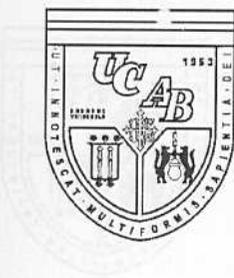


TESIS
IID 2006
C35
V. 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“EVALUACIÓN Y PAUTAS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL CONTROL
ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN UNA PLANTA MANUFACTURERA DE
CIGARRILLOS EN VENEZUELA”**

TOMO DE ANEXOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR

CAPÓN COLAZZA, KEVIN

ROJAS MOLINA, CARLOS V.

PROFESOR GUIA

PÉREZ, CÉSAR

FECHA

CARACAS, OCTUBRE 2006.

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Anexo N°1: Pruebas Chi-cuadrado de bondad de ajuste.....	1
2. Anexo N°2: Cálculo de la Capacidad de Proceso en el área de Secundaria.....	11
3. Anexo N°3: Gráficos de Control Para la Variable Peso de los cigarrillos, Módulo 215. Semana 9 del año 2006.....	16
4. Anexo N°4: Tiempo Promedio de Ajuste de la Duración del Impulso del Láser perforador de filtros (Variable Ventilación).....	17
5. Anexo N°5: Modelo de Encuesta Personal Operativo.....	18
6. Anexo N°6: Modelo de Encuesta Personal Administrativo.....	19
7. Anexo N°7: Resultados de las Encuestas de diagnóstico del Capital Humano en Conocimientos de Control Estadístico de Procesos.....	20
8. Anexo N°8: Diseño del Curso de Control Estadístico de Procesos para el Personal Operativo de Primaria.....	44
9. Anexo N°9: Diseño del Curso de Control Estadístico de Procesos para el Personal Operativo de Secundaria.....	45
10. Anexo N°10: Diseño del Curso de Control Estadístico de Procesos para el Personal Administrativo.....	46
11. Anexo N°11: Manual de Control Estadístico de Procesos.....	47
12. Anexo N°12: Tríptico del Curso de Control Estadístico de Procesos para el Personal Operativo de Primaria.....	48
13. Anexo N°13: Tríptico del Curso de Control Estadístico de Procesos para el Personal Operativo de Secundaria.....	49
14. Anexo N°14: Vista Propuesta para llevar a cabo el Precontrol en el área de Primaria.....	50
15. Anexo N°15: Validación de Propuestas. Prueba Piloto.....	51
16. Anexo N°16: Prueba de Levene (med) para la homogeneidad de las varianzas.....	63
17. Anexo N°17: Análisis de Varianza. Modelo de Efectos Fijos Unifactorial (ANOVA).....	68
18. Anexo N°18: Cálculos de la Prueba Piloto.....	71

19. Anexo N°19: Prueba de Sumas de Rangos Wilcoxon para dos muestras independientes para la Capacidad de Proceso. Fase de Observación vs. Fase Curso CEP.....	81
---	----

Anexos Teóricos

20. Anexo N°20: Anexo Teórico. Tabla de Constantes para Gráficos de Control.....	83
21. Anexo N°21: Reglas del Control Estadístico de Procesos.....	84
22. Anexo N°22: Anexo Teórico. Prueba de Bondad de Ajuste Chi-Cuadrado.....	90
23. Anexo N°23: Anexo Teórico. Prueba de Levene.....	93
24. Anexo N°24: Anexo Teórico. Análisis de Varianza (ANOVA).....	94
25. Anexo N°25: Anexo Teórico. Prueba Bilateral para la Media con Varianza Desconocida.....	98
26. Anexo N°26: Anexo Teórico. Prueba Unilateral Derecha para la Varianza de una Distribución Normal.....	99
27. Anexo N°27: Anexo Teórico. Metodología Precontrol.....	101
28. Anexo N°28: Anexo Teórico. Prueba de Sumas de Rangos de Wilcoxon para dos muestras independientes.....	104

Anexo N°1: Pruebas Chi-cuadrado de bondad de ajuste.**Área de Primaria**

La Prueba Chi-cuadrado de Bondad de Ajuste se aplicó para la variable de primaria humedad de la hebra, tomando un tamaño de muestra igual a 150. La toma de muestras se determinó a través de un plan de muestreo, que se estructuró para 3 muestras por liga en el mes de marzo de 2006 de observación. En el mes de marzo se fabricaron en total 50 ligas para la hebra H165, correspondiente a la marca Cónsul, dando así un tamaño de muestra total igual a 150 datos. A continuación se muestran las pruebas de bondad de ajuste Chi-cuadrado:

Valores Observados de Humedad de la Hebra H165					
13,4325	14,2138	14,3382	14,4473	14,5782	14,7357
13,5835	14,2138	14,3396	14,4497	14,5837	14,7453
13,6642	14,2247	14,3419	14,4506	14,5964	14,7568
13,9777	14,2252	14,3499	14,4507	14,5980	14,7579
13,9800	14,2371	14,3502	14,4571	14,5980	14,7648
13,9933	14,2432	14,3511	14,4615	14,6018	14,7719
14,0032	14,2460	14,3577	14,4666	14,6070	14,7971
14,0070	14,2543	14,3585	14,4678	14,6126	14,8010
14,0268	14,2557	14,3623	14,4695	14,6164	14,8099
14,0342	14,2573	14,3624	14,4737	14,6184	14,8204
14,0523	14,2644	14,3806	14,4813	14,6333	14,8212
14,0548	14,2651	14,3974	14,4814	14,6406	14,8630
14,1122	14,2755	14,4023	14,4853	14,6535	14,8801
14,1196	14,2785	14,4059	14,4889	14,6667	14,8861
14,1271	14,2830	14,4080	14,4998	14,6709	14,9406
14,1326	14,2886	14,4201	14,5134	14,6776	14,9443
14,1400	14,3000	14,4231	14,5292	14,6813	14,9492
14,1569	14,3094	14,4245	14,5353	14,6906	14,9533
14,1610	14,3123	14,4248	14,5370	14,6964	14,9536
14,1612	14,3142	14,4252	14,5437	14,6985	15,0669
14,1665	14,3183	14,4406	14,5457	14,7053	15,0813
14,1722	14,3212	14,4435	14,5593	14,7196	15,2026
14,1754	14,3229	14,4439	14,5624	14,7232	15,3261
14,2042	14,3232	14,4464	14,5690	14,7265	15,3390
14,2123	14,3359	14,4470	14,5715	14,7326	15,3919

Valores observados de Humedad de la Hebra H165 ordenados de menor a mayor para el mes de Marzo de 2006.

Anexos

Intervalo de clase	Δ	Li^*	f_i	Fi	$(Li^*)(f_i)$	$Li^{*2}(f_i)$
13,4325 - 13,6775	0,2449	13,5550	3	3	40,66497245	551,213328
13,6775 - 13,9224	0,2449	13,7999	0	3	0	0
13,9224 - 14,1673	0,2449	14,0448	18	21	252,8068986	3550,629332
14,1673 - 14,4122	0,2449	14,2897	44	65	628,7488302	8984,661171
14,4122 - 14,6571	0,2449	14,5347	48	113	697,6639	10140,31078
14,6571 - 14,9020	0,2449	14,7796	26	139	384,2691587	5679,337935
14,9020 - 15,1470	0,2449	15,0245	7	146	105,1715103	1580,149511
15,1470 - 15,3919	0,2449	15,2694	4	150	61,07767964	932,6207376
			150		2170,40295	31418,92279

Tabla de Distribución de Frecuencias para los valores observados de la Humedad de la Hebra H165.

Donde:

Δ = Amplitud del intervalo de clase i .

Li^* = Marca de clase del intervalo i .

f_i = frecuencia del intervalo i .

F_i = Frecuencia acumulada.

$\bar{X} = 14,4693$

$S^2 = 0,09730$

Intervalos de clase	Valores de Z		Intervalos de clase Normal estándar (Z)	Probabilidad (p_i)	Frecuencia esperada (e_i)
$X \leq 13,6775$	-2,5386		$Z \leq -2,5386$	0,005564	0,834713
$13,6775 \leq X \leq 13,9224$	-2,5386	-1,7535	$-2,5386 \leq Z \leq -1,7535$	0,034195	5,129387
$13,9224 \leq X \leq 14,1673$	-1,7535	-0,9683	$-1,7535 \leq Z \leq -0,9683$	0,126678	19,00170
$14,1673 \leq X \leq 14,4122$	-0,9683	-0,1832	$-0,9683 \leq Z \leq -0,1832$	0,260882	39,13236
$14,4122 \leq X \leq 14,6571$	-0,1832	0,6019	$-0,1832 \leq Z \leq 0,6019$	0,299070	44,86064
$14,6571 \leq X \leq 14,9020$	0,6019	1,3871	$0,6019 \leq Z \leq 1,3871$	0,190898	28,63472
$14,9020 \leq X \leq 15,1470$	1,3871	2,1722	$1,3871 \leq Z \leq 2,1722$	0,067789	10,16846
$X \geq 15,1470$	2,1722		$Z \geq 2,1722$	0,014919	2,237991
				1,000000	150

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase de la Humedad de la Hebra H165.

Intervalo de clase	fi	Frecuencia esperada (ei)	(fi-ei)^2/ei
13,4325 - 13,9224	3	5,96410054	1,473129427
13,9224 - 14,1673	18	19,00170907	0,052806884
14,1673 - 14,4122	44	39,13236822	0,605479306
14,4122 - 14,6571	48	44,86064213	0,219692973
14,6571 - 14,9020	26	28,63472626	0,242425313
14,9020 - 15,3919	11	12,40645378	0,159442196
		150	2,7529761

Estadístico de Prueba

Tabla colapsada para la frecuencia esperada de la Humedad de la Hebra H165.

Luego, como el Estadístico de la prueba es menor que el Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el peso de los cigarrillos se comporta como una variable normal de media $\mu = \bar{X} = 14,4693 \%$ y $\sigma^2 = S^2 = 0,09730 \%$.

Área de Secundaria (SMD)

Las pruebas de bondad de ajuste Chi-cuadrado se aplicaron para las variables de estudio, con la finalidad de probar si las mismas presentan un comportamiento normal. Es importante destacar que la data tomada para esta prueba corresponde a datos individuales para cada una de las variables con un tamaño de muestra igual a 120 datos por variable. La toma de muestras se determinó a través de un plan de muestreo, que se estructuró para un mes (marzo de 2006) de observación, del cual se tomaron dos muestras por turno de trabajo por día, obteniéndose un tamaño de muestra de 30 datos por semana y un tamaño de muestra total igual a 120 datos. A continuación se muestran las pruebas de bondad de ajuste Chi-cuadrado:

1. Peso de los cigarrillos:

Valores Observados del Peso de los cigarrillos							
0,82300	0,8470	0,8570	0,8650	0,8710	0,8830	0,8900	0,9010
0,82900	0,8490	0,8570	0,8660	0,8710	0,8830	0,8910	0,9010
0,83100	0,8500	0,8580	0,8660	0,8720	0,8840	0,8910	0,9030
0,83200	0,8510	0,8600	0,8660	0,8720	0,8840	0,8930	0,9040
0,83200	0,8520	0,8600	0,8660	0,8720	0,8840	0,8930	0,9050
0,83200	0,8530	0,8600	0,8660	0,8740	0,8840	0,8930	0,9080
0,83400	0,8540	0,8600	0,8660	0,8740	0,8850	0,8930	0,9100
0,83700	0,8540	0,8600	0,8690	0,8740	0,8860	0,8940	0,9100
0,83900	0,8550	0,8600	0,8690	0,8750	0,8860	0,8940	0,9130
0,83900	0,8550	0,8600	0,8690	0,8770	0,8880	0,8940	0,9140
0,83900	0,8550	0,8610	0,8700	0,8790	0,8880	0,8950	0,9170
0,84000	0,8550	0,8630	0,8710	0,8800	0,8880	0,8970	0,9210
0,84300	0,8550	0,8640	0,8710	0,8820	0,8890	0,8970	0,9210
0,84300	0,8560	0,8640	0,8710	0,8830	0,8890	0,8970	0,9390
0,8460	0,8560	0,8640	0,8710	0,8830	0,8890	0,8990	0,9400

Tabla de Valores observados del Peso de los cigarrillos ordenados de menor a mayor para el mes de Marzo de 2006.

Tabla de frecuencias

Intervalo de clase	Δ	Li^*	f_i	Fi	$(Li^*)(f_i)$	$(Li^*)^2(f_i)$
0,8230 – 0,8464	0,0234	0,8347	15	15	12,5205	10,4509
0,8464 – 0,8698	0,0234	0,8581	40	55	34,3240	29,4534
0,8698 – 0,8932	0,0234	0,8815	42	97	37,0230	32,6358
0,8932 – 0,9166	0,0234	0,9049	17	114	15,3833	13,9203
0,9166 – 0,9400	0,0234	0,9283	6	120	5,5698	5,1704
			120		104,8206	91,6309

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase del Peso de los cigarrillos.

$$\bar{X} = 0,87351 \text{ gramos}$$

$$S^2 = 0,024072 \text{ gramos}^2$$

Intervalos de clase	Valores de Z		Intervalos de clase Normal estándar (Z)	Probabilidad (p _i)	Frecuencia esperada (e _i)
X ≤ 0,8464	-1,1260		Z ≤ -1,1260	0,130083760	15,6101
0,8464 ≤ X ≤ 0,8698	-1,1260	-0,1539	-1,1260 ≤ Z ≤ -0,1539	0,308755397	37,0506
0,8698 ≤ X ≤ 0,8932	-0,1539	0,8182	-0,1529 ≤ Z ≤ 0,8182	0,354530559	42,5437
0,8932 ≤ X ≤ 0,9166	0,8182	1,7903	0,8182 ≤ Z ≤ 1,7903	0,16992353	20,3908
X ≥ 0,9166	1,7903		Z ≥ 1,7903	0,036706747	4,4048
				1,000000000	120

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase del Peso de los cigarrillos.

Intervalo de clase	f _i	Frecuencia esperada (e _i)	(f _i -e _i) ² /e _i
0,8230 - 0,8464	15	15,6101	0,0238
0,8464 - 0,8698	40	37,0506	0,2348
0,8698 - 0,8932	42	42,5437	0,0069
0,8932 - 0,9400	23	20,3908	0,1300
	120	120	0,3956

Estadístico de Prueba

Tabla de Tabla colapsada para la frecuencia esperada del Peso de los cigarrillos.

Luego, como el Estadístico de la prueba es menor que el Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el peso de los cigarrillos se comporta como una variable normal de media $\mu = \bar{X} = 0,87351$ gramos y $\sigma^2 = S^2 = 0,000579$ gramos².

2. Circunferencia de los cigarrillos:

Valores Observados de la Circunferencia de cigarrillos							
24,470	24,560	24,580	24,590	24,610	24,620	24,650	24,670
24,510	24,560	24,580	24,590	24,610	24,620	24,650	24,670
24,520	24,560	24,580	24,590	24,610	24,620	24,650	24,670
24,520	24,560	24,580	24,590	24,620	24,630	24,650	24,670
24,520	24,560	24,580	24,590	24,620	24,630	24,650	24,670
24,530	24,560	24,580	24,590	24,620	24,630	24,650	24,680
24,530	24,570	24,580	24,600	24,620	24,630	24,650	24,680

Tabla de Valores observados de la Circunferencia de los cigarrillos ordenados de menor a mayor para el mes de Marzo de 2006. (Continúa)

Anexos

24,530	24,570	24,580	24,600	24,620	24,630	24,660	24,680
24,540	24,570	24,580	24,600	24,620	24,630	24,660	24,690
24,540	24,570	24,590	24,600	24,620	24,630	24,660	24,690
24,550	24,580	24,590	24,600	24,620	24,640	24,660	24,690
24,550	24,580	24,590	24,600	24,620	24,640	24,660	24,700
24,550	24,580	24,590	24,600	24,620	24,640	24,660	24,710
24,560	24,580	24,590	24,610	24,620	24,640	24,660	24,730
24,560	24,580	24,590	24,610	24,620	24,640	24,670	24,760

Tabla de Valores observados de la Circunferencia de los cigarrillos ordenados de menor a mayor para el mes de Marzo de 2006. (Continuación)

Tabla de frecuencias:

Intervalo de clase	Δ	Li^*	f_i	Fi	$(Li^*)(f_i)$	$(Li^*)^2(f_i)$
24,4700 - 24,5114	0,0414	24,4907	2	2	48,9814	1.199,5902
24,5114 - 24,5529	0,0414	24,5321	11	13	269,8536	6.620,0864
24,5529 - 24,5943	0,0414	24,5736	38	51	933,7957	22.946,6957
24,5943 - 24,6357	0,0414	24,6150	34	85	836,9100	20.600,5397
24,6357 - 24,6771	0,0414	24,6564	25	110	616,4107	15.198,4867
24,6771 - 24,7186	0,0414	24,6979	8	118	197,5829	4.879,8732
24,7186 - 24,7600	0,0414	24,7393	2	120	49,4786	1.224,0645
			120		2.953,0129	72.669,3363

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase de la Circunferencia de los cigarrillos.

$$\bar{X} = 24,6084 \text{ milímetros}$$

$$S^2 = 0,00495978 \text{ milímetros}^2$$

Intervalos de clase	Valores de Z		Intervalos de clase Normal estándar (Z)	Probabilidad (p_i)	Frecuencia esperada (e_i)
$X \leq 24,4700$	-1,9560		$Z \leq -1,9560$	0,02523439	3,0281275
$24,4700 \leq X \leq 24,5114$	$\frac{-}{1,9560}$	-1,1207	$-1,9560 \leq Z \leq -1,1207$	0,10597769	12,717323
$24,5114 \leq X \leq 24,5529$	$\frac{-}{1,1207}$	-0,2854	$-1,1207 \leq Z \leq -0,2854$	0,25646040	30,775247
$24,5529 \leq X \leq 24,5943$	$\frac{-}{0,2854}$	0,5499	$-0,2854 \leq Z \leq 0,5499$	0,32113311	38,535973
$24,5943 \leq X \leq 24,6771$	0,5499	1,3852	$0,5499 \leq Z \leq 1,3852$	0,20819691	24,983629
$24,6771 \leq X \leq 24,7186$	1,3852	2,2205	$1,3852 \leq Z \leq 2,2205$	0,06980429	8,3765148
$X \geq 24,7186$	2,2205		$Z \geq 2,2205$	0,01319318	1,5831826
				1,00000000	120

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase de la Circunferencia de los cigarrillos.

Intervalo de clase	fi	Frecuencia esperada (ei)	(fi-ei)^2/ei
24,4700 - 24,5529	13	15,7454	0,4787
24,5529 - 24,5943	38	30,7752	1,6960
24,5943 - 24,6357	34	38,5359	0,5339
24,6357 - 24,6771	25	24,9836	1,07E-05
24,6771 - 24,7600	10	9,9596	0,00016
	120	120	2,7088

Estadístico de Prueba

Tabla colapsada para la frecuencia esperada de la Circunferencia de los cigarrillos.

Luego, como el Estadístico de la prueba es menor que el Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el peso de los cigarrillos se comporta como una variable normal de media $\mu = \bar{X} = 24,6084$ milímetros y $\sigma^2 = S^2 = 0,0024599$ milímetros².

3. Ventilación de los cigarrillos:

Valores Observados de la Ventilación de Cigarrillos							
29,20	31,20	32,30	32,80	33,50	34,10	34,70	36,50
29,60	31,30	32,30	32,80	33,50	34,20	34,90	36,50
30,20	31,40	32,50	32,90	33,50	34,20	35,20	36,60
30,40	31,70	32,50	32,90	33,50	34,30	35,30	36,70
30,50	31,70	32,50	32,90	33,50	34,30	35,30	36,80
30,70	31,70	32,60	33,10	33,70	34,30	35,30	36,80
30,70	31,70	32,60	33,20	33,70	34,30	35,50	37,10
30,70	31,90	32,60	33,20	33,70	34,30	35,50	37,30
30,70	31,90	32,60	33,20	33,70	34,30	35,60	37,50
30,70	32,00	32,70	33,30	33,70	34,40	35,60	37,50
30,80	32,00	32,70	33,30	33,80	34,50	36,00	37,70
31,00	32,20	32,70	33,30	33,80	34,50	36,30	37,70
31,00	32,20	32,70	33,40	33,90	34,60	36,30	37,80
31,10	32,20	32,80	33,40	33,90	34,60	36,50	39,40
31,10	32,30	32,80	33,40	34,00	34,70	36,50	39,60

Tabla de Valores observados de la Ventilación de los cigarrillos ordenados de menor a mayor para el mes de Marzo de 2006.

Tabla de frecuencias:

Intervalo de clase	Δ	Li^*	f_i	Fi	$(Li^*)(f_i)$	$(Li^*)^2(f_i)$
29,2000 - 30,5000	1,3000	29,8500	5	5	149,2500	4.455,1125
30,5000 - 31,8000	1,3000	31,1500	17	22	529,5500	16.495,4825
31,8000 - 33,1000	1,3000	32,4500	29	51	941,0500	30.537,0725
33,1000 - 34,4000	1,3000	33,7500	34	85	1.147,5000	38.728,1250
33,4000 - 35,7000	1,3000	35,0500	15	100	525,7500	18.427,5375
35,7000 - 37,0000	1,3000	36,3500	11	111	399,8500	14.534,5475
37,0000 - 38,3000	1,3000	37,6500	7	118	263,5500	9.922,6575
38,3000 - 39,6000	1,3000	38,9500	2	120	77,9000	3.034,2050
			120		4.034,4000	136.134,7400

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase de la Ventilación de los cigarrillos.

$\bar{X} = 33,620\%$

$S^2 = 2,037588\%$

Intervalos de clase	Valores de Z		Intervalos de clase Normal estándar (Z)	Probabilidad (p _i)	Frecuencia esperada (e _i)
$X \leq 30,5000$	-1,5312		$Z \leq -1,4954$	0,0628572	7,5428739
$30,5000 \leq X \leq 31,8000$	-1,5312	-0,8932	$-1,4954 \leq Z \leq -0,9415$	0,1230143	14,761720
$31,8000 \leq X \leq 33,1000$	-0,8932	-0,2552	$-0,9415 \leq Z \leq -0,3877$	0,2134112	25,609354
$33,1000 \leq X \leq 34,4000$	-0,2552	0,3828	$-0,3877 \leq Z \leq -0,1662$	0,2497850	29,974210
$34,4000 \leq X \leq 35,7000$	0,3828	1,0208	$-0,1662 \leq Z \leq 0,7200$	0,1972608	23,671302
$35,7000 \leq X \leq 37,0000$	1,0208	1,6588	$0,7200 \leq Z \leq 1,2739$	0,1050954	12,61145
$35,7000 \leq X \leq 38,3000$	1,6588	2,2968	$1,2739 \leq Z \leq 1,8277$	0,0377615	4,5313808
$X \geq 38,3000$	2,2968		$Z \geq 1,8277$	0,0108141	1,2976985
				1,0000000	120

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase de la Ventilación de los cigarrillos.

Intervalo de clase	f_i	Frecuencia esperada (e _i)	$(f_i - e_i)^2 / e_i$
29,2000 - 30,5000	5	7,542873955	0,857260
30,5000 - 31,8000	17	14,76172078	0,339384
31,8000 - 33,1000	29	25,60935418	0,448917
33,1000 - 34,4000	34	29,97421072	0,540695
33,4000 - 35,7000	15	23,67130276	3,176483
35,7000 - 37,0000	11	12,6114582	0,205907
37,000 - 39,6000	9	5,829079399	1,724927
	120	120	7,293577

Estadístico de Prueba

Tabla colapsada para la frecuencia esperada de la Ventilación de los cigarrillos.

