	Rot	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	7.0000	7.0000	5.4075	0.0000	* X
18	8.0000	17.3333	3.1220	-9.3333	-2.11R

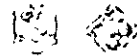
R denotes an observation with a large standardized residual.  
X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Black Belt

MÓDULO III

"ANALIZAR"

### INTERPRETACIÓN



Observa los valores p para los factores significativos  
 -Temperatura es significativa.  $p < 0.05$   
 -No significativos: Oxigeno y la interacción  
 -El termino de error es grande respecto al total de SS.  
 Posiblemente debes de buscar mas "X"

Notas: La observación 7 esta señalada porque tiene un valor indefinido para el residual estándar (error). Esto se debe a que hay un valor para Temperatura= 10 y Oxigeno =10, así que el valor ajustado es igual al valor observado

La observación 18 esta señalada por que tiene un residual de error muy grande

Black Belt

**¡PRECAUCIÓN!**

CONOZCA LAS LIMITACIONES DEL MODELO ANOVA

En estos ejemplos hemos usado ANOVA para seleccionar mediante eliminación las potenciales pocas "X" vitales, basándonos en los datos históricos o de línea base fijados (Datos pasivos)

Esto no prueba que estas "X" son vitales

Se utiliza DOE (Diseño de Experimentos) para probar que las "X" verdaderamente son vitales .



Black Belt

**MÓDULO III**

**"ANALIZAR"**