Luego, como el Estadístico de la prueba es menor que el Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el peso promedio de los cigarrillos se comporta como una variable normal de media $\mu = \bar{X} = 33,620\%$ y $\sigma^2 = S^2 = 4,151766$.

4. Caída de presión de los cigarrillos:

Valores Observados de la Caída de Presión de los Cigarrillos							
66,00	68,00	69,00	71,00	72,00	73,00	74,00	76,00
66,00	68,00	69,00	71,00	72,00	73,00	74,00	76,00
67,00	68,00	69,00	71,00	72,00	73,00	74,00	76,00
67,00	68,00	69,00	71,00	72,00	73,00	74,00	76,00
67,00	68,00	69,00	71,00	72,00	73,00	74,00	76,00
67,00	68,00	69,00	71,00	72,00	73,00	75,00	76,00
67,00	68,00	70,00	71,00	72,00	74,00	75,00	76,00
67,00	69,00	70,00	71,00	72,00	74,00	75,00	77,00
67,00	69,00	70,00	71,00	73,00	74,00	75,00	77,00
67,00	69,00	70,00	71,00	73,00	74,00	75,00	77,00
67,00	69,00	70,00	72,00	73,00	74,00	75,00	77,00
68,00	69,00	70,00	72,00	73,00	74,00	75,00	78,00
68,00	69,00	70,00	72,00	73,00	74,00	75,00	78,00
68,00	69,00	70,00	72,00	73,00	74,00	75,00	80,00
68,00	69,00	70,00	72,00	73,00	74,00	75,00	81,00

Tabla de Valores observados de la Caída de Presión de los cigarrillos ordenados de menor a mayor para el mes de Marzo de 2006.

Tabla de frecuencias:

Intervalo de clase	Δ	Li^*	f_i	Fi	$(Li^*)(f_i)$	$(Li^*)^2(f_i)$
66,0000 - 67,8750	1,8750	67,9375	11	11	747,3125	50.770,5429
67,8750 - 69,7500	1,8750	68,8125	25	36	1.720,3125	118.379,0039
69,7500 - 71,6250	1,8750	70,6875	19	55	1.343,0625	94.937,7304
71,6250 - 73,5000	1,8750	72,5625	26	81	1.886,6250	136.898,2266
73,5000 - 75,3750	1,8750	74,4375	24	105	1.786,5000	132.982,5938
75,3750 - 77,2500	1,8750	76,3125	11	116	839,4375	64.059,5742
77,2500 - 79,1250	1,8750	78,1875	2	118	156,3750	12.226,5703
79,1250 - 81,0000	1,8750	80,0625	2	120	160,1250	12.820,0078
			120		8.639,7500	623.074,2500

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase de la Caída de Presión de los cigarrillos.

$\bar{X} = 71,9979 \text{ mmWg}$

$S^2 = 8,585412 \text{ mmWg}^2$

Intervalos de clase	Valores de Z		Intervalos de clase Normal estándar (Z)	Probabilidad (p _i)	Frecuencia esperada (e _i)
$X \leq 67,8750$	-1,4071		$Z \leq -1,4071$	0,079699342	9,563921
$67,8750 \leq X \leq 69,7500$	-1,4071	-0,7672	$-1,4071 \leq Z \leq -0,7672$	0,141786672	17,014400
$69,7500 \leq X \leq 71,6250$	-0,7672	-0,1273	$-0,7672 \leq Z \leq 0,1273$	0,227876738	27,345208
$71,6250 \leq X \leq 73,5000$	-0,1273	0,5126	$0,1273 \leq Z \leq 0,5126$	0,246536060	29,584327
$73,5000 \leq X \leq 75,3750$	0,5126	1,1526	$0,5126 \leq Z \leq 1,1526$	0,179554396	21,546527
$75,3750 \leq X \leq 77,2500$	1,1526	1,7925	$1,1526 \leq Z \leq 1,7925$	0,088017651	10,56211
$77,2500 \leq X \leq 79,1250$	1,7925	2,4324	$1,7925 \leq Z \leq 2,4324$	0,029029142	3,483497
$X \geq 79,1250$ a Z	2,4324		$P(Z \geq 2,4324)$	0,007500000	0,8999999
				1,000000000	120

Tabla de Cálculos de Frecuencia Esperada para los intervalos de clase de la caída de Presión de los cigarrillos.

Intervalo de clase	f _i	Frecuencia esperada (e _i)	(f _i -e _i) ² /e _i
57,7999 - 62,3000	11	9,56392106	0,2156356
62,3000 - 64,5500	25	17,01440063	3,747989
64,5500 - 66,8000	19	27,34520858	2,5467900
66,8000 - 69,0500	26	29,58432718	0,4342637
69,0500 - 71,3000	24	21,54652749	0,2793734
71,3000 - 73,5500	11	10,5621181	0,0181536
73,5500 - 75,8000	4	4,383496968	0,0335508
		120	7,2757570

Estadístico de Prueba

Tabla de Tabla colapsada para la frecuencia esperada de la Caída de Presión de los cigarrillos.

Luego, como el Estadístico de la prueba es menor que el Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el peso promedio de los cigarrillos se comporta como una variable normal de media $\mu = \bar{X} = 71,9979 \text{ mmWg}$ y $\sigma^2 = S^2 = 8,585412 \text{ mmWg}^2$.

Anexo N°2: Cálculo de la Capacidad de Proceso en el área de Secundaria.

A continuación se presentan los cálculos para la media del proceso (\bar{X}), la desviación promedio del proceso (\bar{S}) y la estimación de la desviación estándar del proceso ($\hat{\sigma}$) por cada módulo de producción de Secundaria (SMD), para cada una de las variables de estudio. Además se determinaron los límites de control para los gráficos de la media y de la desviación estándar, y se muestran los resultados de la prueba de hipótesis de centramiento para un nivel de significación del 5%, en donde las hipótesis a contrastar son:

Ho: El proceso se encuentra centrado.

Ha: El proceso no está centrado.

Finalmente, se muestran los resultados de la capacidad de proceso para cada módulo de producción, por cada variable de estudio:

a) Variable N°1: Peso de los cigarrillos (En gramos):

Diseño	Módulo	Target	Tolerancia	L.E.S.	L.E.I	\bar{X}	\bar{S}	$\hat{\sigma}$
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,876	0,046	0,899	0,853	0,876	0,0220	0,0247
	202					0,878	0,0211	0,0250
	204					0,877	0,0199	0,0254
	207					0,879	0,0184	0,0217
	210					0,877	0,0205	0,0356
	215					0,878	0,0220	0,0292
	221					0,879	0,0213	0,0252

Tabla de Valores de Especificaciones y Estadísticos del Proceso de Secundaria.

Marzo 2006. Variable Peso de los cigarrillos.

Diseño	Módulo	L.C.S. MEDIA	L.C.I. MEDIA	L.C.S. D.S.	L.C.I. D.S.	P-Valor	Prueba de Hipótesis
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,9075	0,8447	0,0460	0	0,992	Se acepta Ho
	202	0,9081	0,8478	0,0442		0,872	Se acepta Ho
	204	0,9052	0,8485	0,0415		0,945	Se acepta Ho
	207	0,9056	0,8532	0,0384		0,744	Se acepta Ho
	210	0,9063	0,8478	0,0428		0,950	Se acepta Ho
	215	0,9089	0,8462	0,0459		0,910	Se acepta Ho
	221	0,9094	0,8485	0,0446		0,806	Se acepta Ho

Tabla de Valores de Límites de Control y resultados de los Contrastes de Hipótesis del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Peso de los cigarrillos.

Diseño	Módulo	C _p	Probabilidad de cumplir Especificaciones
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,312	0,650
	202	0,308	0,643
	204	0,303	0,636
	207	0,355	0,708
	210	0,217	0,484
	215	0,263	0,570
	221	0,306	0,638

Tabla de Valores de Capacidad de Proceso, Probabilidad de cumplir especificaciones y Límites Naturales del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Peso de los cigarrillos.

b) Variable N°2: Circunferencia de los cigarrillos (en milímetros):

Diseño	Módulo	TARGET	Intervalo de tolerancia	L.E.S.	L.E.I	\bar{X}	\bar{S}	$\hat{\sigma}$
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	24,6	0,132	24,666	24,534	24,611	0,0575	0,0817
	202					24,609	0,0466	0,0730
	204					24,608	0,0643	0,0840
	207					24,637	0,0534	0,0696
	210					24,607	0,0622	0,2816
	215					24,622	0,0457	0,0700
	221					24,615	0,0647	0,0801

Tabla de Valores de Especificaciones y Estadísticos del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Circunferencia de los cigarrillos.

Diseño	Módulo	L.C.S. MEDIA	L.C.I. MEDIA	L.C.S. D.S.	L.C.I. D.S.	P-Valor	Prueba de Hipótesis
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	24,693	24,528	0,1202	0	0,788	Se acepta Ho
	202	24,676	24,543	0,0973		0,792	Se acepta Ho
	204	24,700	24,516	0,1343		0,839	Se acepta Ho
	207	24,713	24,561	0,1116		0,318	Se acepta Ho
	210	24,696	24,518	0,1300		0,960	Se acepta Ho
	215	24,684	24,557	0,0954		0,529	Se acepta Ho
	221	24,708	24,523	0,1352		0,694	Se acepta Ho

Tabla de Valores de Límites de Control y resultados de los Contrastes de Hipótesis del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Circunferencia de los cigarrillos.

Diseño	Módulo	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,269	0,587
	202	0,301	0,630
	204	0,262	0,576
	207	0,316	0,593
	210	0,078	0,185
	215	0,314	0,631
	221	0,275	0,581

Tabla de Valores de Capacidad de Proceso, Probabilidad de cumplir especificaciones y Límites Naturales del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Circunferencia de los cigarrillos.

c) Variable N°3: % de Ventilación de los cigarrillos (en porcentaje):

Diseño	Módulo	TARGET	Intervalo de tolerancia	L.E.S.	L.E.I	\bar{X}	\bar{S}	σ
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	34	5,92	36,96	31,04	36,75	2,4593	3,1843
	202					36,77	2,4006	3,0746
	204					36,58	1,9888	2,8815
	207					35,19	2,7034	4,7288
	210					37,00	2,3127	3,1941
	215					36,99	2,1236	3,0491
	221					36,85	2,5585	3,6767

Tabla de Valores de Especificaciones y Estadísticos del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Ventilación de los cigarrillos.

Diseño	Módulo	L.C.S. MEDIA	L.C.I. MEDIA	L.C.S. D.S.	L.C.I. D.S.	P-Valor	Resultado de la Prueba De Hipótesis
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	40,263	33,244	5,1375	0	0,133	Se acepta Ho
	202	40,200	33,348	5,0148		0,119	Se acepta Ho
	204	39,413	33,737	4,1547		0,122	Se acepta Ho
	207	39,046	31,330	5,6474		0,605	Se acepta Ho
	210	40,301	33,701	4,8313		0,105	Se acepta Ho
	215	40,018	33,957	4,4362		0,095	Se acepta Ho
	221	40,503	33,201	5,3447		0,166	Se acepta Ho

Tabla de Valores de Límites de Control y resultados de los Contrastes de Hipótesis del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Ventilación de los cigarrillos.

Diseño	Módulo	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,310	0,489
	202	0,321	0,493
	204	0,342	0,526
	207	0,209	0,456
	210	0,309	0,464
	215	0,324	0,471
	221	0,268	0,455

Tabla de Valores de Capacidad de Proceso, Probabilidad de cumplir especificaciones y Límites Naturales del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Circunferencia de los cigarrillos.

d) Variable N°4: Caída de presión de los cigarrillos (En mmWg):

Diseño	Módulo	TARGET	Intervalo de tolerancia	L.E.S.	L.E.I	\bar{X}	\bar{S}	$\hat{\sigma}$
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	68	8,8	72,4	63,6	67,32	3,4761	4,5756
	202					66,53	3,0097	3,7163
	204					74,05	3,0774	4,6105
	207					68,82	3,2086	4,5383
	210					68,01	2,8549	4,5951
	215					65,05	3,1982	5,4568
	221					72,56	2,9888	4,2776

Tabla de Valores de Especificaciones y Estadísticos del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Caída de Presión de los cigarrillos.

Anexos

Diseño	Módulo	L.C.S. MEDIA	L.C.I. MEDIA	L.C.S. D.S.	L.C.I. D.S.	P-Valor Prueba de Hipótesis	Resultado de la Prueba de Hipótesis
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	72,28	62,36	7,2616	0	0,758	Se acepta Ho
	202	70,83	62,24	6,2873		0,430	Se acepta Ho
	204	78,44	69,66	6,4287		0,045	Se rechaza Ho
	207	73,40	64,24	6,7028		0,710	Se acepta Ho
	210	72,08	63,94	5,9636		0,997	Se acepta Ho
	215	69,62	60,49	6,6810		0,048	Se rechaza Ho
	221	76,82	68,29	6,2436		0,081	Se acepta Ho

Tabla de: Valores de Límites de Control y resultados de los Contrastes de Hipótesis del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Caída de Presión de los cigarrillos.

Diseño	Módulo	Cp / Cpk	Probabilidad de cumplir Especificaciones
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,321	0,658
	202	0,395	0,728
	204	0,119	0,348
	207	0,323	0,660
	210	0,319	0,662
	215	0,269	0,516
	221	0,343	0,467

Tabla de Valores de Capacidad de Proceso, Probabilidad de cumplir especificaciones y Límites Naturales del Proceso de Secundaria. Marzo 2006. Variable Caída de Presión de los cigarrillos.

Tabla Resumen de la Capacidad de Proceso:

Diseño	Módulo	Cp Peso de los Cigarrillos	Cp Circunferencia de los cigarrillos	Cp Ventilación de los cigarrillos	Cp / Cpk Caída de presión de los cigarrillos
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,312	0,269	0,310	0,321
	202	0,308	0,301	0,321	0,395
	204	0,303	0,262	0,342	0,119
	207	0,355	0,316	0,209	0,323
	210	0,217	0,078	0,309	0,319
	215	0,263	0,314	0,324	0,269
	221	0,306	0,275	0,268	0,343

Tabla Resumen de la Capacidad de Proceso para cada módulo de producción del área de Secundaria. Marzo 2006.

Nótese que en la tabla resumen para el módulo 204 y 207 en la variable Caída de presión, el proceso no está centrado. Por lo tanto el índice de capacidad no es Cp, sino Cpk.

**ANEXO N°3: GRÁFICOS
DE CONTROL PARA EL
PESO. SEMANA 9 DEL
2006.**

Anexo N°4: Tiempo Promedio de Ajuste de la Duración del Impulso del Láser perforador de filtros (Variable Ventilación).

Se determinó el tiempo promedio de ajuste del láser perforador de filtros que regula la variable ventilación de los cigarrillos. Se tomaron quince (15) mediciones. A continuación se muestran una tabla con los valores obtenidos:

N° Medición	Tiempo de Ajuste del láser perforador de filtros (min)
1	7,36
2	13,11
3	6,47
4	9,78
5	12,36
6	5,76
7	10,13
8	11,54
9	13,38
10	9,47
11	12,87
12	11,92
13	5,56
14	10,35
15	10,22
Tiempo promedio de Ajuste (min)	10,019

Tabla de Tiempos de Ajuste del láser perforador de filtros.

**ANEXO N°5: MODELO
DE ENCUESTA
PERSONAL
OPERATIVO.**

MODELO DE ENCUESTA N°2 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.

Área: _____ Cargo: _____ Turno: _____ Fecha: _____

Propósito:

Las siguientes preguntas corresponden a una encuesta del tipo "INFORMATIVA" para el desarrollo de una Tesis de Grado, elaborada por Kevin Capón y Carlos Rojas, pasantes del departamento de Aseguramiento de la Calidad. El objetivo es recopilar información sobre el conocimiento del Control Estadístico de Procesos en Cigarrera Bigott, para diseñar cursos acordes al nivel de instrucción, con el fin de mejorar el Control Estadístico de Procesos en la planta. Es importante destacar que usted NO está siendo evaluado a través de esta encuesta.

Agradecemos su colaboración y sinceridad al momento de llenar la encuesta. Por lo tanto si no está seguro de su respuesta siéntase libre de marcar la opción "d".

Gracias por su tiempo.

Instrucciones:

Marque con un círculo o con una "equis" (x) la alternativa que usted considere correcta.

1. ¿Cuál es su grado de instrucción?

- a. Bachiller b. Técnico Superior Universitario.
c. Educación Superior. d. Estudios de Postgrado.
e. Otro (Especifique): _____

2. ¿Conoce usted el Control Estadístico de Procesos?

Si _____ No _____

Si respuesta es afirmativa, siga respondiendo la encuesta. En caso contrario pase a la pregunta N°14.

3. ¿Dónde adquirió usted sus conocimientos en Control Estadístico de Procesos?

- a. Instituto Universitario. b. Universidad.
c. Cursos dictados por la compañía. d. Otros (Especifique): _____

4. En su opinión, Control Estadístico de Procesos es:

a) Una metodología que permite inspeccionar producto final en un proceso productivo.

b) Una herramienta que permite conseguir la estabilidad del proceso y la reducción de la variabilidad.

c) Un sistema integrado que determina la media y desviación de datos en estudio para mostrarlo en una gráfica.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

5. En base a su experiencia cuando un proceso se encuentra bajo control estadístico:

a) Todos los datos se encuentran dentro de los límites de control y cumplen con las reglas de CEP.

b) Se obtienen productos que cumplen con las especificaciones de calidad con una probabilidad alta.

c) El proceso se encuentra centrado.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

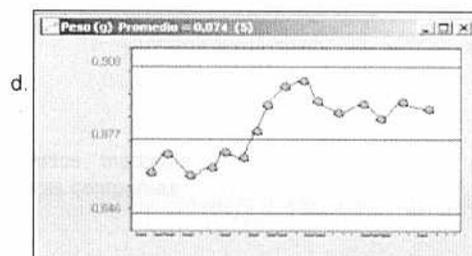
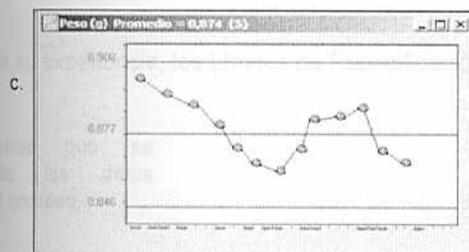
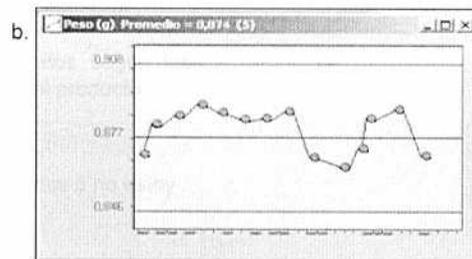
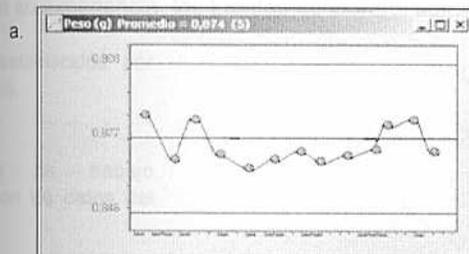
6. ¿Conoce usted las reglas de control estadístico de procesos?. Si su respuesta es afirmativa conteste la pregunta N°7.

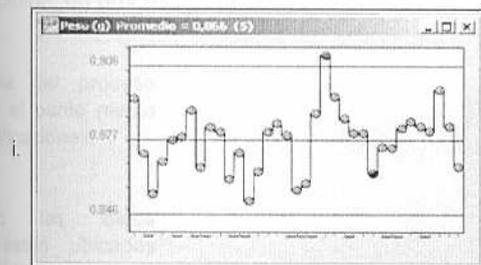
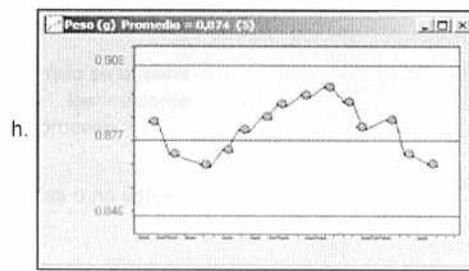
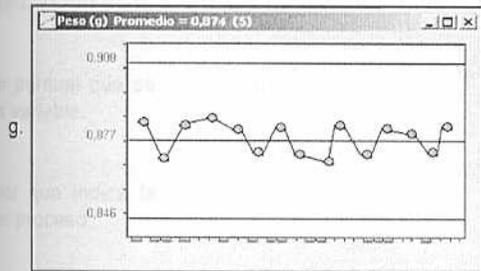
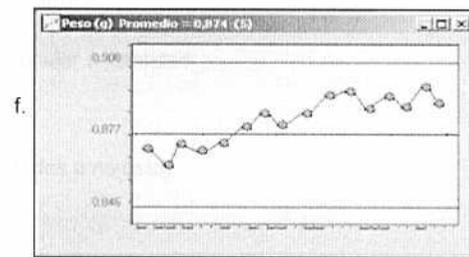
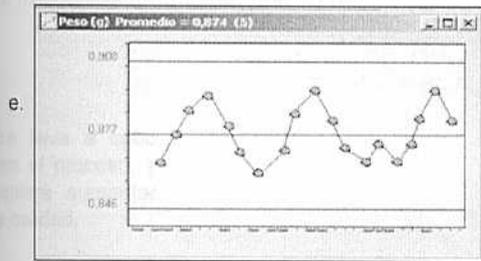
Si _____

No _____

7. En su opinión, en cuál de los siguientes gráficos el proceso se encuentra bajo control estadístico:

Marque con un círculo la(s) alternativa(s) que usted considere correcta(s)





8. En base a su experiencia, los Límites de Control son:

a) Valores establecidos por un especialista.

b) Valores calculados según las especificaciones del producto.

c) Rangos de trabajo calculados con los datos del proceso.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

9. En base a su experiencia, los Límites de Especificación son:

a) Parámetros que se obtienen de los datos históricos del proceso.

b) Valores obtenidos mediante investigación de otras compañías

c) Los requerimientos de medida que tiene un producto de acuerdo a las necesidades del cliente.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

10. ¿Con qué frecuencia cree usted que se deben calcular los Límites de Control?

a) Nunca.

b) Se deben recalcular n cantidad de veces al año.

c) Cuando se lleva a cabo una mejora en el proceso, y cuando se quiera aumentar los niveles de calidad.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

11. Para usted, ¿Qué es el TARGET?

a) Es el valor puntual que se quiere de una variable.

b) Es un parámetro que se obtiene del promedio de los valores muestreados en el proceso.

c) Es un valor que indica la estabilidad del proceso.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

12. En su opinión, un proceso está centrado cuando:

a) La media del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones.

b) La media del proceso no coincide con el promedio de la especificación.

c) Cuando los datos muestrales están ubicados muy cerca del target.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

13. Para usted, ¿qué significa la Capacidad de Proceso?

a) Es la proporción de piezas defectuosas entre las no defectuosas en un proceso.

b) Es la habilidad que tiene el proceso de cumplir con las especificaciones.

c) Es la disponibilidad que tiene el proceso para satisfacer la demanda.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

14. ¿Le gustaría aprender sobre Control Estadístico de Procesos?

Si _____

No _____

15. ¿Le gustaría formar parte de un equipo selecto en conocimientos de Control Estadístico de Procesos para dar apoyo en planta?

Si _____

No _____

16. ¿Le gustaría participar en un curso de Control Estadístico de Procesos si esto asegurara un mejor desempeño en los resultados de calidad de su módulo de trabajo?

Si _____

No _____

17. Explique: ¿Cómo cree que contribuiría el Control Estadístico de Procesos en su trabajo?

GRACIAS POR SU TIEMPO Y COLABORACIÓN. LOS RESULTADOS SE LE COMUNICARÁN A LA BREVEDAD POSIBLE, UNA VEZ SEAN ANALIZADOS

ANEXO N°6: MODELO DE ENCUESTA PERSONAL ADMINISTRATIVO.

MODELO DE ENCUESTA N°1 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.

Área: _____ Cargo: _____ Turno: _____ Fecha: _____

Propósito:

Las siguientes preguntas corresponden a una encuesta del tipo "INFORMATIVA" para el desarrollo de una Tesis de Grado, elaborada por Kevin Capón y Carlos Rojas, pasantes del departamento de Aseguramiento de la Calidad. El objetivo es recopilar información sobre el conocimiento del Control Estadístico de Procesos en Cigarrera Bigott, para diseñar cursos acordes al nivel de instrucción, con el fin de mejorar el Control Estadístico de Procesos en la planta. Es importante destacar que usted NO está siendo evaluado a través de esta encuesta.

Agradecemos su colaboración y sinceridad al momento de llenar la encuesta. Por lo tanto si no está seguro de su respuesta siéntase libre de marcar la opción "d".

Gracias por su tiempo.

Instrucciones:

Marque con un círculo o con una "equis" (x) la alternativa que usted considere correcta.

1. ¿Cuál es el grado de instrucción que usted posee?

- a. Bachiller
- b. Técnico Superior Universitario.
- c. Educación Superior.
- d. Estudios de Postgrado.
- e. Otros (Especifique): _____

2. ¿Conoce usted el Control Estadístico de Procesos?

Si _____ No _____

Si respuesta es afirmativa, siga respondiendo la encuesta. En caso contrario pase a la pregunta N°21.

3. ¿Dónde adquirió usted sus conocimientos en Control Estadístico de Procesos?

- a. Instituto Universitario.
- b. Universidad.
- c. Cursos dictados por la compañía.
- d. Otros (Especifique): _____

4. En su opinión, Control Estadístico de Procesos es:

a) Una metodología que permite inspeccionar producto final en un proceso productivo.

b) Una herramienta que permite conseguir la estabilidad del proceso y la reducción de la variabilidad.

c) Un sistema integrado que determina la media y desviación de datos en estudio para mostrarlo en una gráfica.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

5. En base a su experiencia cuando un proceso se encuentra bajo control estadístico:

a) Todos los datos se encuentran dentro de los límites de control y cumplen con las reglas de CEP.

b) Se obtienen productos que cumplen con las especificaciones de calidad.

c) El proceso se encuentra centrado.

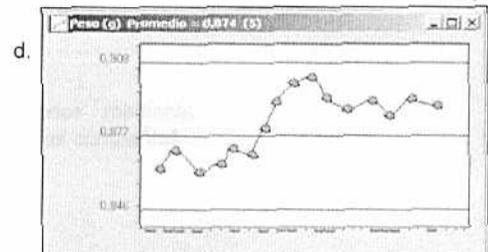
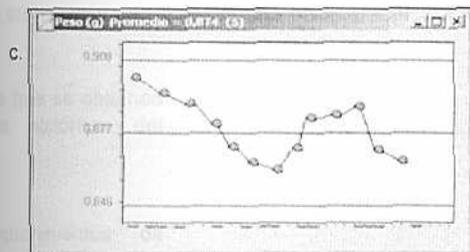
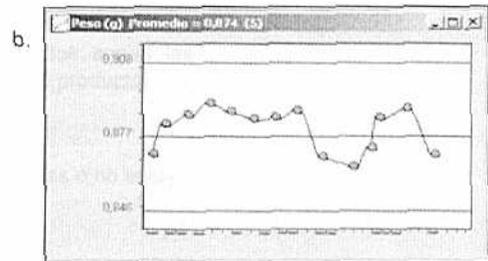
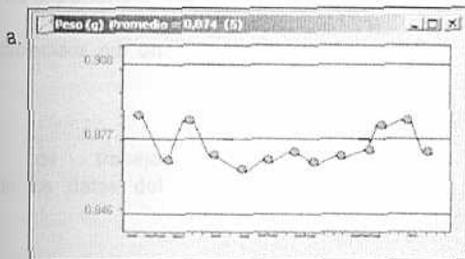
d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

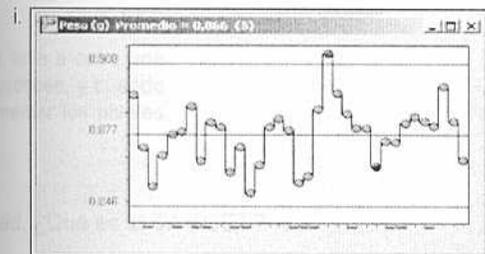
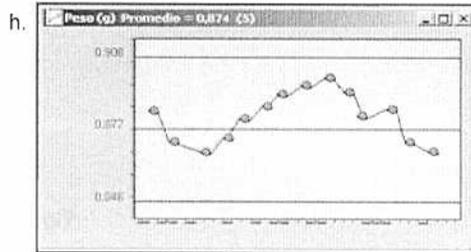
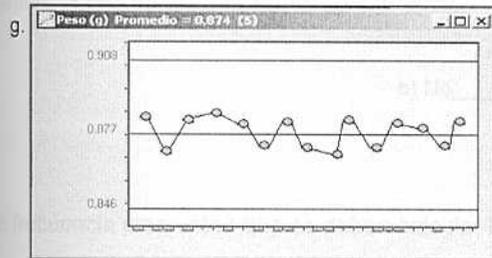
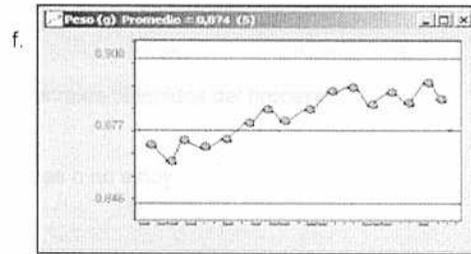
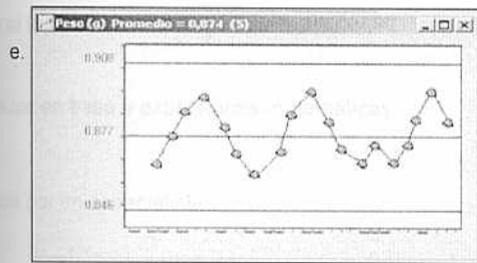
6. ¿Conoce usted las reglas de control estadístico de procesos? Si su respuesta es afirmativa conteste la pregunta N°7. En caso contrario pase a la pregunta N°8.

Si _____

No _____

7. En su opinión, en cuál de los siguientes gráficos el proceso se encuentra bajo control estadístico: Marque con un círculo la(s) alternativa(s) que usted considere correcta(s)





8. En base a su experiencia, los Límites de Control son:

a) Valores establecidos por un especialista.

b) Valores calculados según las especificaciones del producto.

c) Rangos de trabajo calculados con los datos del proceso.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

9. En base a su experiencia, los Límites de Especificación son:

a) Parámetros que se obtienen de los datos históricos del proceso.

b) Valores obtenidos mediante investigación de otras compañías

c) Los requerimientos de medida que tiene un producto de acuerdo a las necesidades del cliente.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

10. En general los Límites de Especificación:

- a) Son calculados en base a expresiones matemáticas.
- b) Son valores muestrales obtenidos del proceso.
- c) Son definidos por un especialista
- d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

11. En su opinión, ¿Los Límites de Control se diferencian de los Límites de Especificación?

- a) Si _____
- b) No _____

12. ¿Con qué frecuencia cree usted que se deben calcular los Límites de Control?

- a) Nunca.
- b) Se deben recalcular n cantidad de veces al año.
- c) Cuando se lleva a cabo una mejora en el proceso, y cuando se quiera aumentar los niveles de calidad.
- d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

13. Para usted, ¿Qué es el TARGET?

- a) Es el valor puntual que se quiere de una variable.
- b) Es un parámetro que se obtiene del promedio de los valores muestreados en el proceso.
- c) Es un valor que indica la estabilidad del proceso.
- d) Todas las anteriores.

14. En su opinión, la Gran Media es:

- a) Es el promedio de los datos muestrales.
- b) Es el promedio de las medias de los datos agrupados.
- c) Es la media de las diferencias en los datos muestrales.
- d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

15. En base a su experiencia, las causas ASIGNABLES o ESPECIALES son:

a) Factores que regulan el tamaño de la muestra en un proceso.

b) Fuentes de variación que hacen que el producto de una operación o proceso se comporte de una manera diferente a la esperada.

c) Elementos que modifican el uso de las herramientas del Control Estadístico de Procesos.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

16. Considera usted que las causas NO ASIGNABLES o COMUNES son:

a) Parámetros estimados según la variabilidad del proceso.

b) Valores ajustados a la desviación estándar de un proceso.

c) Factores que modifican un proceso y siempre están presentes en él.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

17. En su opinión, un proceso está centrado cuando:

a) La media del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones.

b) La media del proceso no coincide con el promedio de la especificación.

c) Cuando los datos muestrales están ubicados muy cerca del target.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

18. Para usted, ¿qué significa la Capacidad de Proceso?

a) Es la proporción de piezas defectuosas entre las no defectuosas en un proceso.

b) Es la habilidad que tiene el proceso de cumplir con las especificaciones.

c) Es la disponibilidad que tiene el proceso para satisfacer la demanda.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

19. En base a su experiencia, ¿Qué es Capacidad Real de Proceso?

a) Representa el valor real de la Capacidad del Proceso.

b) Es el coeficiente de capacidad calculado para un proceso no centrado.

c) Disponibilidad que tiene el proceso para producir más piezas de las que tiene estipuladas.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

20. ¿Cree usted que la Capacidad del Proceso se relaciona con la calidad?

a) Si, pues valores superiores a uno (1) indican que el proceso es capaz de producir bajo los niveles de calidad establecidos.

b) No, puesto que son variables independientes, es decir, que no se pueden comparar.

c) Si, pues valores inferiores a uno (1) indican que el proceso es capaz de producir bajo los niveles de calidad establecidos.

d) No sé, tengo dudas o no estoy seguro.

21. ¿Le gustaría aprender sobre Control Estadístico de Procesos?

Si _____

No _____

22. ¿Le gustaría formar parte de un equipo selecto en conocimientos de Control Estadístico de Procesos para formar nuevos ingresos y dar apoyo en planta?

Si _____

No _____

23. Explique: ¿Cómo cree que contribuiría el Control Estadístico de Procesos en su trabajo?

GRACIAS POR SU TIEMPO Y COLABORACIÓN. LOS RESULTADOS SE LE COMUNICARÁN A LA BREVEDAD POSIBLE, UNA VEZ SEAN ANALIZADOS

Anexo N°7: Resultados de las Encuestas de diagnóstico del Capital Humano en Conocimientos de Control Estadístico de Procesos.

Primaria

En el área de Primaria, se aplicó una encuesta de tipo informativo para el personal operador (ver Modelo de Encuesta N°2 en el Anexo N°5). Se registraron los resultados de nueve (9) encuestados pertenecientes a una población de veinte (20) operadores. Cabe destacar que esta encuesta fue de carácter voluntario.

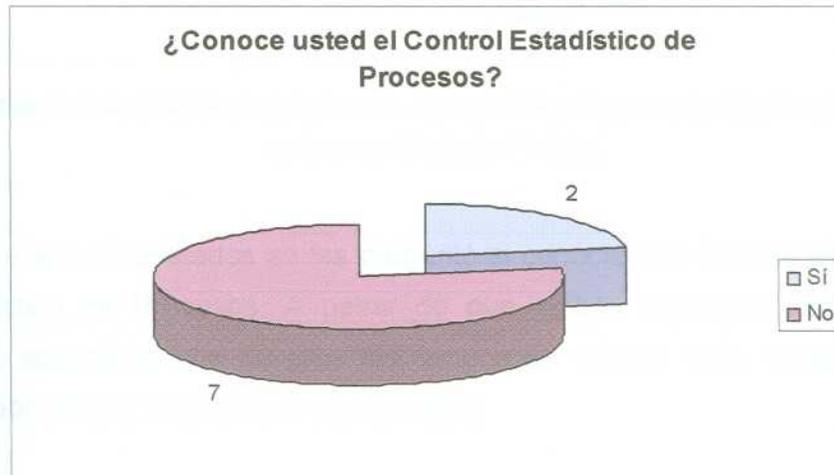
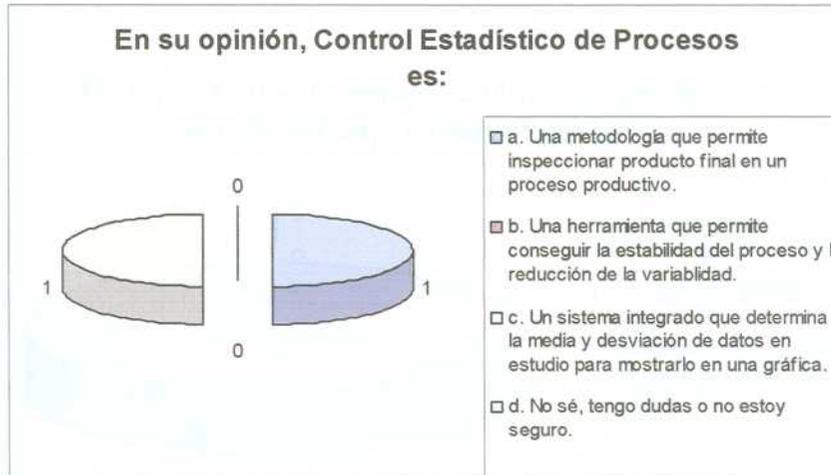


Gráfico de Resultados de la encuesta en cuanto a la opinión personal de los operadores sobre el conocimiento de CEP.

De acuerdo a los resultados de la gráfica, de las nueve personas encuestadas, sólo dos de ellas conocen o han oído hablar de la metodología de Control Estadístico de Procesos.

De los encuestados que contestaron anteriormente que conocían la metodología de Control Estadístico de Procesos, ninguno sabe con exactitud cuál es la verdadera función de la herramienta, tal como se muestra en la siguiente gráfica en donde la respuesta correcta corresponde a la letra B. De

esto se deduce que ninguno de los nueve encuestados conoce realmente el concepto de CEP.



Gráfica de Resultados de la encuesta. Conocimiento de los operadores de PMD acerca del concepto de CEP.

A los encuestados se les preguntó si conocían las Reglas de Control Estadístico de Procesos. A pesar de que ambos afirmaron conocer las reglas, solamente uno de ellos las conoce en verdad. Esto representa un once por ciento (11%) de los encuestados.

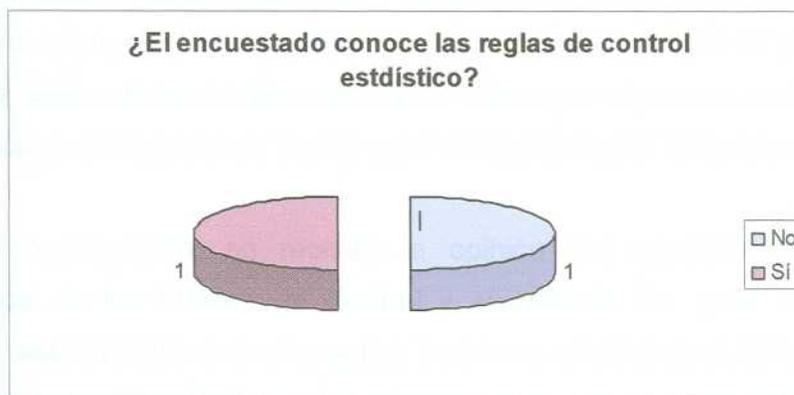


Gráfico de Resultados de la encuesta. Conocimiento de los operadores de PMD sobre las reglas de CEP.

La siguiente gráfica muestra el resultado de la opinión de los encuestados acerca de los resultados que se obtienen cuando un proceso se encuentra bajo control estadístico.

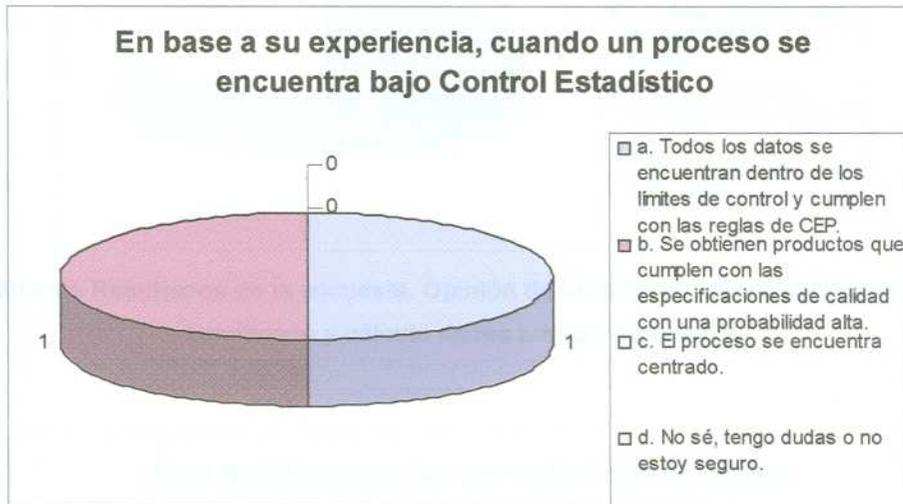


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de PMD acerca de los resultados que se obtienen de un proceso bajo control estadístico.

Sólo un operador encuestado opina que cuando un proceso se encuentra bajo control, se tiene una mayor probabilidad de cumplir con las especificaciones establecidas para el producto. Por otro lado, la respuesta del otro operador comprueba que no se tiene conocimiento sobre las Reglas de Control, ya que no necesariamente el que todos los puntos se encuentren ubicados dentro de los Límites de Control indica que el proceso se encuentra controlado, puesto a que se puede estar infringiendo una Regla de Control.

A continuación, se registró la opinión del operador acerca del significado de los Límites de Control y su cálculo. De igual manera se observó una confusión con respecto a lo que es el cálculo de dichos límites, ya que un operador afirmó que los mismos se calculan en base a los Límites de Especificación.

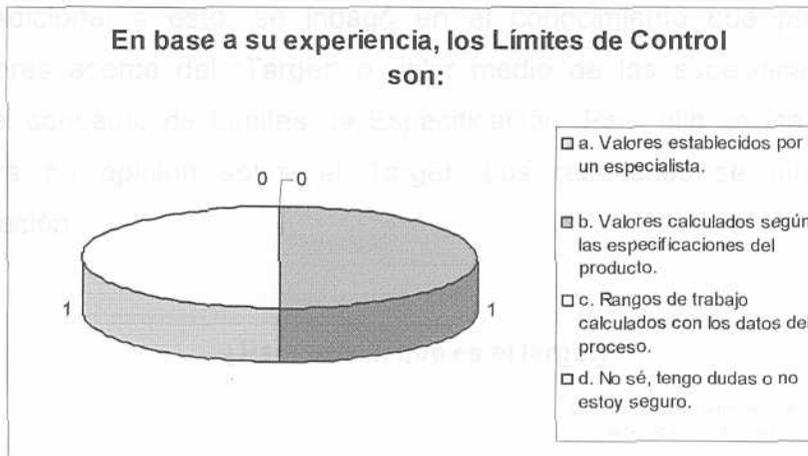


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de PMD acerca del significado y cálculo de los Límites de Control.

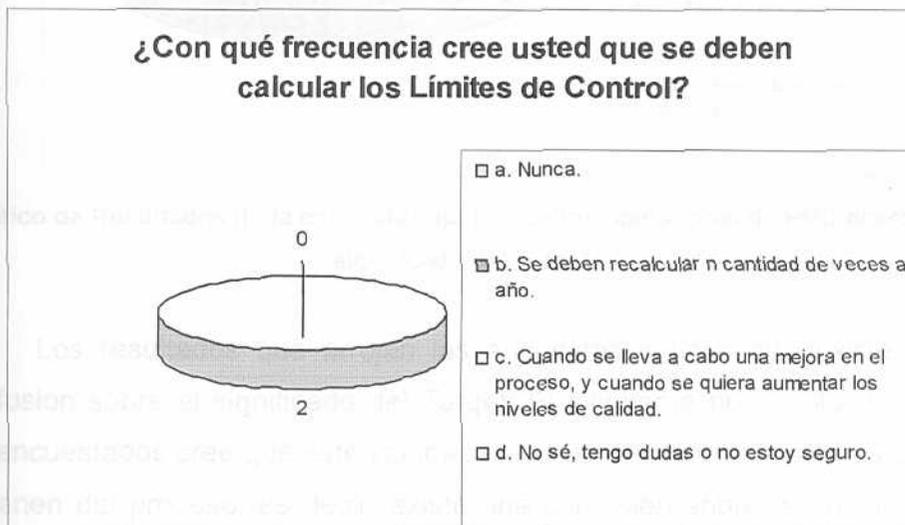


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de PMD sobre la frecuencia del recálculo de los Límites de Control en un proceso.

En esta gráfica se observó que los dos encuestados que afirmaron conocer la metodología de Control Estadístico de Procesos, opinan correctamente que los Límites de Control de un proceso deben ser recalculados cuando exista un punto que se ubique fuera de los Límites de Control o cuando se lleve a cabo una mejora en el proceso o se quieran aumentar los niveles de calidad por otra vía.

Adicional a esto, se indagó en el conocimiento que poseen los operadores acerca del "Target" o valor medio de las especificaciones, y sobre el concepto de Límites de Especificación. Para ello se les preguntó cuál era su opinión sobre el Target. Los resultados se muestran a continuación:

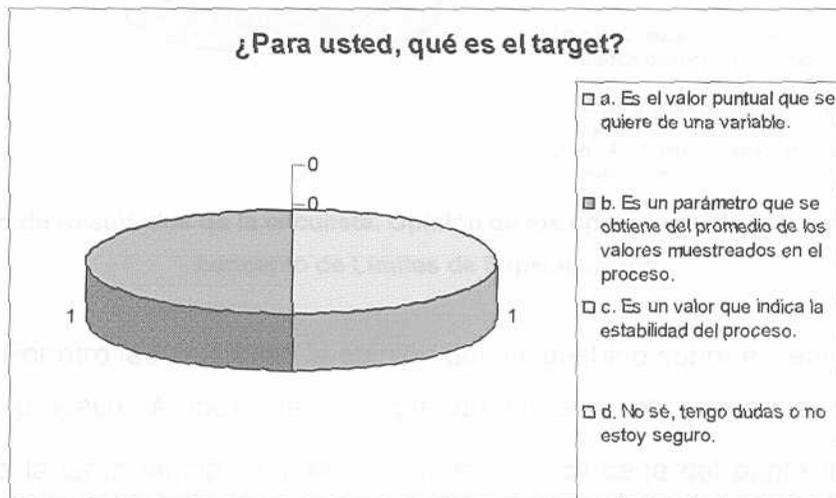


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de PMD acerca del significado del Target.

Los resultados que arrojan las encuestas indican que existe cierta confusión sobre el significado del Target. El cincuenta por ciento (50%) de los encuestados cree que este valor es calculado a partir de los datos que se obtienen del proceso, es decir, existe una confusión sobre la definición de esta variable con la Gran Media del Proceso \bar{X} . En cuanto al concepto de Límites de Especificación, los resultados registrados fueron los siguientes:

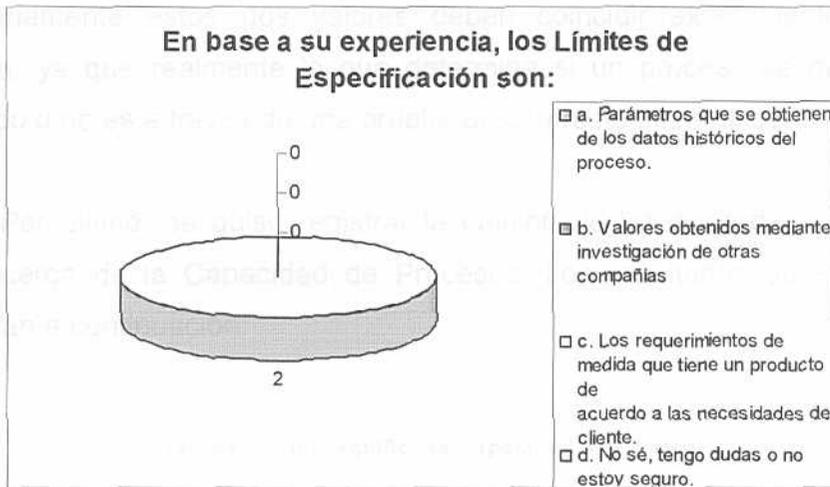


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de PMD acerca del concepto de Límites de Especificación.

Por otro lado, se pidió la opinión del encuestado sobre el centramiento de un proceso. Ambos piensan que un proceso se encuentra centrado cuando la Gran Media (\bar{X}) se encuentra muy cercana del punto medio de las especificaciones.

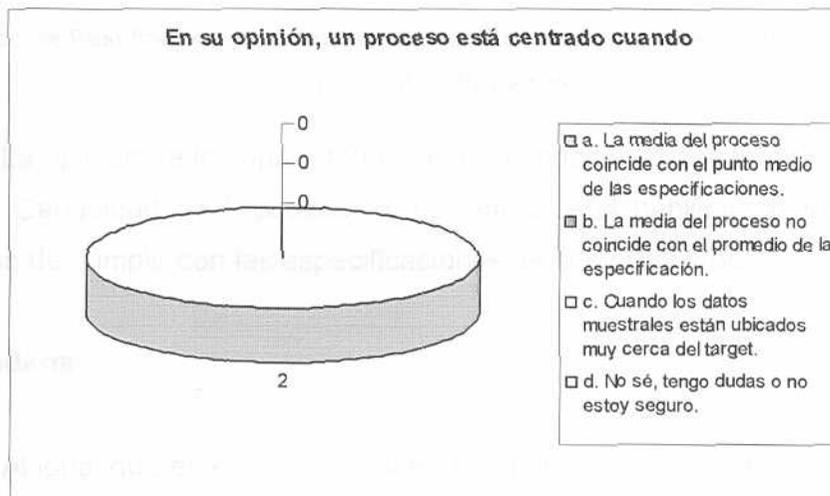


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de PMD acerca del centramiento de un proceso.

La respuesta correcta a esta pregunta cumpliendo estrictamente con la teoría de CEP, corresponde a la opción A (la media del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones). Sin embargo, no

necesariamente estos dos valores deben coincidir exactamente en la práctica, ya que realmente lo que determina si un proceso se encuentra centrado o no es a través de una prueba de contraste bilateral de la media.

Por último, se quiso registrar la opinión de los operadores en esta área acerca de la Capacidad de Procesos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

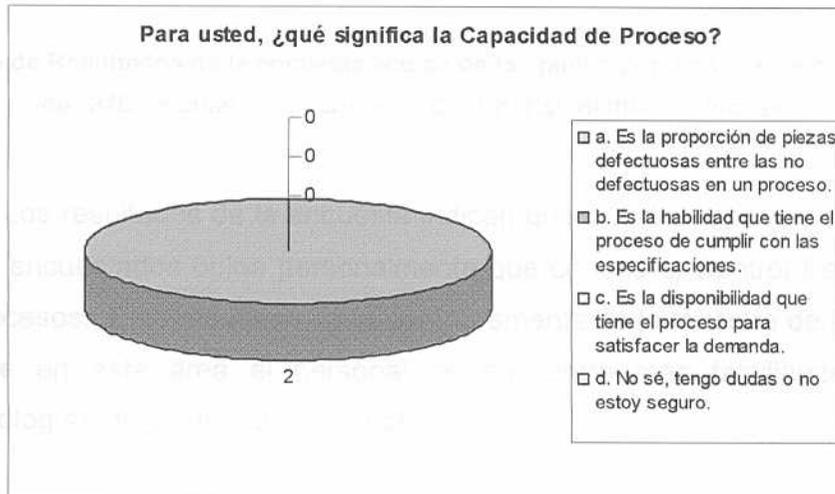


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de PMD sobre la Capacidad de Procesos.

La opinión de los operadores se inclina hacia la respuesta correcta, ya que la Capacidad de Procesos no es más que la habilidad que tiene un proceso de cumplir con las especificaciones de sus productos.

Secundaria

Al igual que en el área de Primaria, en el área de Secundaria se aplicó el mismo tipo de encuesta informativa de carácter voluntario (Ver Anexo N°5: Modelo de Encuesta N°2). Se registraron los resultados de una muestra de setenta y seis operadores (76) pertenecientes a una población de ciento veintiuno operadores (121). Los resultados se muestran a continuación.

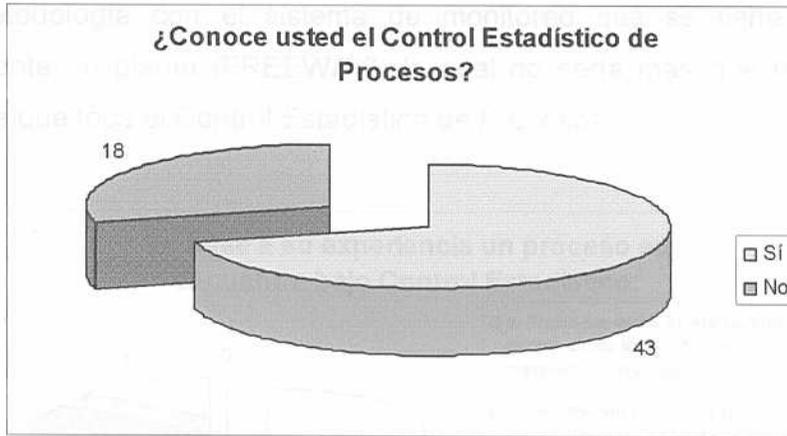


Gráfico de Resultados de la encuesta acerca de la opinión personal de los operadores de SMD en cuanto a si conocen Control Estadístico de Procesos.

Los resultados de la encuesta indican que el setenta por ciento (70%) de los encuestados opina personalmente que conoce el Control Estadístico de Procesos. Este resultado varía contrariamente de la muestra de Primaria, ya que en esta área el personal se encuentra más familiarizado con metodologías de control de procesos.

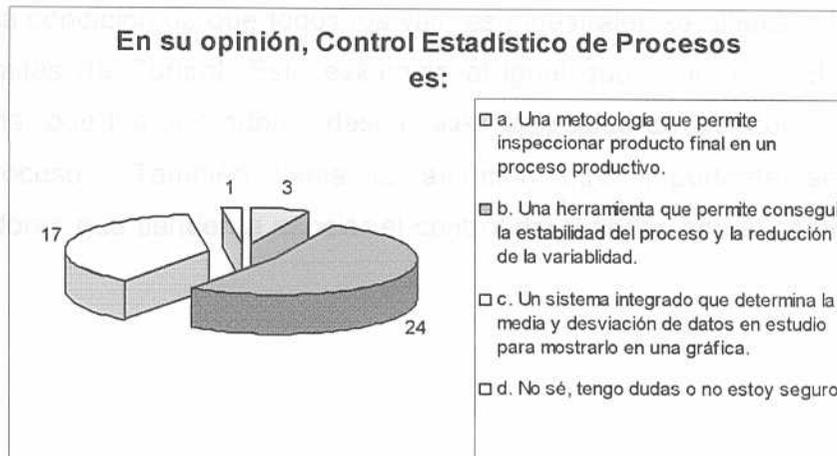


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del operador de SMD acerca del concepto de SMD.

La opinión más común que se registró en el área de Secundaria en cuanto al concepto de Control Estadístico de Procesos, corresponde a la opción B. Sin embargo existe un sector considerable que tienden a asociar

esta metodología con el sistema de monitoreo que se tiene instalado actualmente en planta (FREEWAY), lo cual no sería más que uno de los aspectos que toca el Control Estadístico de Procesos.

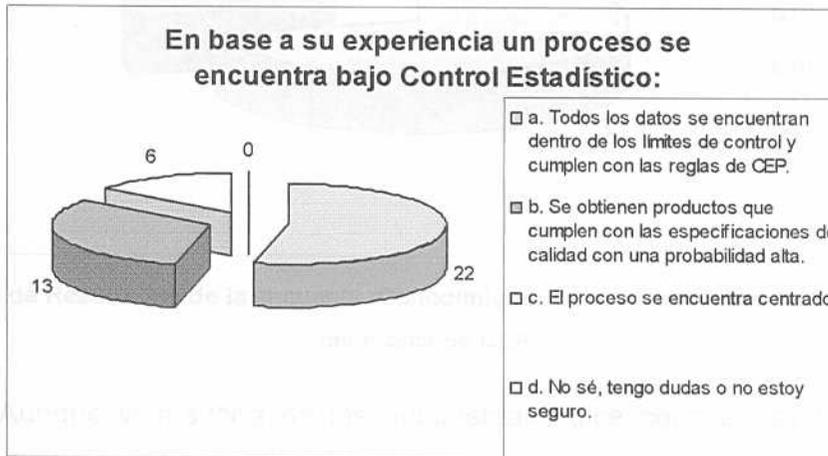


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de SMD acerca de los resultados que se obtienen con un proceso bajo control estadístico.

Al analizar la gráfica anterior, se puede observar que para la mayoría de los encuestados un proceso se encuentra bajo control cuando se cumple la única condición de que todos los valores muestrales se ubiquen dentro de los Límites de Control. Esto evidencia al igual que ocurrió en el área de Primaria, que los operadores desconocen las reglas de Control Estadístico de Procesos. También llama la atención otro importante sector de operadores que tienden a asociar el control del proceso con el centramiento (15%).

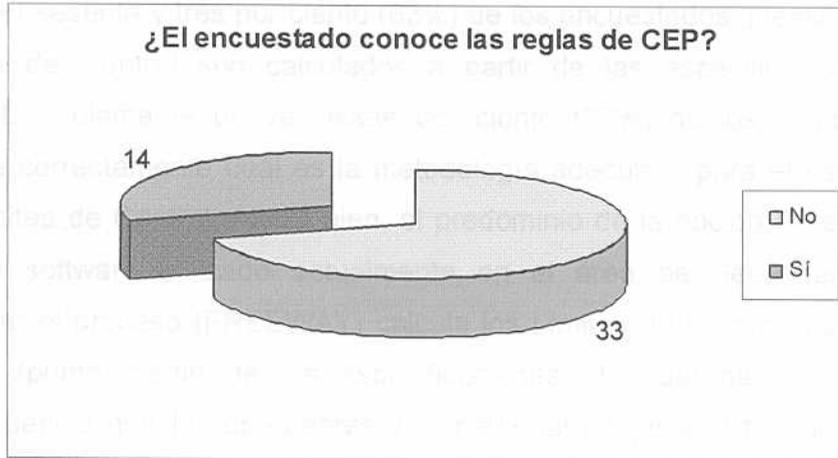


Gráfico de Resultados de la encuesta. Conocimiento de los operadores de SMD sobre las reglas de CEP.

Aunque la mayoría de los encuestados dice conocer las reglas de control, en realidad el treinta por ciento (30%) de los operadores pertenecientes a la muestra conoce correctamente dichas reglas. Esto a su vez prueba en cierta manera la variabilidad que existe en el proceso de Secundaria y que se tenga un proceso que no se encuentra bajo control.

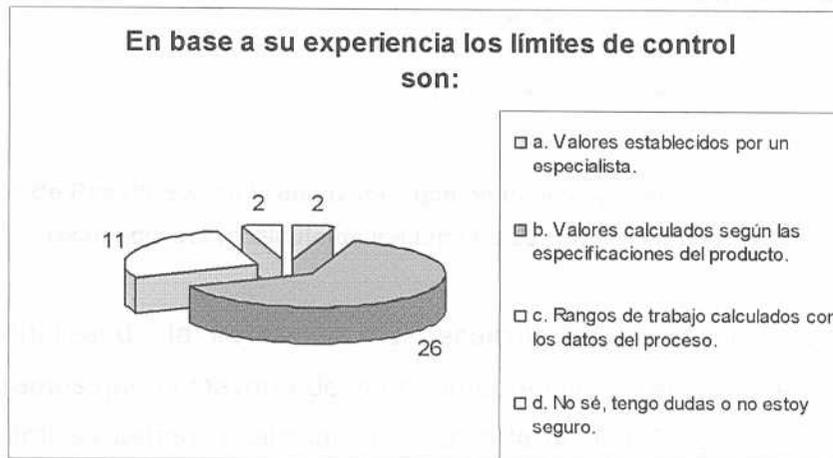


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de SMD acerca del significado y cálculo de los Límites de Control.

Por otro lado, un aspecto que resalta mucho de la gráfica anterior es el error de concepto que se tiene en esta área por parte de los operadores.

El sesenta y tres por ciento (63%) de los encuestados, piensa que los Límites de Control son calculados a partir de las especificaciones del producto. Solamente un veintisiete por ciento (27%) de los encuestados conoce correctamente cuál es la metodología adecuada para el cálculo de los Límites de Control. Ahora bien, el predominio de la opción B se debe a que el software utilizado actualmente en el área de Secundaria para controlar el proceso (FREEWAY) calcula los Límites de Control a partir del Target (punto medio de las especificaciones), lo cual ha traído como consecuencia que los operadores y el personal en general tengan errores conceptuales en cuanto a este tópico.

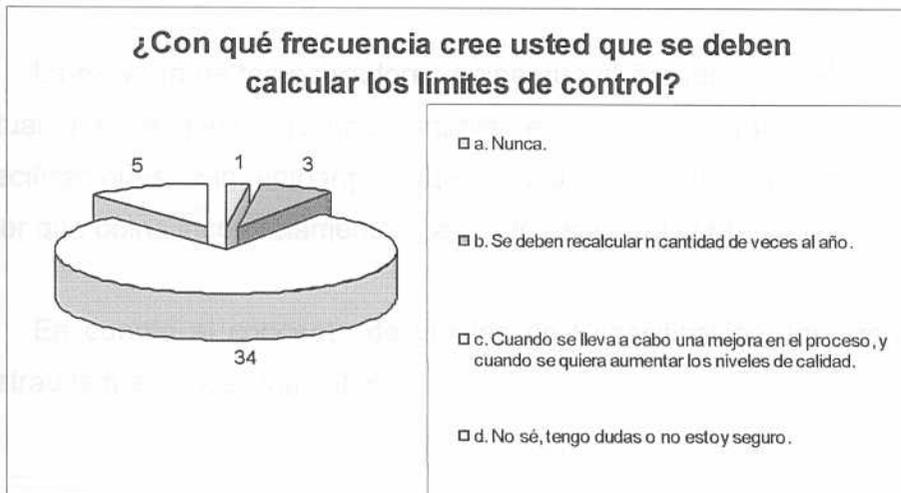


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de SMD sobre la frecuencia del recálculo de los Límites de Control en un proceso.

Analizando la frecuencia del recálculo de los Límites de Control, encontramos que la mayoría de los operadores (79%) afirma que los Límites de Control se deben recalculan en base a la opción C. Sin embargo en la práctica, estos límites no se recalculan sino que son estáticos durante el tiempo.

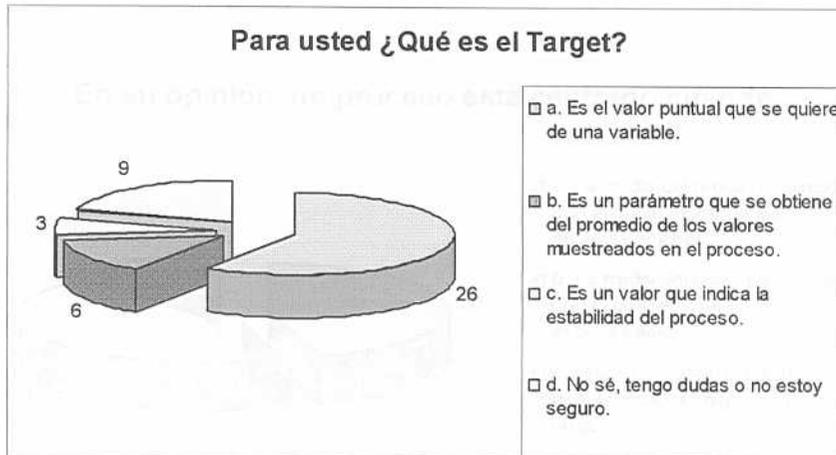


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de SMD acerca del significado del Target.

La mayoría de los operadores opina que el Target representa el valor puntual que se quiere de una variable, es decir, el punto medio de las especificaciones. Sin embargo cabe resaltar que existe un considerable sector que opina incorrectamente acerca de este punto (41%).

En cuanto al concepto de Límites de Especificación, los resultados registrados fueron los siguientes:

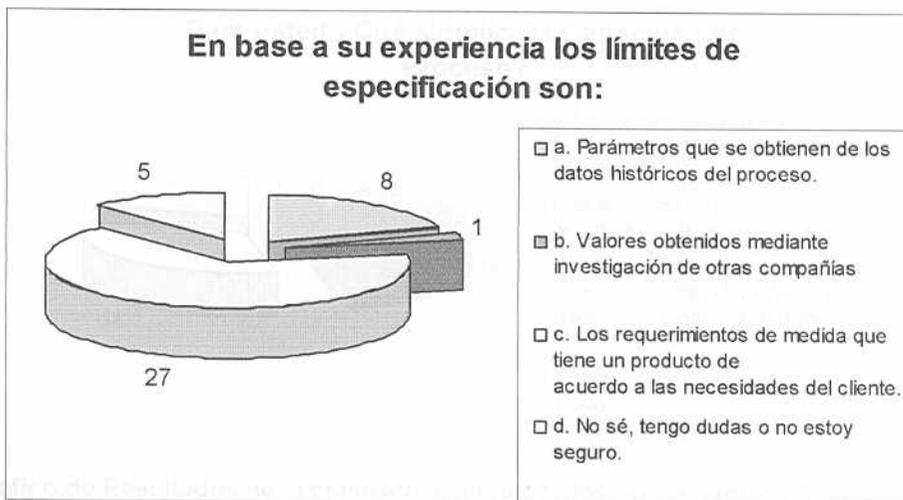


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de PMD acerca del concepto de Límites de Especificación.

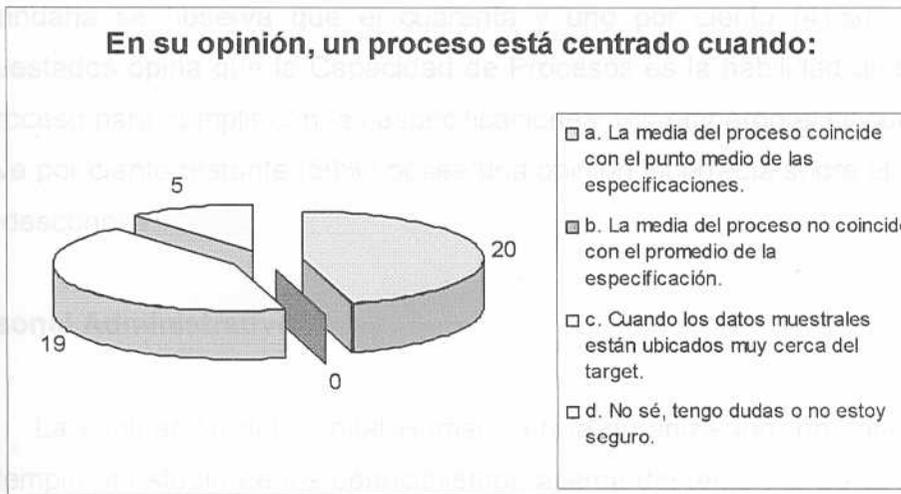


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de SMD acerca del centramiento de un proceso.

Si se analiza la gráfica anterior, se puede observar la existencia de dos grandes grupos, inclinados hacia las alternativas A y C. Tal como se mencionó anteriormente en los resultados observados en el área de Primaria, la respuesta correcta corresponde a la alternativa A, siendo el factor determinante una prueba de hipótesis de contraste de medias lo que definirá si el proceso se encuentra o no centrado.

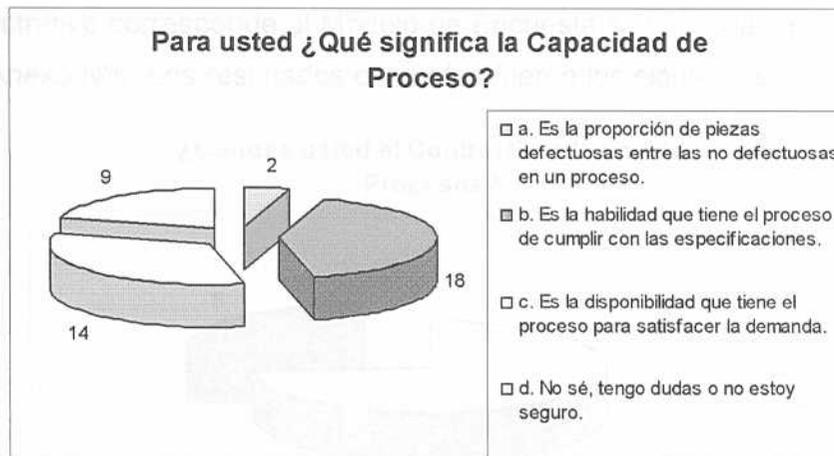


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión de los operadores de SMD sobre la Capacidad de Procesos.

Finalmente, con respecto a la Capacidad de Procesos, en el área de Secundaria se observa que el cuarenta y uno por ciento (41%) de los encuestados opina que la Capacidad de Procesos es la habilidad que tiene el proceso para cumplir con las especificaciones. Sin embargo el cincuenta y nueve por ciento restante (59%) posee una opinión incorrecta sobre el índice o lo desconoce.

Personal Administrativo

La evaluación del Capital Humano en la organización, no solamente contempló el estudio de los conocimientos acerca del tema por parte de los operadores de cada área productiva (Primaria y Secundaria), sino que también se tomó en cuenta el estudio de la parte administrativa de la empresa (Gerentes, Supervisores, Ingenieros) para de esta forma poder elaborar analizar a toda la organización con el fin de brindar recomendaciones que puedan ser aplicadas para cada departamento. Se tomó una muestra de treinta (30) personas correspondientes a esta área y que se encontrasen ligadas directamente con los procesos productivos.

El modelo de encuesta que se utilizó para evaluar al personal administrativo corresponde al Modelo de Encuesta N°1, la cual se encuentra en el Anexo N°6. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

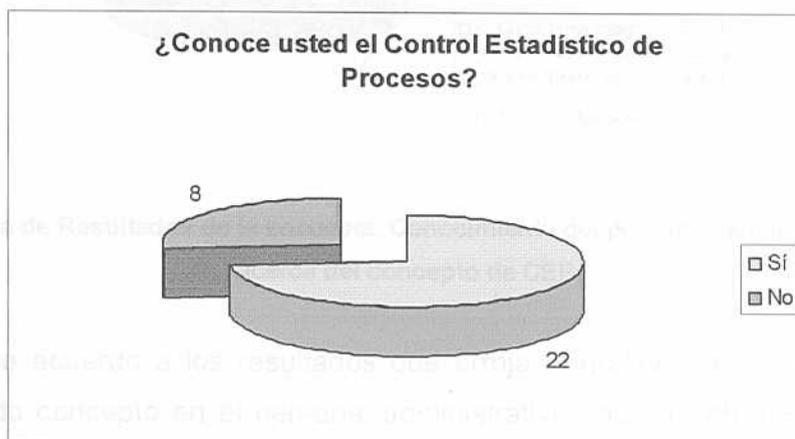


Gráfico de Resultados de la encuesta en cuanto a la opinión personal del personal administrativo sobre el conocimiento de CEP.

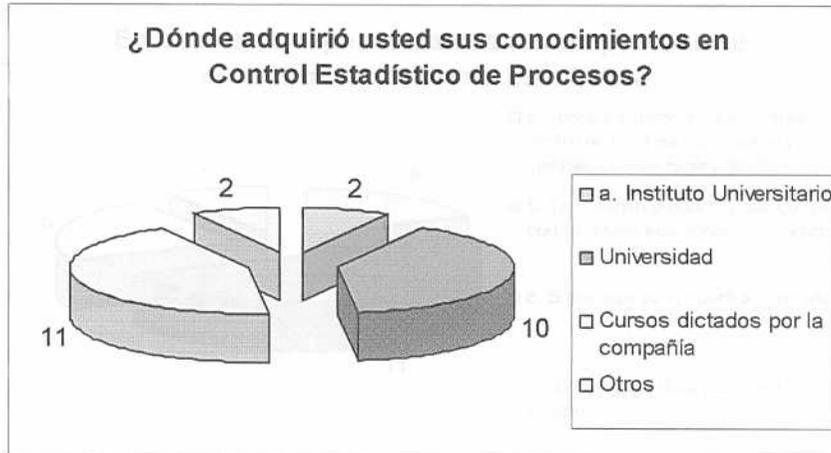
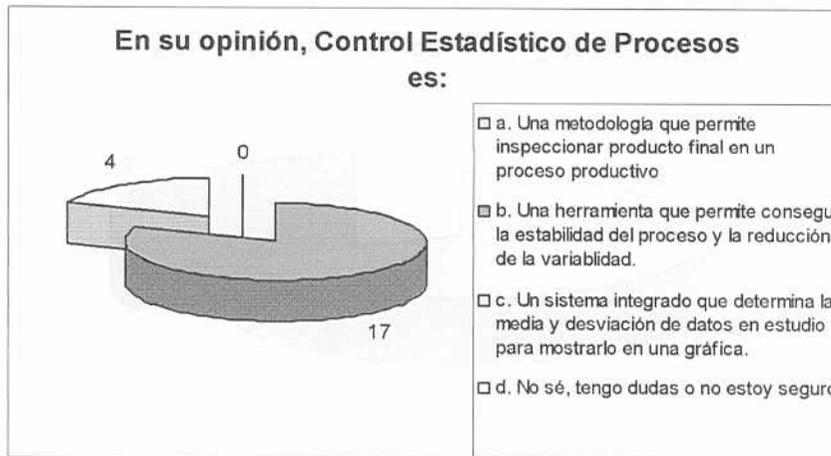


Gráfico de Posibles sectores en los cuales fueron adquiridos los conocimientos sobre Control Estadístico por parte del personal administrativo.

Como se puede observar en la gráfica anterior, la mayoría del personal administrativo adquirió sus conocimientos sobre Control Estadístico de Procesos en cursos dictados por la compañía y en universidades (44 % y 40% respectivamente).



Gráfica de Resultados de la encuesta. Conocimiento del personal administrativo acerca del concepto de CEP.

De acuerdo a los resultados que arroja el gráfico, existe un claro y adecuado concepto en el personal administrativo sobre Control Estadístico de Procesos y sobre qué papel desempeña en una organización.

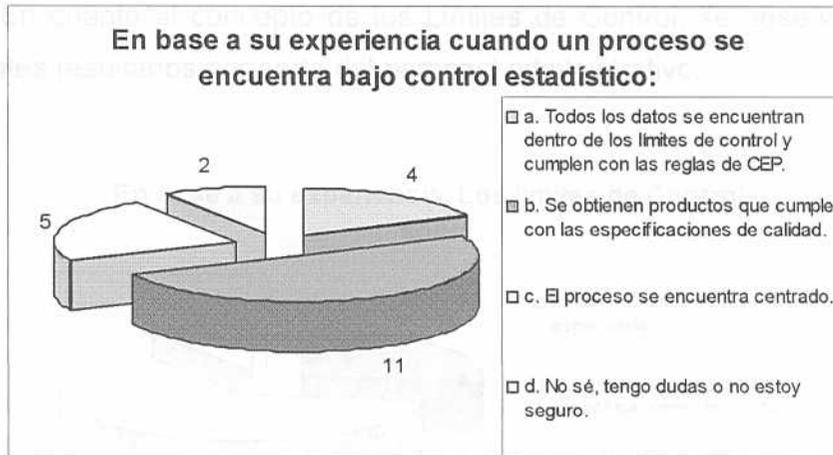


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca de los resultados que se obtienen de un proceso bajo control estadístico.

En cuanto al concepto de un proceso bajo control, se observa que a nivel corporativo no se tiene claro este concepto, ya que la mitad de los encuestados escogieron las alternativas incorrectas. Esto demuestra que es necesario reforzar el concepto de un proceso bajo control a nivel administrativo.

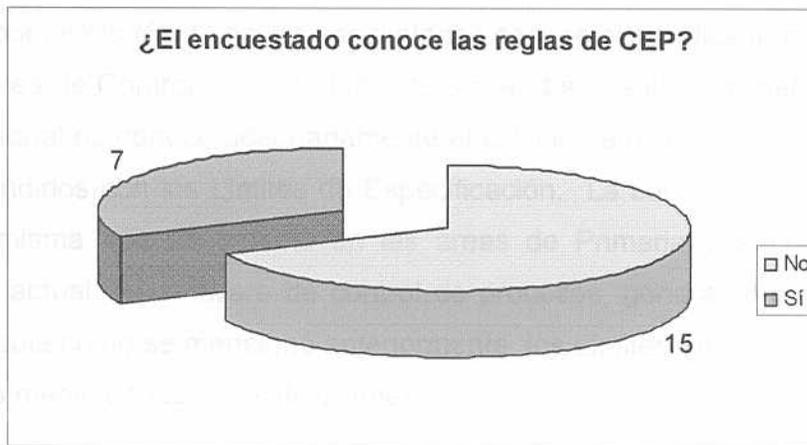


Gráfico de Resultados de la encuesta. Conocimiento del personal administrativo sobre las reglas de CEP.

El resultado de esta gráfica confirma lo dicho anteriormente, ya que al existir dudas significativas en cuanto al concepto de un proceso bajo control, lo más probables es que tampoco se conozcan las reglas de control.

En cuanto al concepto de los Límites de Control, se observaron los siguientes resultados por parte del personal administrativo:

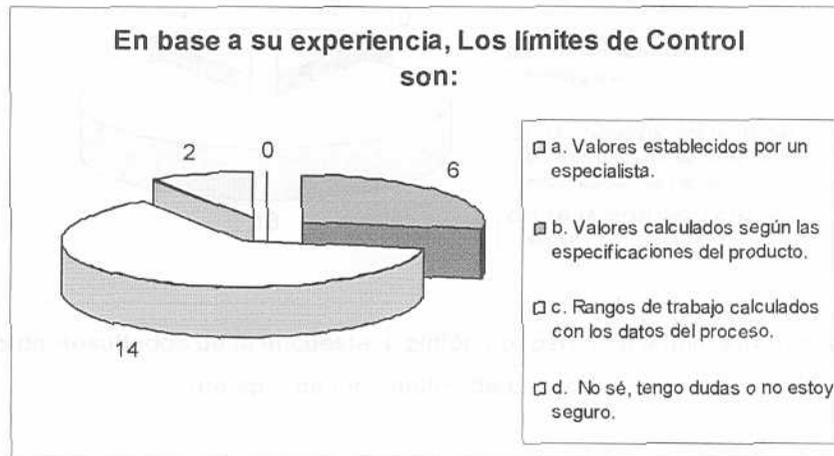


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca del significado y cálculo de los Límites de Control.

Los resultados anteriores indican que existe cierto grado de confusión con respecto al significado de los Límites de Control. Solamente el sesenta y cuatro por ciento (64%) de los encuestados conoce el significado correcto de los Límites de Control. Por otro lado, se sigue observando que cierta porción del personal no conoce adecuadamente el cálculo de estos límites, y tienden a confundirlos con los Límites de Especificación. La causa de esto pudiera ser la misma que se detectó en las áreas de Primaria y Secundaria, el manejo actual del software de control de procesos, genera confusiones ya que calcula como se mencionó anteriormente, los Límites de Control en base al punto medio de las especificaciones.

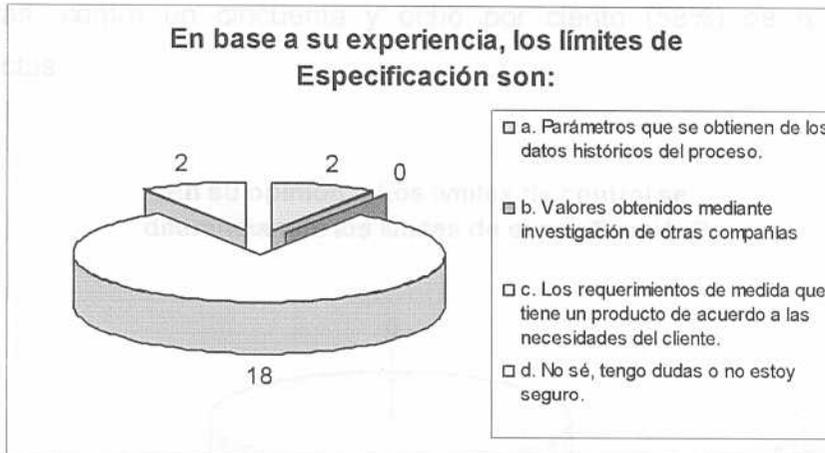


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca del concepto de los Límites de Especificación.

Ahora bien si analizamos los resultados de la encuesta en cuanto a los Límites de Especificación, se observa que el ochenta y dos por ciento (82%) de los encuestados conoce adecuadamente su significado.

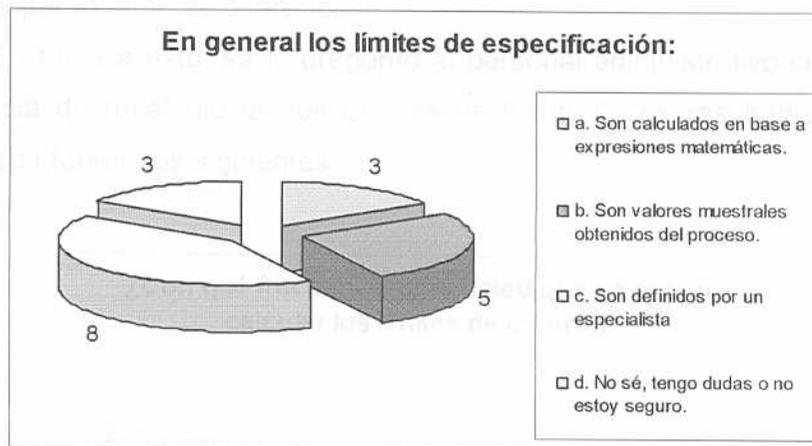


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca de los Límites de Especificación.

Sin embargo, dentro del personal administrativo no se tiene claro el concepto de Límites de Especificación, ya que los resultados de la encuesta arrojaron tan solo un cuarenta y dos por ciento (42%) de respuestas

correctas, contra un cincuenta y ocho por ciento (58%) de respuestas incorrectas.

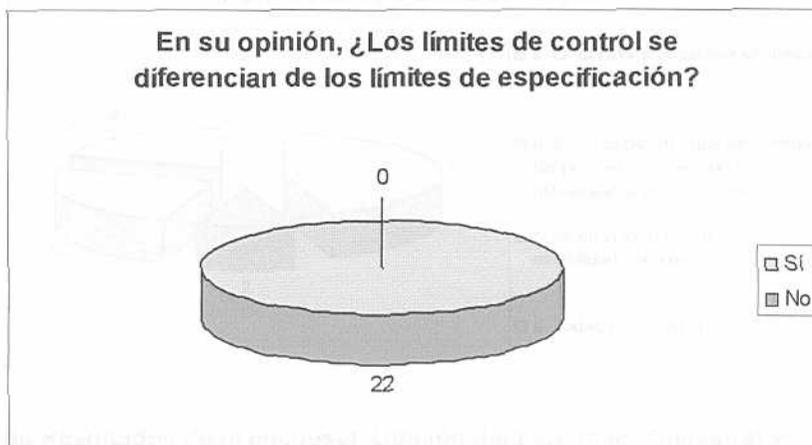


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo con respecto a la diferencia entre Límites de Control y Límites de Especificación.

Los resultados de la encuesta permitieron determinar que el cien por ciento del personal administrativo opina que ambos límites no significan lo mismo y por lo tanto se diferencian.

En base a esto, se le preguntó al personal administrativo cuál era la frecuencia de recálculo de los Límites de Control. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

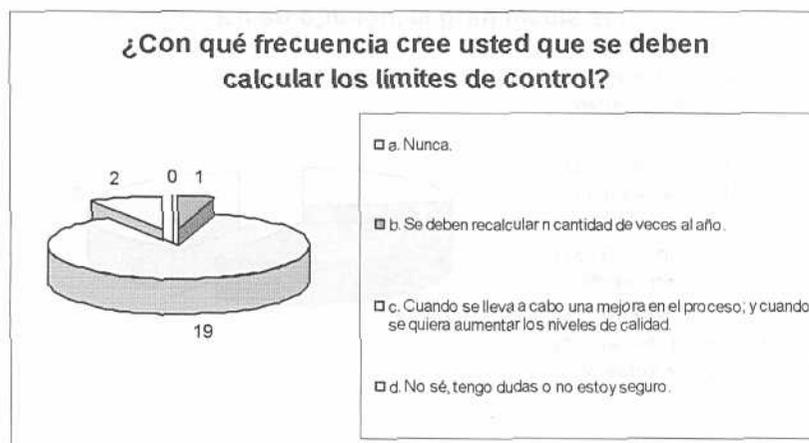


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca del recálculo de los Límites de Control.

La mayoría del personal administrativo tomó la alternativa correcta en cuanto al recálculo de los Límites de Control (un 82%).

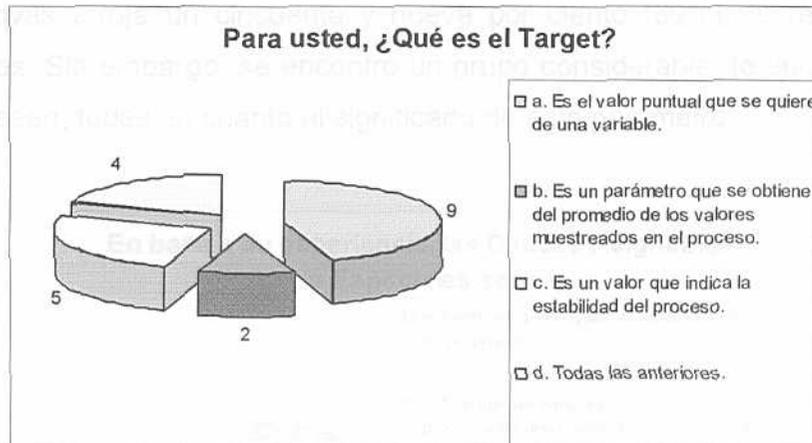


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca del significado del Target.

En cuanto a la definición de "Target", se observa que se tiene un concepto erróneo dentro del personal administrativo en cuanto a la definición de este parámetro. Solamente un cuarenta y cinco por ciento de los encuestados conoce correctamente el concepto de Target, el cual corresponde a la alternativa A. Existe un grado de confusión considerable en este concepto, ya que se tiende a pensar que el Target se puede definir como todas las alternativas de respuesta, o que es un valor que indica si un proceso se encuentra estable.

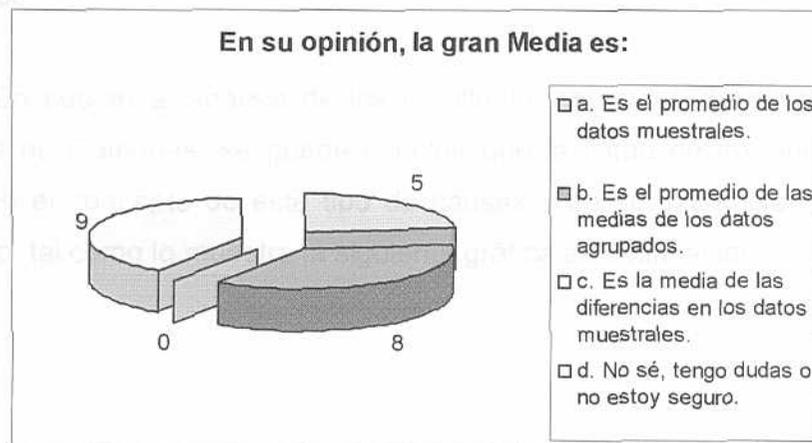


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca del concepto de la Gran Media,

Los resultados de esta pregunta indican aspectos importantes. Las alternativas correctas corresponden a la opción A y B. La suma de estas alternativas arroja un cincuenta y nueve por ciento (59%) de respuestas correctas. Sin embargo, se encontró un grupo considerable de encuestados que poseen dudas en cuanto al significado de este parámetro.

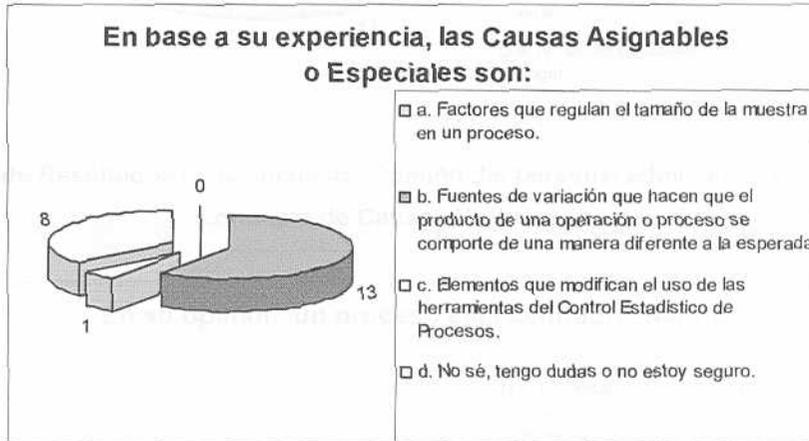


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo en cuanto al concepto de Causas Asignables.

Los resultados que se obtuvieron de esta pregunta, indican que tan solo el cincuenta y nueve por ciento (59%) de los encuestados conoce el significado de Causas Asignables y su implicación para el análisis de procesos.

En cuanto al análisis de los resultados obtenidos de acuerdo a las Causas no Comunes, se puede concluir que la mitad de los encuestados conocen el concepto de este tipo de causas y de su influencia dentro del proceso, tal como lo muestra la siguiente gráfica a continuación:

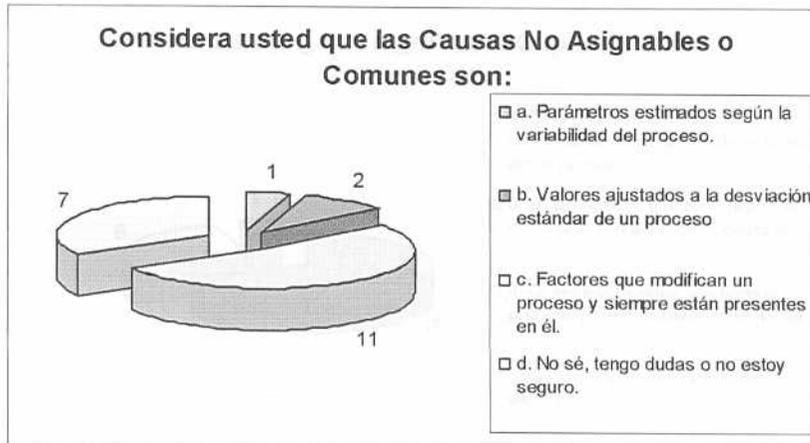


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca del concepto de Causas No Asignables.

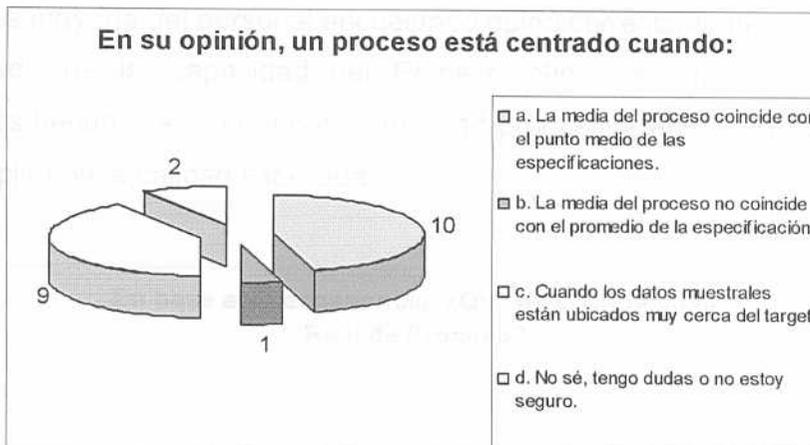


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca del centramiento de un proceso.

Como era de esperarse, se pueden evidenciar la existencia de dos grandes grupos en donde la mayoría de los encuestados colocaron sus respuestas. Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, la respuesta correcta corresponde a la alternativa A. La alternativa C será correcta siempre y cuando se determine a través de una prueba de hipótesis de contraste de medias que el proceso se encuentra centrado.

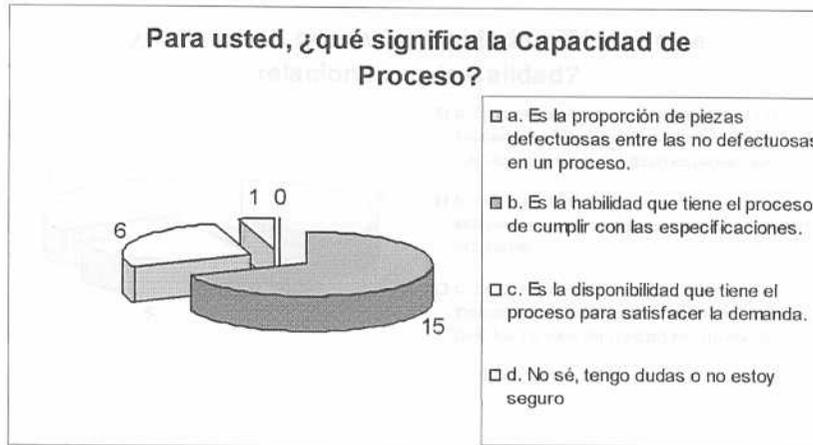


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo sobre el significado de la Capacidad de Procesos.

La mayoría del personal encuestado opinó correctamente en cuanto al significado de la Capacidad del Proceso. Sin embargo, un grupo de personas tiende a asociarla con capacidad productiva en vez de capacidad de cumplir con la calidad esperada.

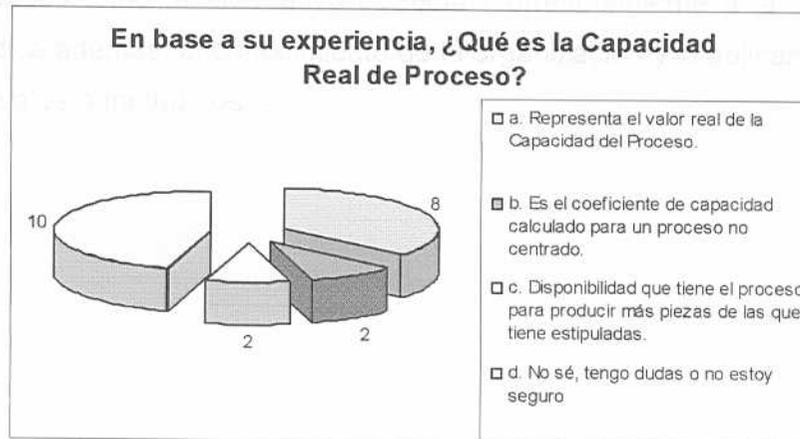


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca del concepto de Capacidad Real de Procesos.

El gráfico anterior muestra en general un desconocimiento por parte del personal administrativo sobre el significado del índice Cpk. Se observó que un nueve por ciento (9%) de los encuestados solamente escogió la respuesta correcta correspondiente a la alternativa B.

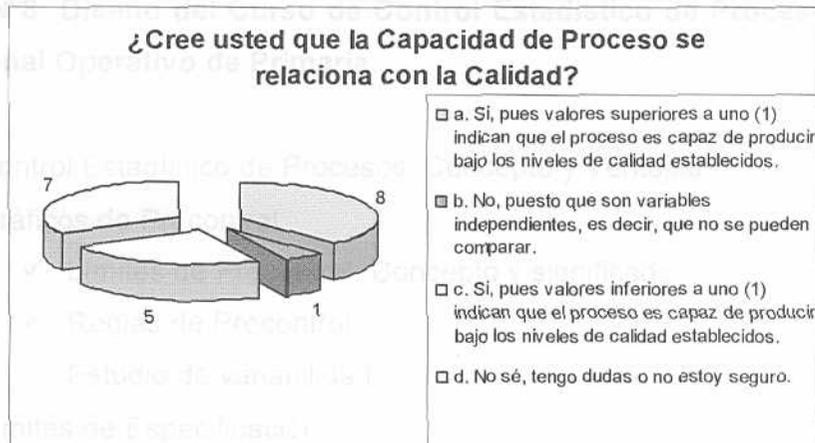


Gráfico de Resultados de la encuesta. Opinión del personal administrativo acerca de la relación de la Capacidad de Procesos y la calidad.

Los resultados que se muestran en el gráfico anterior permiten concluir que el personal administrativo en líneas generales no tiene claro cuál es la relación de la calidad de un producto con la Capacidad de Procesos, puesto que solamente un treinta y ocho por ciento de los encuestados tomó la alternativa correcta (correspondiente a la opción A). Esto indica además, el conocimiento de la organización y la aplicabilidad que se le da a esta metodología.

Anexo N°8: Diseño del Curso de Control Estadístico de Procesos para el Personal Operativo de Primaria.

- Control Estadístico de Procesos. Concepto y Ventajas.
- Gráficos de Precontrol.
 - ✓ Límites de Precontrol. Concepto y significado.
 - ✓ Reglas de Precontrol.
 - ✓ Estudio de variabilidad.
- Límites de Especificación:
 - ✓ Concepto.
 - ✓ Significado.
 - ✓ Target (Valor puntual que se quiere de una variable).
- Diferencias entre Límites de Precontrol y de Especificación.
- Proceso Centrado.
- Capacidad de Proceso.
 - ✓ Variabilidad Máxima.
 - ✓ Causas Asignables. Concepto. Gráficos de Pareto.

Anexo N°9: Diseño del Curso de Control Estadístico de Procesos para el Personal Operativo de Secundaria.

- Control Estadístico de Procesos. Concepto y Ventajas.
- Gráficos de Control:
 - ✓ Límites de Control. Concepto y significado.
 - ✓ Ventajas de los Gráficos de Control.
- Reglas del Control Estadístico de Procesos.
- Proceso bajo Control.
- Límites de Especificación:
 - ✓ Concepto.
 - ✓ Significado.
 - ✓ Target (Valor puntual que se quiere de una variable).
- Diferencias entre Límites de Control y de Especificación.
- Proceso Centrado.
- Causas Asignables. Concepto. Gráficos de Pareto.
- Capacidad de Proceso.

Anexo N°10: Diseño del Curso de Control Estadístico de Procesos para el Personal Administrativo.

- Control Estadístico de Procesos. Concepto y Ventajas.
- Gráficos de Control:
 - ✓ Límites de Control. Concepto y significado.
 - ✓ Ventajas de los Gráficos de Control.
- Reglas del Control Estadístico de Procesos.
- Proceso bajo Control.
- Límites de Especificación:
 - ✓ Concepto.
 - ✓ Significado.
 - ✓ Target (Valor puntual que se quiere de una variable).
- Diferencias entre Límites de Control y de Especificación.
- Gráficos de Precontrol.
 - ✓ Límites de Precontrol. Concepto y significado.
 - ✓ Reglas de Precontrol.
 - ✓ Estudio de variabilidad.
- Diferencias entre Límites de Precontrol y de Especificación.
- Proceso Centrado.
- Causas Asignables. Concepto y Herramientas de Análisis.
- Capacidad de Proceso.

ANEXO N°11: MANUAL DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

PROPÓSITO

Establecer los pasos a seguir para la implantación del Control Estadístico de Procesos.

OBJETIVO GENERAL

Establecer las pautas necesarias para la aplicación del Control Estadístico de Procesos como herramienta de ayuda para el mejoramiento de la calidad del producto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocimiento de los conceptos básicos acerca del Control Estadístico de Procesos.
2. Conocimiento de los conceptos básicos acerca de la Metodología de Precontrol.
3. Descripción de las herramientas utilizadas para la aplicación del Control Estadístico de Procesos.
4. Descripción de las herramientas utilizadas para la aplicación de la Metodología de Precontrol.
5. Conocimiento de la Capacidad de Procesos.
6. Descripción de las variables de estudio, equipos de medición y puntos de control.
7. Descripción del muestreo y su frecuencia.
8. Análisis de los Gráficos de Control, Precontrol y Capacidad del Proceso.
9. Análisis de Causas Asignables.

ALCANCE Y ÁREAS AFECTADAS

Este procedimiento se aplicará solamente en los puntos de control de humedad en el área de PMD y en los módulos de elaboración de SMD.

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE CEP

Control Estadístico de Procesos

Es una metodología que permite detectar a tiempo posibles fallas de un producto, haciendo uso de los métodos estadísticos. Lo que busca el control estadístico de procesos, es comparar la calidad de diseño del producto con la calidad de concordancia.

La calidad de diseño busca copiar los resultados del estudio de mercado y agregar las innovaciones una vez copiado el estudio, siguiendo los métodos establecidos.

La calidad de concordancia busca la reproducción exacta del diseño del producto.

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:
---------------	---------------	--------------------



Causas Asignables

Son cambios producidos en las variables controlables del proceso y pueden ser identificadas. Ejemplo: Cambios en temperaturas fijadas, presiones, proveedores de materia prima, etc. Es decir, son aquellas causas o fuentes de variación que afectan el comportamiento del proceso, obteniéndose productos diferentes a lo esperado.

Causas No Asignables

Son cambios producidos en las variables no controlables del proceso. Por ejemplo: pequeñas variaciones de calidad del plástico, pequeños cambios en la velocidad del pistón, ligeras fluctuaciones de la corriente eléctrica que alimenta la máquina, etc. Las causas no asignables siempre están presentes en el proceso, por lo tanto originan pequeñas variaciones en el comportamiento del mismo.

Conceptos estadísticos elementales

La aplicación del Control Estadístico de Procesos, viene acompañada de conocimientos elementales de estadística, los cuales serán mencionados y explicados a continuación:

Promedio Muestral (Media): Supóngase una población U, de tamaño N. Sea m_1 , una muestra aleatoria de tamaño n de la población U, en donde $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$ son las observaciones en la muestra. La medida más importante de la tendencia central de la muestra es el promedio muestral, el cual se calcula como:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + \dots + x_n}{n}, \text{ donde}$$

\bar{X} = promedio muestral.

n = cantidad de elementos presentes en la muestra.

Ahora, supóngase que se tienen m muestras de tamaño n, y se quiere conocer el promedio de los promedios muestrales (o lo que llamaremos la Gran Media):

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \bar{X}_4 + \dots + \bar{X}_m}{m}, \text{ donde}$$

$\bar{\bar{X}}$ = promedio de los promedios muestrales.

m = número de muestras de tamaño n obtenidas del proceso.

Varianza Muestral: Supóngase nuevamente una población U , de tamaño N . Sea m_1 , una muestra aleatoria de tamaño n de la población U , en donde $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$ son las observaciones en la muestra. Sea \bar{x} la *media muestral de dicha muestra*. Entonces la *varianza muestral* (S^2) mide la *variabilidad que presentan los datos de la muestra con respecto al valor promedio*. Entre más grande sea la *varianza muestral*, mayor es la *variabilidad de los datos en la muestra*.

La *varianza muestral*, se obtiene de la siguiente manera:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \text{ donde}$$

x_i = datos que pertenecen a la muestra m_1 .

\bar{x} = promedio de los datos muestrales.

n = número de datos contenidos en la muestra.

Normalmente, se prefiere utilizar la raíz cuadrada de la *varianza muestral*, llamada **desviación estándar muestral** (S), como medida de la *variabilidad*.

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

De igual manera que el promedio muestral, se puede calcular el promedio de la *varianza muestral*, a partir de un grupo de muestras que provienen de una población U . Entonces:

\bar{S}^2 = promedio de las *varianzas muestrales*.

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_n}{n}, \text{ donde}$$

S_1 = desviación estándar muestral para la muestra m_1

S_2 = desviación estándar muestral para la muestra m_2

S_n = desviación estándar muestral para la muestra n .

Gráficos de Control

Los gráficos de control, son a menudo la herramienta más utilizada para aplicar Control Estadístico de Procesos. Son gráficas que permiten monitorear el proceso y observar su comportamiento de acuerdo a niveles de calidad definidos previamente. Los gráficos de control se dividen en dos tipos:

- Gráficos por atributos: comprenden los Gráficos de Porcentaje de Defectuosos (Gráficos P), Gráficos de Cantidades Defectuosas (Gráficos nP), Gráficos de Cantidad de Defectuosos en el lote (Gráficos C) y los Gráficos de Cantidad de Defectuosos por Unidad (Gráficos U).
- Gráficos por variables: en este renglón se incluyen las Gráficas \bar{X} vs R (Media vs Rango) y \bar{X} vs S (Media vs Desviación).

Los Gráficos de Control del tipo \bar{X} vs S (utilizados para operar en las áreas de PMD y SMD), poseen una gráfica de estudio para la media del proceso y una gráfica para el estudio de la desviación del proceso. Cada gráfica contiene **Límites de Control**, calculados según el parámetro que se esté midiendo (más adelante se indicará como se calculan para cada gráfica).

En los gráficos de control, se tiende a hablar de **procesos centrados**, lo cual quiere decir que el Límite Central de Control, coincide con el valor medio de la especificación de la variable en estudio. **Siempre se busca que el proceso se encuentre centrado, ya que se obtendrán productos con mejores niveles de calidad.**

Los Gráficos de Control parten del supuesto de que la variable de estudio tiene una **Distribución de Probabilidad Normal** por lo que para ser aplicados y analizados correctamente, se debe comprobar previamente que la variable de estudio se ajusta a este tipo de distribución.

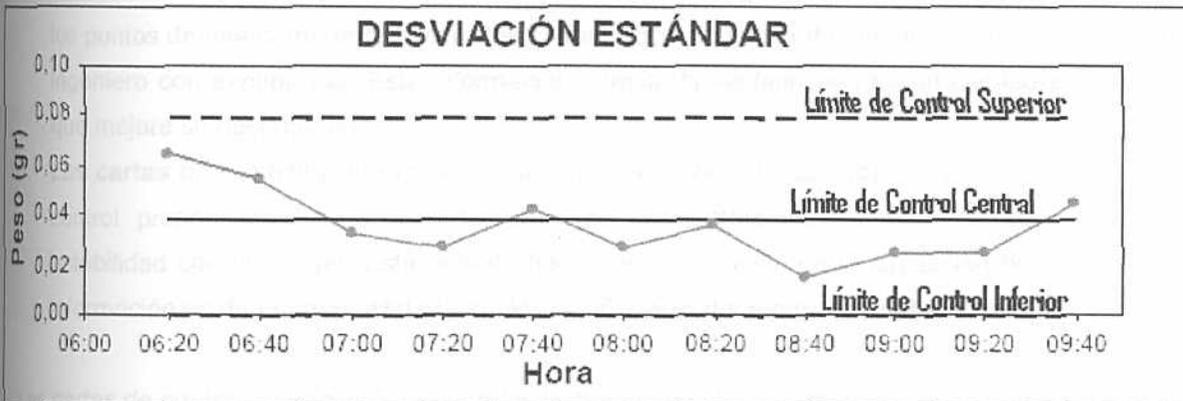
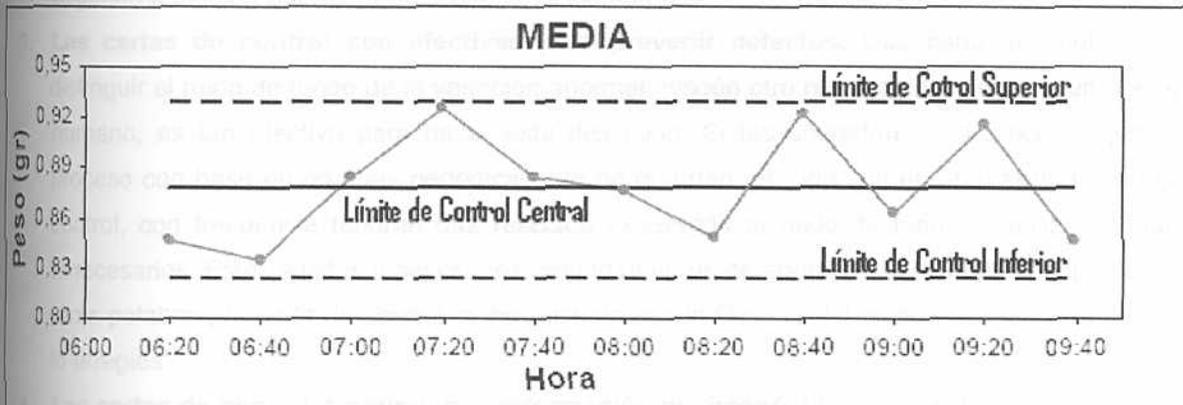
Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Gráfica de Control del tipo \bar{X} vs S:



Ventajas de las Gráficas de Control

1. Las gráficas de control son una técnica probada para mejorar productividad. Un programa exitoso de cartas de control reducirá los desechos y el reprocesamiento, que son los principales depredadores de la productividad en cualquier operación. Si se reducen los desechos y el reprocesamiento, se incrementará la productividad, se reducirán los costos y se aumentará la capacidad de producción (medida en el número de partes buenas por hora).
2. Las cartas de control son efectivas para prevenir defectos. La carta de control ayuda a mantener el proceso bajo control, lo cual es consistente con la filosofía del "hacerlo bien a la primera". Nunca es más barato separar las unidades "buenas" de las "malas" más tarde que

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

fabricarlas bien desde un principio. Si no se cuenta con un control del proceso efectivo, se estará pagando a alguien por hacer un producto disconforme.

3. **Las cartas de control son efectivas para prevenir defectos.** Una carta de control puede distinguir el ruido de fondo de la variación anormal; ningún otro recurso, incluyendo a un operador humano, es tan efectivo para hacer esta distinción. Si los operadores del proceso ajustan el proceso con base en pruebas periódicas que no guardan relación con un programa de cartas de control, con frecuencia tendrán una reacción exagerada al ruido de fondo y realizarán ajustes innecesarios. Estos ajustes innecesarios redundan en un deterioro del desempeño del proceso. En otras palabras, la carta de control es consistente con la filosofía del "si no está descompuesto, no lo arregles".
4. **Las cartas de control proporcionan información de diagnóstico.** Frecuentemente, el patrón de los puntos de una carta de control incluirá información con valor de diagnóstico para un operador o ingeniero con experiencia. Esta información permite la implantación de un cambio en el proceso que mejore su desempeño.
5. **Las cartas de control proporcionan información sobre la capacidad del proceso.** La carta de control proporciona información del valor de parámetros importantes del proceso y de su estabilidad con el tiempo. Esto permite hacer una estimación de la capacidad del proceso. Esta información es de enorme utilidad para los diseñadores del producto y del proceso.

Las cartas de control se encuentran entre las herramientas de control administrativo más importantes; son tan importantes como los controles de costos y los controles de materiales.

Límites de Control

Los Límites de Control establecen un rango de operación, en el cual el proceso se encuentra bajo control, es decir, que opera sólo bajo **causas no asignables**. Los Límites de Control, a diferencia de los Límites de Especificación, se determinan a partir del comportamiento del proceso, es decir, son dependientes del desenvolvimiento del proceso. El cálculo de los Límites de Control, depende del tipo de **Gráfico de Control** que se esté utilizando para monitorear el proceso, y del tamaño del subgrupo para las muestras que se estén tomando.

Los Límites de Control, contemplan lo siguiente:

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

- Un Límite de Control Superior (L.C.S.) el cual indica el límite máximo de operación controlada del proceso.
- Un Límite de Control Central (L.C.C.) el cual indica el promedio de las medias o desviaciones de los subgrupos muestreados. Este límite es conocido también como la Gran Media.
- Un Límite de Control Inferior (L.C.I.) que indica el límite mínimo de operación controlada del proceso.

Para nuestro caso (Gráficos de Control \bar{X} vs S), los Límites de Control se determinan de la siguiente manera:

Carta \bar{X} :

$$L.C.S. = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$$

$$L.C.C. = \bar{\bar{X}}$$

$$L.C.I. = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$$

Carta S:

$$L.C.S. = B_4 \bar{S}$$

$$L.C.C. = \bar{S}$$

$$L.C.I. = B_3 \bar{S}$$

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:
---------------	---------------	--------------------



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

Donde las constantes A_3 , A_4 , B_3 y B_4 son extraídas de la tabla que se muestra a continuación y que dependen del tamaño de muestra.

Número de Observaciones (n)	A_2	A_3	A_6	B_3	B_4	c_4	d_2	d_3	d_4	D_3	D_4
2	1,880	2,659		0,000	3,267	0,7979	1,128	0,853	0,954	0,000	3,267
3	1,023	1,954	1,187	0,000	2,568	0,8862	1,693	0,888	1,588	0,000	2,574
4	0,729	1,628		0,000	2,266	0,9213	2,059	0,880	1,978	0,000	2,282
5	0,577	1,427	0,691	0,000	2,089	0,9400	2,326	0,864	2,257	0,000	2,114
6	0,483	1,287		0,030	1,970	0,9515	2,534	0,848	2,472	0,000	2,004
7	0,419	1,182	0,509	0,118	1,882	0,9594	2,704	0,833	2,645	0,076	1,924
8	0,373	1,099		0,185	1,815	0,9650	2,847	0,820	2,791	0,136	1,864
9	0,337	1,032	0,412	0,239	1,761	0,9693	2,970	0,808	2,915	0,184	1,816
10	0,308	0,975		0,284	1,716	0,9727	3,078	0,797	3,024	0,223	1,777
11	0,285	0,927	0,350	0,321	1,679	0,9754	3,173	0,787	3,121	0,256	1,744
12	0,266	0,886		0,354	1,646	0,9776	3,258	0,778	3,207	0,283	1,717
13	0,249	0,850		0,382	1,618	0,9794	3,336	0,770	3,285	0,307	1,693
14	0,235	0,817		0,406	1,594	0,9810	3,407	0,762	3,356	0,328	1,672
15	0,223	0,789		0,428	1,572	0,9823	3,472	0,755	3,422	0,347	1,653
16	0,212	0,763		0,448	1,552	0,9835	3,532	0,749	3,482	0,363	1,637
17	0,203	0,739		0,466	1,534	0,9845	3,588	0,743	3,538	0,378	1,622
18	0,194	0,718		0,482	1,518	0,9854	3,640	0,738	3,591	0,391	1,608
19	0,187	0,698		0,497	1,503	0,9862	3,689	0,733	3,640	0,403	1,597
20	0,180	0,680		0,510	1,490	0,9869	3,735	0,729	3,686	0,415	1,585
21	0,173	0,663		0,523	1,477	0,9876	3,778	0,724	3,730	0,425	1,575
22	0,167	0,647		0,534	1,466	0,9882	3,819	0,720	3,771	0,434	1,566
23	0,162	0,633		0,545	1,455	0,9887	3,858	0,716	3,811	0,443	1,557
24	0,157	0,619		0,555	1,445	0,9892	3,895	0,712	3,847	0,451	1,548
25	0,153	0,606		0,565	1,435	0,9896	3,931	0,709	3,883	0,459	1,541

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Reglas de Control Estadístico de Procesos

Existen ciertas reglas que determinan cuando un proceso se encuentra dentro o fuera de control. Su conocimiento es esencial para mantener la metodología del Control Estadístico de Procesos. A continuación se explican detalladamente en qué consisten las ocho reglas de control, así como también algunas causas que pudieran estar relacionadas según sea el caso.

CÓMO INTERPRETAR UN GRÁFICO DE CONTROL

CON PATRÓN NORMAL	PROCESO EN CONTROL
<ol style="list-style-type: none">1. Se estima que de cada 3 puntos en el gráfico, 2 puntos estén situados cerca de la línea central.2. Hay pocos puntos situados cerca de los límites central.3. Hay puntos situados a uno y al otro lado de la línea central.4. Hay la misma cantidad de puntos a ambos lados de la línea central.5. Ningún punto está situado fuera de los límites de control.	<ol style="list-style-type: none">1. Solamente existe variación normal en el proceso.2. Todos los puntos caen dentro de los límites de control o siguen un patrón normal.3. El proceso está a su máximo de uniformidad.4. El mejoramiento puede ser obtenido solamente a través de un cambio en el proceso:<ul style="list-style-type: none">- Materiales.- Máquinas.- Mano de Obra.- Métodos.- Medio Ambiente.

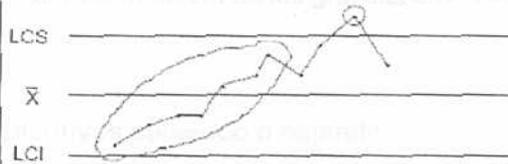
Estas son las situaciones esperadas cuando se aplica Control Estadístico en un proceso. Se quiere que las muestras tomadas se encuentren dentro de los límites de control, y que además se hallen cerca del Límite Central, lo que indica que el proceso muestra poca variabilidad.

Una herramienta útil que permite monitorear cuando un proceso se encuentra fuera o bajo control es el Método del Círculo, el cual consiste en mantener un conteo histórico de la data para identificar el momento en el cual el proceso se encuentra fuera de control. El mismo se explica a continuación:

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:
---------------	---------------	--------------------



EL MÉTODO DEL CIRCULO



Marque los puntos fuera de control en el gráfico y mire la acción que se ha tomado para arreglarlos. Señales que indican que el proceso está fuera de control:

- Puntos fuera de los límites de control.
- Corridas.
- Patrones.

Los casos que muestran cuándo un proceso se encuentra fuera de control son los siguientes:

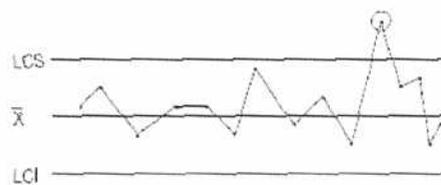
Primera Regla: Puntos fuera de los Límites de Control

PROCESO FUERA DE CONTROL



- El proceso presenta una variación anormal.
- Existen puntos que caen fuera de los límites de control o que no siguen un patrón normal.
- Acción requerida: Investigar y eliminar o incorporar.

PUNTOS FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL



Una corrida se define como un grupo de puntos coleccionados uno detrás del otro (Consecutivamente).

- Investigue las causas.
- Elimine o incorpore las causas directas.

Revisado por:

Aprobado por:

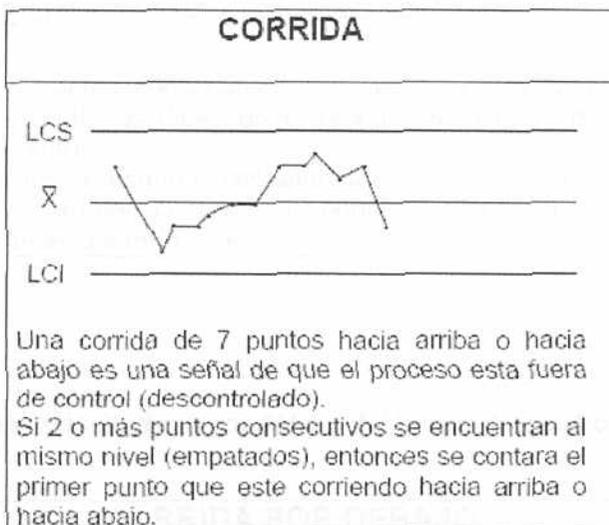
Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

Cuando exista un punto que se ubique fuera de los Límites de Control, se dice que el proceso se encuentra fuera de control, lo que aumenta la probabilidad de obtener productos que no cumplan con las especificaciones del cliente. La acción a tomar en este caso, es intervenir sobre el proceso hasta lograr un comportamiento controlado (tal como se muestra en las gráficas anteriores) para lograr productos acorde a la calidad esperada.

Segunda Regla: Puntos consecutivos subiendo o bajando



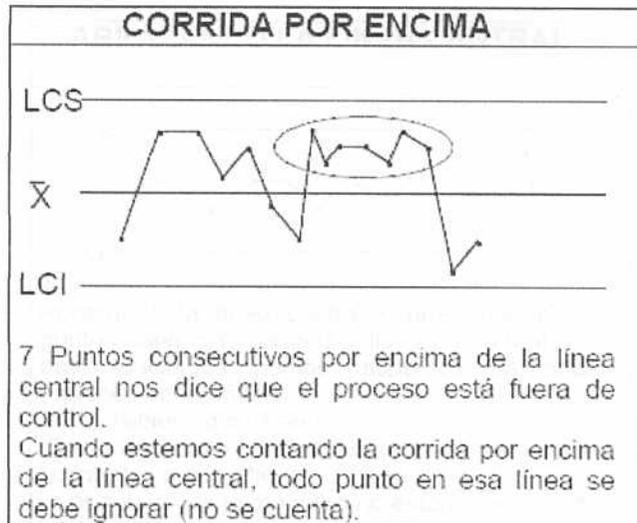
Revisado por:

Aprobado por:

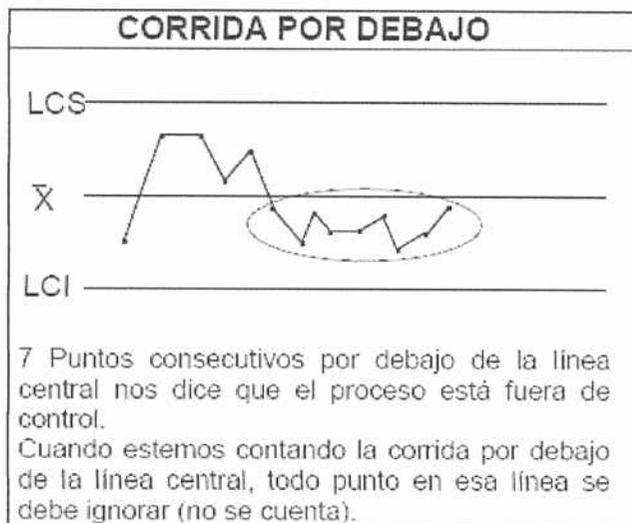
Fecha de Vigencia:



Tercera Regla: Siete puntos por encima del Límite de Control Central



Cuarta Regla: Siete puntos consecutivos por debajo del Límite de Control Central



Revisado por:

Aprobado por:

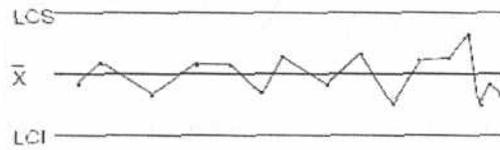
Fecha de Vigencia:



Quinta Regla: Abrazando la Línea o Límite Central

CICLOS

ABRAZANDO LA LÍNEA CENTRAL



Abrazando la línea central ocurre cuando los puntos caen muy cerca de ella, y por lo tanto no hay suficientes puntos dispersos en otras regiones del gráfico.

Sus posibles causas son:

- Funcionamiento inadecuado de los controles automáticos.
- Los relojes de la máquina no están funcionando correctamente.
- Error de cálculo.
- No se están reportando los valores extremos.
- Se redujo la variación del proceso.
- Los Límites de Control están desactualizados

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Sexta Regla: Ciclos

CICLOS
CAMBIO PERIÓDICO DE NIVEL

Un ciclo es un patrón pequeño que se repite varias veces en el gráfico. Generalmente aparece en forma de olas, que tiene puntos altos y bajos periódicamente.

Sus posibles causas:

- Cansancio y recuperación del operador antes y después de tomar un descanso.
- La frecuencia del mantenimiento preventivo.
- Las herramientas gastadas.
- Diferencias entre los turnos.
- La rotación periódica de los operadores.
- Sobreajustes en la máquina.
- Existe repetición entre los efectos de temperatura y humedad.
- Cambio regular de materiales.

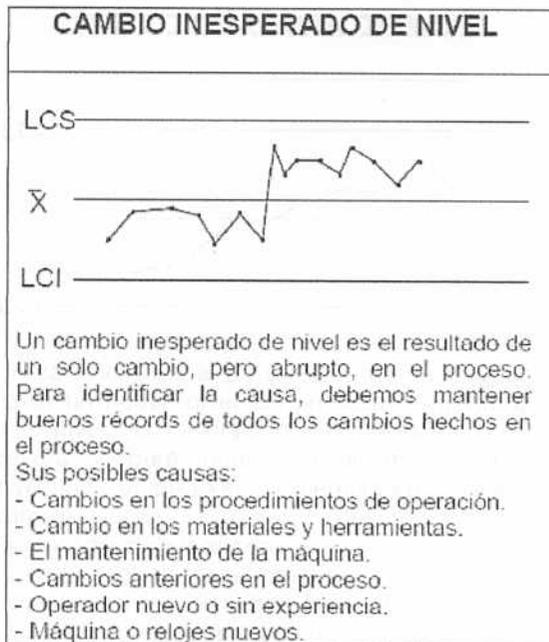
Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Séptima Regla: Cambio Inesperado de Nivel



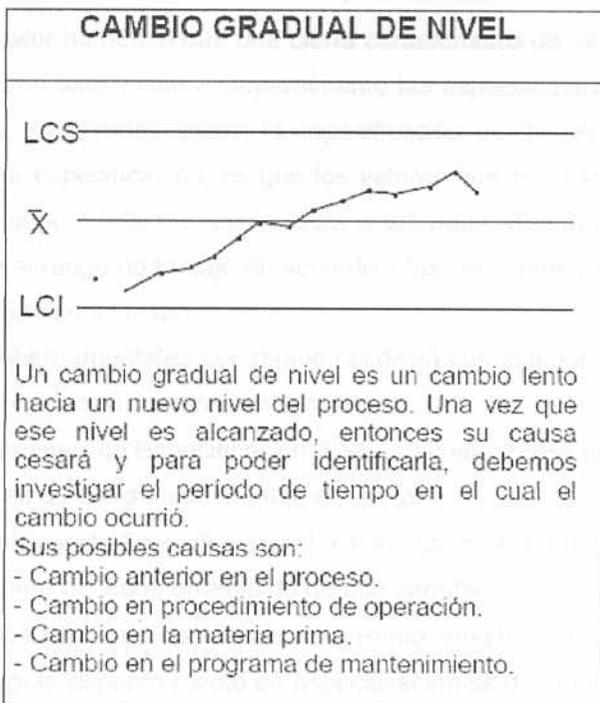
Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Octava Regla: Cambio Gradual de Nivel



Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Límites de especificación

Se llama especificación al valor numérico que una cierta característica de calidad debe cumplir, para que se considere al producto como satisfactorio. Generalmente las especificaciones son bilaterales, es decir, que establecen dos límites. En algunos casos, la especificación puede ser unilateral. El concepto más importante en relación a una especificación, es que los valores que ella establece se aplican para cada pieza individualmente, y no al promedio de una muestra o subgrupo. Son definidos por un especialista en la materia, el cual establece el rango de trabajo de acuerdo a las siguientes premisas:

1. Gustos o requerimientos del cliente.
2. Normas legales o gubernamentales que regulen el diseño de algunos productos.

A su vez, los límites de especificación contemplan lo siguiente:

- Un Límite Superior de Especificación (LSE), el cual representa el límite máximo de trabajo o de lo que se quiere de una variable en estudio.
- Un Límite Inferior de Especificación (LIE), el cual muestra el límite mínimo de trabajo o de lo que se quiere del comportamiento de una variable.
- Un Límite Central de Especificación o Punto Medio de Especificación. En el caso de Cigarrera Bigott, el punto medio de especificación se denomina TARGET, el cual define el valor medio que se quiere de una variable.

METODOLOGÍA DE PRECONTROL

El precontrol es una técnica que puede ser usada con los gráficos de control por variables, con el propósito de revelar situaciones del proceso y variaciones que puedan producir defectos. Además de esto el precontrol permite establecer límites al proceso sin hacer uso de las fórmulas de cálculo de los límites de control.

Esta técnica asume un comportamiento normal de la variable en estudio para identificar variaciones del proceso que puedan penalizar la producción. La teoría del precontrol se basa en límites de especificación para el proceso. Así, un proceso normal que se encuentre dentro de la tolerancia especificada estará controlado, siempre que cumpla con una serie de reglas de precontrol. Es importante resaltar que esta técnica parte de la suposición de que el proceso se encuentra centrado, es decir, que la media del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones.

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:

Esta metodología es utilizada generalmente cuando se puede conocer la variable del proceso sin necesidad de tomar muestras del proceso, es decir, cuando se conoce la población de la variable en estudio.

Los límites de precontrol se establecen en base a la distribución normal del proceso y los límites de especificación. A continuación se presenta un gráfico para un proceso normal de precontrol y sus límites de precontrol:

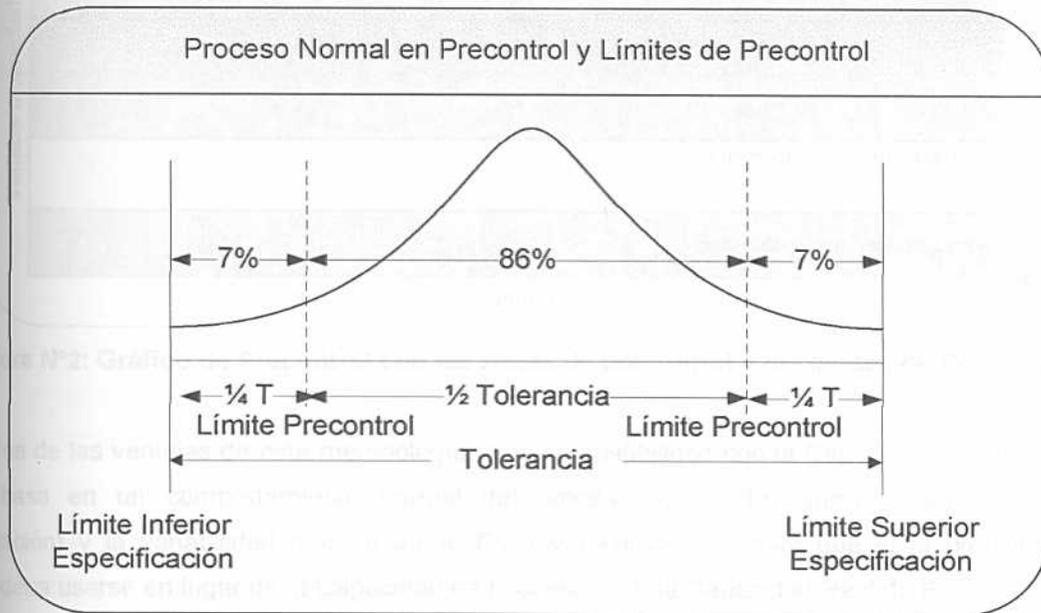


Figura N°1: Gráfico de un proceso con comportamiento Normal y sus límites de Precontrol.

El gráfico de precontrol para un proceso normal se divide en zonas de color rojo, amarillo y verde. La primera zona (roja) representa los puntos del gráfico que están fuera de los límites de especificación, la segunda zona (amarilla), representa los puntos que están dentro de los límites de precontrol, y la zona verde, los puntos que están bajo control. A continuación se presenta un gráfico con las zonas de precontrol:

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:

Gráfico de Precontrol con las zonas de Precontrol

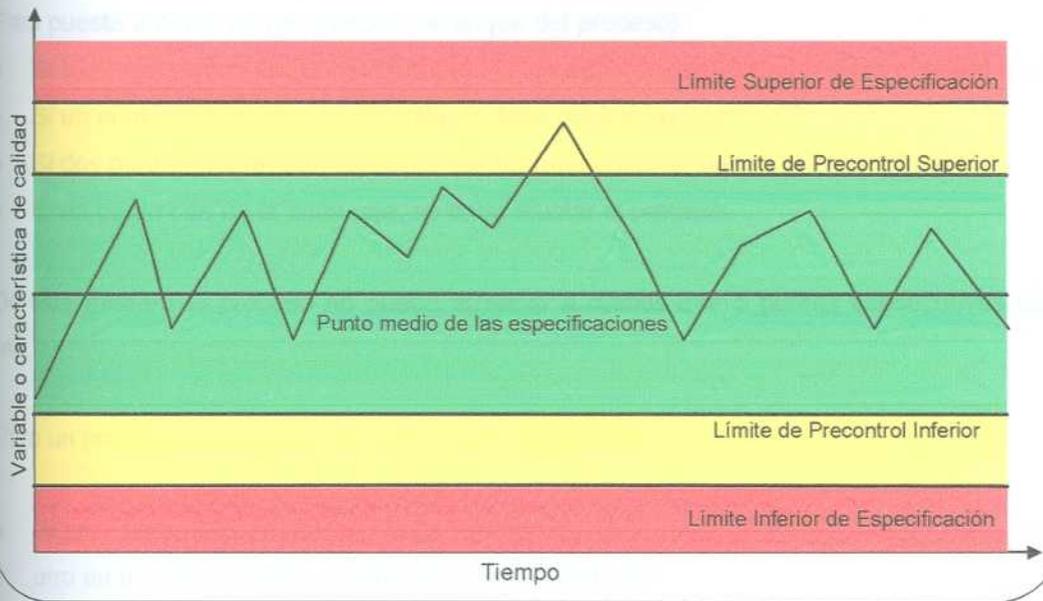


Figura N°2: Gráfico de Precontrol con las zonas de precontrol y los límites de Precontrol.

Una de las ventajas de esta metodología es la compatibilidad con la Capacidad de proceso, dado que se basa en un comportamiento normal del proceso, en la tolerancia o límites permisibles (especificación) y la variabilidad que presenta. Es obvio entonces pensar que si el proceso no está centrado deba usarse en lugar de la Capacidad de Proceso (C_p), la Capacidad Real de Proceso (C_{pk}).

De esta manera, en la figura N°1 la probabilidad de obtener dos lecturas del proceso consecutivas en la zona amarilla, es $(1/14) \times (1/14) = 1/196$. Este es el fundamento del método de Precontrol. Considerando las 4 permutaciones posibles de 2 lecturas consecutivas la probabilidad es $4/196$, es decir casi un 2%.

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

Reglas del Precontrol:

- a) Para puesta a punto de los equipos (arranque del proceso):
- Si 5 puntos consecutivos caen en la zona verde el proceso está bien para el arranque.
 - Si un punto cae en la zona amarilla se debe reiniciar el conteo.
 - Si dos puntos consecutivos caen en la zona amarilla, se debe ajustar el proceso.
 - Si un punto cae en la zona roja, se debe ajustar el proceso.

De esta manera el proceso no puede arrancar a menos que 5 puntos consecutivos estén en la zona verde.

- b) Para un proceso en producción: Dos puntos consecutivos.
- Si los dos puntos consecutivos caen en la zona verde, o un punto cae en zona y verde y el otro en la zona amarilla, el proceso puede continuar.
 - Si los dos puntos consecutivos caen del mismo lado en una zona amarilla, el proceso debe ser ajustado. Si los puntos caen en las zonas amarillas opuestas, se debe pedir ayuda y revisar el proceso.
 - Si uno de los puntos cae en una zona roja, se debe ajustar el proceso.

CAPACIDAD DE PROCESOS

Se entiende por Capacidad de Procesos, como la habilidad que tiene el proceso de cumplir con los requisitos especificados. Cuando un proceso es capaz, se dice que está cumpliendo con los niveles de calidad esperados.

Para poder calcular el índice, se debe conocer los Límites de Especificación para la variable que se está midiendo en un proceso productivo. Además, se debe calcular la **desviación estándar poblacional**, y en caso de no conocerse la misma se puede utilizar su estimador, el cual se puede calcular de la siguiente manera (cuando se utilizan Gráficos de Control del tipo \bar{X} vs S):

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:
---------------	---------------	--------------------



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

$$\hat{\sigma} = \frac{S}{c_4}, \text{ donde}$$

$\hat{\sigma}$ = Estimador Máximo Verosímil de la Desviación Estándar Poblacional.

\bar{S} = Promedio de las Desviaciones Estándar para cada muestra n_i .

c_4 = Valor constante que depende del tamaño de la muestra n_i .

El índice C_p (Capacidad de Procesos) se calcula de la siguiente manera:

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

El índice C_p , sólo tiene una adecuada interpretación si y sólo si se comprueba que el proceso se encuentra centrado (la media móvil del proceso \bar{X} coincide con el Target de Especificación). Para poder determinar que esta condición se cumpla, es necesario aplicar una Prueba de Hipótesis de Contraste de Medias, para así poder concluir si existen suficientes evidencias estadísticamente significativas para poder afirmar que el proceso se encuentra o no centrado. La prueba a utilizar, se explicará a continuación:

Prueba de hipótesis bilateral para la media con varianza poblacional desconocida

Esta prueba se utiliza en Control estadístico de Procesos cuando se quiere probar que la media de un proceso ha quedado correctamente calibrada en un valor especificado que se denota generalmente con μ_0 .

La prueba plantea dos hipótesis:

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_a: \mu \neq \mu_0$$

Generalmente el valor μ_0 es el punto medio de las especificaciones, y en ese caso la prueba pretende probar la hipótesis de que el proceso está centrado, contra la alternativa de que está descentrado. En el Control Estadístico de procesos, generalmente se dice que la varianza poblacional

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

correspondiente a la variable o característica de calidad evaluada es desconocida, por lo que es necesario estimarla. Para ello se utiliza la varianza muestral (S^2), dado que es el estimador máximo verosímil (insesgado) de la varianza poblacional calculado con n-1 en el denominador.

A continuación se muestran las fórmulas usadas para este contraste de hipótesis:

Hipótesis Alternativa	Estadístico del Contraste	Región Crítica	Valor P
$\mu < \mu_0$	\bar{X}	$\left(-\infty, \mu_0 + t_{n-1; \alpha} \frac{s_C}{\sqrt{n}}\right)$	$P \left[t_{n-1} < \frac{(\bar{x} - \mu_0) \sqrt{n}}{s_C} \right]$
$\mu > \mu_0$		$\left(\mu_0 + t_{n-1; 1-\alpha} \frac{s_C}{\sqrt{n}}, +\infty\right)$	$P \left[t_{n-1} > \frac{(\bar{x} - \mu_0) \sqrt{n}}{s_C} \right]$
$\mu \neq \mu_0$		$\left(-\infty, \mu_0 + t_{n-1; \alpha/2} \frac{s_C}{\sqrt{n}}\right) \cup \left(\mu_0 + t_{n-1; 1-\alpha/2} \frac{s_C}{\sqrt{n}}, +\infty\right)$	$2P \left[t_{n-1} > \frac{ \bar{x} - \mu_0 \sqrt{n}}{s_C} \right]$

En el caso que no se acepte la Hipótesis Nula (H_0), es decir, que el proceso no se encuentra centrado, el índice a utilizar se denomina Cpk (Capacidad Real de Procesos). El índice Cpk se calcula de la siguiente manera:

$$\hat{C}_{PK} = \text{Mínimo entre } \left\{ \frac{Ls - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - Li}{3\sigma} \right\}$$

$$\hat{C}_{PK} = \hat{C}_p(1 - K); \quad K = \frac{2\Delta}{T}, \quad \text{Donde: } \begin{cases} \Delta: \left| \mu - \frac{Ls + Li}{2} \right| \\ T = L.S. - L.I. \end{cases}$$

$$\text{Si } \mu = Ls; \hat{C}_{PK} = 0$$

Interpretación de los índices

El índice Cp y Cpk, indican el cociente entre el intervalo de especificaciones (numerador) y la variabilidad natural del proceso (denominador). La variabilidad natural del proceso se conoce como los **Límites Naturales del Proceso**.

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

$$L.N.S. = \bar{X} + 3\sigma$$

$$L.N.S. = \bar{X} - 3\sigma, \text{ donde}$$

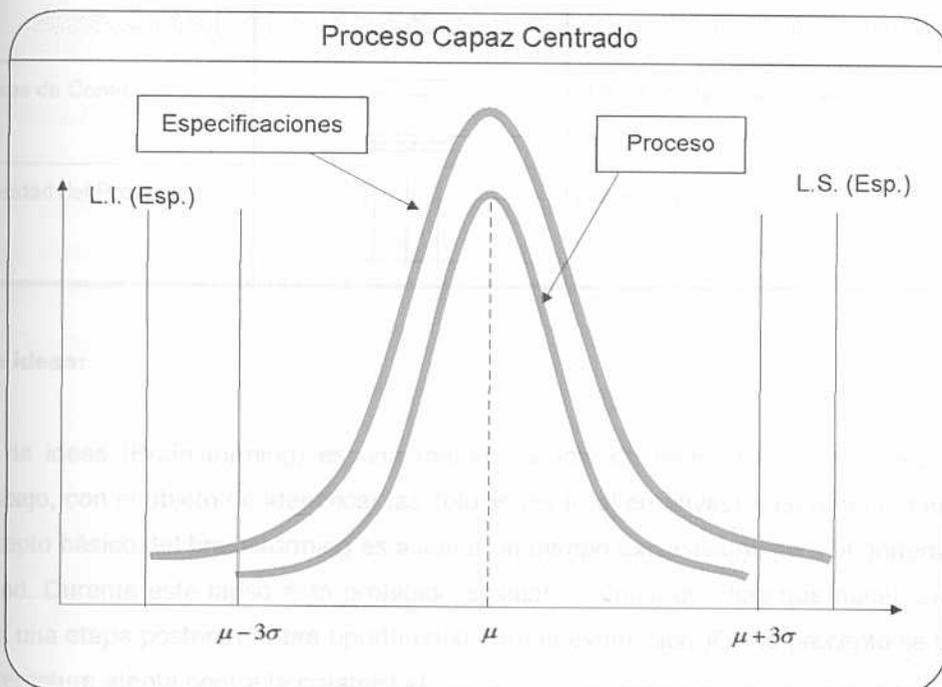
\bar{X} = media del proceso.

σ = desviación estándar poblacional. Se utiliza el estimador de la misma descrito anteriormente.

Cuando $C_p = 1$, el proceso posee un nivel de calidad aceptable. Es decir se está produciendo con una variabilidad natural que se encuentra dentro de los Límites de Especificación.

Cuando $C_p > 1$ el proceso posee un nivel de calidad excelente. Se está produciendo con una variabilidad natural pequeña, lo que genera productos con mejores indicadores de calidad.

Si $C_p < 1$, el proceso es incapaz aunque esté centrado, pues los límites de especificación resultan demasiado estrechos en comparación con los límites de variabilidad natural del proceso.



Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Diagramas de Pareto:

Los Diagramas de Pareto permiten identificar los problemas más significativos que deben atenderse primero. Históricamente, 80% de los problemas se deben al 20% de las causas o factores identificados, los cuales se ordenan de los más frecuentes a los menos frecuentes. Los Diagramas de Pareto representan el primer paso para poder elaborar un **Diseño de Experimentos**.

Diagramas de Pareto:

Diseño de Experimentos

Los Diagramas de Pareto permiten describir el comportamiento de un proceso, mediante la utilización de

Es una técnica estadística que tiene como objetivo realizar pruebas controladas para examinar los efectos que tienen ciertas variables sobre una variable respuesta. Es decir, la influencia que ejercen ciertos factores sobre una variable en estudio. Cada factor puede ser por ejemplo, turnos de trabajo, días laborales, etc. Un factor puede estar compuesto de varios niveles (condiciones en las que se presenta el factor) como por ejemplo, primer turno de trabajo, día lunes, etc. En el Control Estadístico de Procesos, a partir de los Diagramas de Pareto se puede determinar qué factores están afectando al proceso, considerando los niveles implícitos en cada factor. Al llevar a cabo el Diseño de Experimentos, se sabrá si estadísticamente existe una diferencia significativa entre cada uno de los niveles detectados y entre cada factor.

Diagramas de Verificación:

Diagramas Causa-Efecto:

Los Diagramas Causa-Efecto se utilizan para registrar las causas asociadas a una consecuencia en

específico. Se buscan las causas que originan un problema analizando los materiales, máquinas, mediciones, hombres, métodos y otros factores. Por su estructura, estos diagramas son llamados comúnmente Diagramas de Pescado.

Histograma:

La forma de los histogramas indica la naturaleza de la distribución de los datos. Puede verse con facilidad la tendencia central (promedio) y la variabilidad. En este tipo de diagramas, pudieran utilizarse las especificaciones del producto para determinar rápidamente la Capacidad del Proceso.

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

Diagramas de Correlación:

Los Diagramas de Correlación permiten identificar la relación entre dos variables. Puede notarse con facilidad una relación positiva, negativa o simplemente la ausencia de relación entre las variables de estudio.

Diagramas de Proceso:

Los Diagramas de Proceso permiten describir esquemáticamente un proceso, mediante la utilización de figuras preestablecidas. Se concentra en reportar las operaciones, inspecciones, transportes, demoras y almacenamientos que ocurran en el proceso. Permiten expresar el conocimiento detallado del proceso, a la vez que identifican el flujo del proceso, la interacción entre los pasos del mismo y los puntos de control más importantes.

Gráficas de Control:

Descritas anteriormente

Hojas de Verificación:

Los Diagramas de Verificación simplifican la recolección y análisis de datos. Señalan las áreas problemáticas por frecuencia de localización, tipo o causa.

TIPOS DE MEDICIÓN:

Tipos de medición que se utilizan en el control estadístico de procesos

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

VARIABLES DE ESTUDIO:

Para la aplicación del Control Estadístico de Procesos, se requiere llevar un seguimiento de ciertas variables del proceso que llamaremos **variables de estudio**. A continuación, presentaremos las variables a tomar en cuenta en planta, para la aplicación de CEP de acuerdo a cada área de trabajo:

PMD

La variable de estudio a considerar en el área de Primaria, es la *humedad de la Hebra*. La humedad de la Hebra indica el % relativo de agua y otros componentes que se encuentran contenidos en la Hebra. Recordemos que el tabaco es un material higroscópico, es decir, que absorbe agua con facilidad. La humedad de la Hebra, es una variable de suma importancia, puesto que determina en gran medida la calidad esperada de la fumada.

SMD

En el área de Secundaria, existen cuatro variables de estudio a observar y analizar.

- **Circunferencia de la mecha.** Mide el diámetro en mm de la mecha que conforma el cigarrillo.
- **Peso del cigarrillo.** Mide el peso del cigarrillo en mg.
- **Ventilación.** Medida en porcentaje. Representa la cantidad de aire necesaria para que la mezcla de los gases de la fumada y del aire exterior, brinden el sabor esperado de la fumada.
- **Caída de Presión.** Es la medida de la resistencia que encuentra el flujo de aire cuando se hace circular a través del cigarrillo. Se puede interpretar también como la diferencia entre el flujo de aire entrante y el flujo de aire remanente saliente por el filtro.

EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos de medición que se utilizarán para la aplicación de CEP, son los siguientes:

Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:
---------------	---------------	--------------------



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

PMD QTM 3: Registra los valores individuales obtenidos de la medición de la circunferencia de los cigarrillos muestrados.

En Primaria, se utilizan los TM's (Tobacco Moisture) como instrumentos de medición en los modelos TM710 y TM550 (en la faja pesadora 145). Están ubicados en la Línea de Acondicionado de la Lámina y de la Vena.



TM710

En el área de Secundaria se cuenta con los QTM's (Quality Testing Module) como instrumentos de medición para las cuatro variables de estudio mencionadas anteriormente (peso, circunferencia, ventilación y caída de presión).

Existen cuatro tipos de QTM utilizados en Secundaria.

- QTM 0: Actúa como el cerebro que controla y coordina las funciones de los QTM. Envía la información obtenida al software de control.
- QTM 8: Registra los valores individuales obtenidos de la medición del peso de los cigarrillos muestrados.

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

- QTM 3: Registra los valores individuales obtenidos de la medición de la circunferencia de los cigarrillos muestreados.
- QTM 5: Registra los valores individuales obtenidos de la medición de las variables caída de presión y % de ventilación de los cigarrillos muestreados.

A continuación se muestra la tabla técnica de especificaciones del QTM0:

Módulo de control/medición - QTM0	
Capacidad física de manejo de la tolva	Circ. 15,5 - 28,5 mm Longitud 60 - 160 mm
Estantes opcionales	SLGxxx Tamaño (láser) (QTM3) STGxxx Tamaño (cinta) (QTM4) SVP1xx Vent/CP (QTM5) SVP2xx Vent/CP (QTM5U) SPDxxx CP (QTM6) SHMxxx Dureza (QTM7) SIWxxx Peso individual (QTM8) SMDxxx Humedad/Densidad (QTM9)
Interfaz de datos	Serie RS-232
Requisitos de alimentación	100/120 V o 200/240 V 50-60 Hz
Requisitos de suministro de aire	Depende de la configuración de la pila
Temperatura de trabajo	10 a 35 °C. Las especificaciones se aplican a 22 °C
Humedad de trabajo	90% máxima, sin condensación
Peso	Aprox. 35 Kg

Revisado por:

Aprobado por:

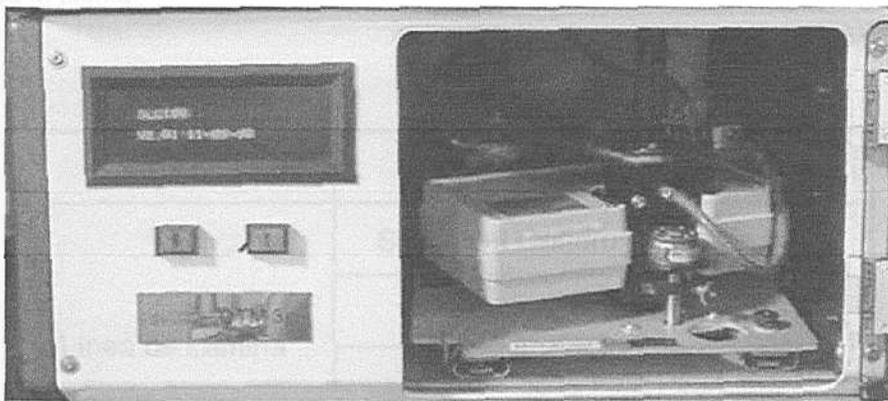
Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos



QTM8



QTM3

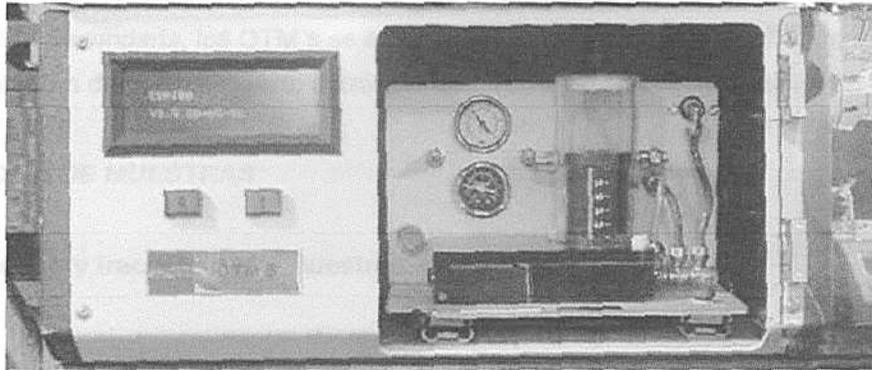
Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos



QTM5

PUNTOS DE CONTROL

Los puntos de control en donde se encuentran los instrumentos de medición (TM's) son los siguientes para cada área de la planta.

Área	Sector
Línea de Lámina	Salida del Cilindro Acondicionador
	Salida de la Resecadora
	Salida de la Faja Pesadora
	Salida de la Secadora de Lámina
Línea de Vena	Salida de la Picadora de Vena
	Entrada de los Bines de Vena
Línea de Hebra	Salida del Cilindro de Esencias / Entrada de Cuarto de hebra

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

SMD

En el área de Secundaria, los QTM's se encuentran ubicados en cada módulo de producción, en el área de la elaboradora de cigarrillos justo detrás de la correa de salida de los mismos en la máquina.

REGISTROS Y TOMA DE MUESTRAS

Tamaño de la muestra y frecuencia del muestreo.

PMD

En el área de Primaria, el muestreo se realiza en cada punto de control (con los TM's) cada cinco segundos. El valor registrado se refleja en las gráficas del sistema de monitoreo (FIX) que se encuentra en el cuarto de control de PMD. Las muestras tomadas por los TM's son **valores individuales** de humedad registrados por el dispositivo. Para mayor información buscar los manuales de funcionamiento del sistema FIX.

Por otro lado, el Departamento de Aseguramiento de la Calidad, exige tres muestras por Liga para hacer mediciones de humedad en la entrada del Cuarto de Hebra, las cuales corresponden al principio, mitad y final de la Liga (1500 Kg, 2500 Kg, 3500 Kg, respectivamente). Estas muestras son utilizadas para llevar a cabo mediciones de humedad en los hornos, y así comprobar la calibración del TM ubicado en la entrada del Cuarto de Hebra.

SMD

El muestreo se realiza en cada módulo de producción en donde se ha fijado un intervalo de muestreo de veinte (20) minutos entre cada muestra. De igual manera, el tamaño de la muestra se ha fijado a cinco unidades (cigarrillos terminados) las cuales se toman a la salida de la máquina elaboradora. La toma de estos cigarrillos debe ser lo más aleatoria posible (al azar), de tal manera que lo más recomendable es tomar unidades un poco separadas entre si.

Una vez tomada la muestra, debe ser medida en el QTM que se encuentre a disposición del módulo. Posteriormente debe registrarse la misma presionando el botón de arranque (verde) para que se tomen los

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

valores registrados (valores individuales para cada una de las variables mencionadas anteriormente, el promedio y la desviación estándar de la muestra). Estos valores podrán ser visualizados y posteriormente analizados en el software que se disponga para hacer los análisis respectivos. La pantalla de dicho software a su vez, estará a disposición del operador para que la data sea analizada y corregida.

FLUJOGRAMAS Y PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO

A continuación, se muestra el siguiente flujo grama que representa el procedimiento de muestreo en el área de SMD.



Revisado por:

Aprobado por:

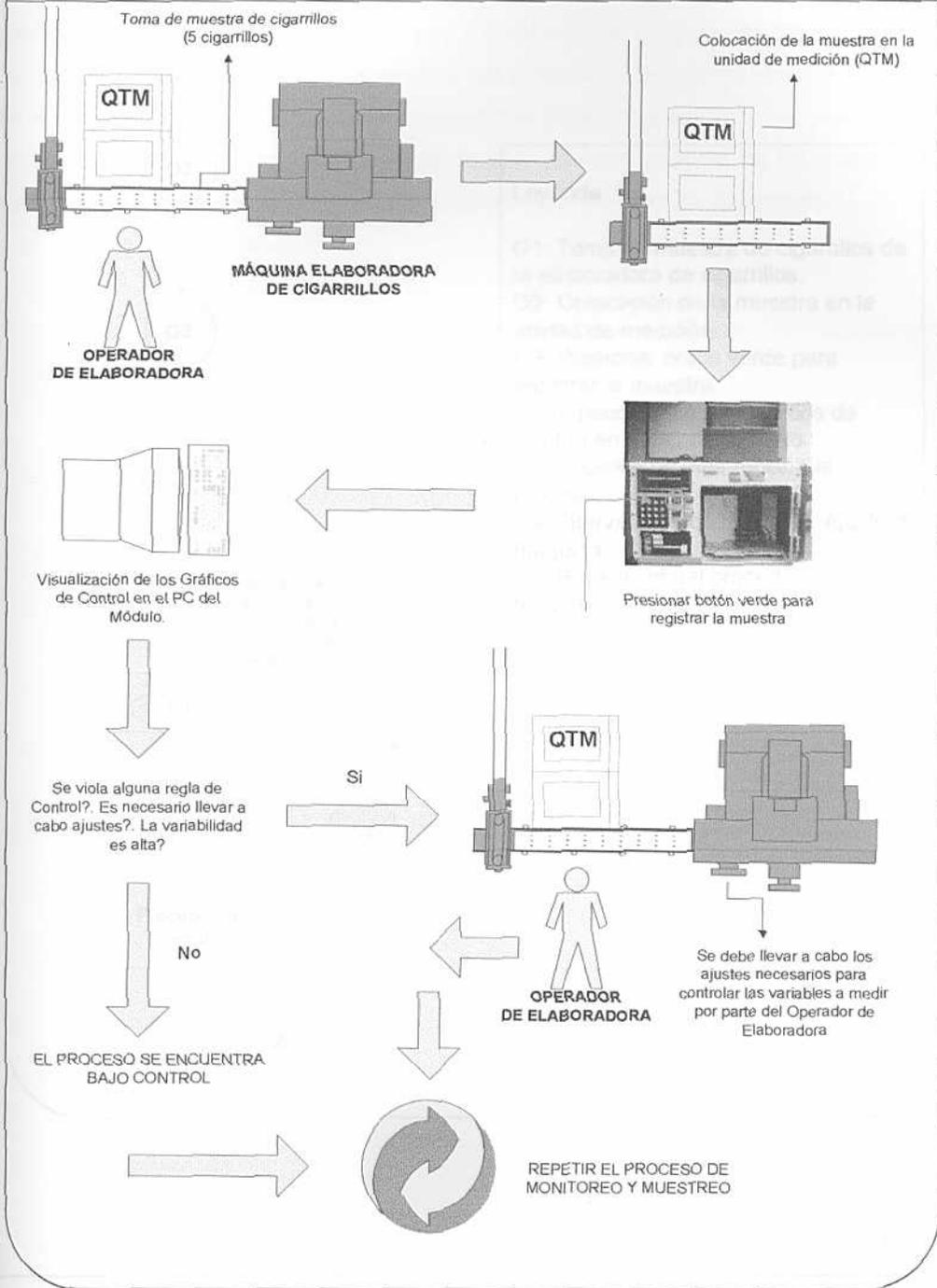
Fecha de Vigencia:

VIRREY EL PROCESO



Departamento de Aseguramiento de la Calidad
Pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos

Flujograma Proceso de Monitoreo y Toma de Muestras en Elaboradoras de SMD



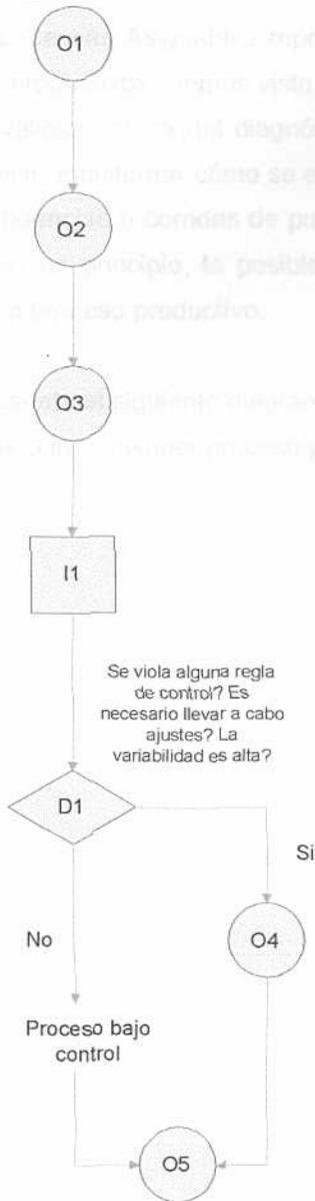
Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



Diagrama de Flujo Para el Proceso de Toma de Muestras en Elaboradoras de SMD.



Leyenda:

- O1: Toma de muestra de cigarrillos de la elaboradora de cigarrillos.
- O2: Colocación de la muestra en la unidad de medición.
- O3: Presionar botón verde para registrar la muestra.
- I1: Inspección de los Gráficos de Control en el PC del módulo.
- D1: Decisión de intervención al proceso.
- O4: Intervención del proceso. Ajuste de máquina.
- O5: Repetición del procedimiento de toma de muestra.

Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:



ANÁLISIS DE CAUSAS ASIGNABLES

El estudio de Causas Asignables representa una metodología de suma importancia para lograr mejorar los procesos productivos. Hemos visto que a través de los Gráficos de Control y de Precontrol, se obtiene información valiosa acerca del diagnóstico del proceso. A través de un análisis minucioso de la data colectada, es decir, monitorear cómo se encuentra la Capacidad del Proceso productivo en cuestión, así como posibles tendencias o corridas de puntos que se puedan apreciar en los gráficos de monitoreo, permite determinar en un principio, la posible aparición de una Causa Asignable que está generando variabilidad en nuestro proceso productivo.

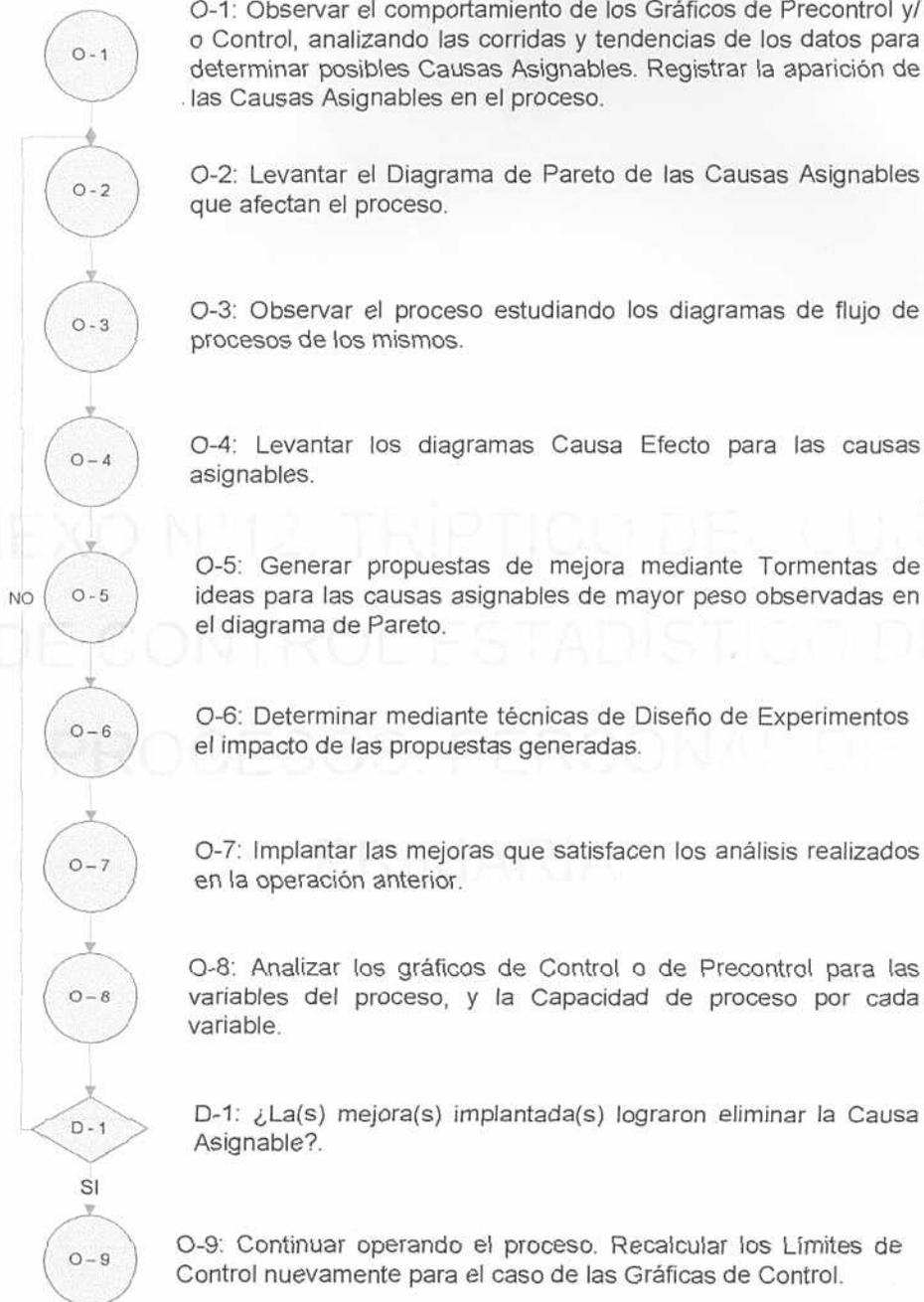
A continuación se presenta el siguiente diagrama de flujo, en donde se describe la metodología de Análisis de Causas Asignables para cualquier proceso productivo:



Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de Vigencia:
----------------------	----------------------	---------------------------



Diagrama de Flujo para el Estudio de Causas Asignables en los Procesos Productivos



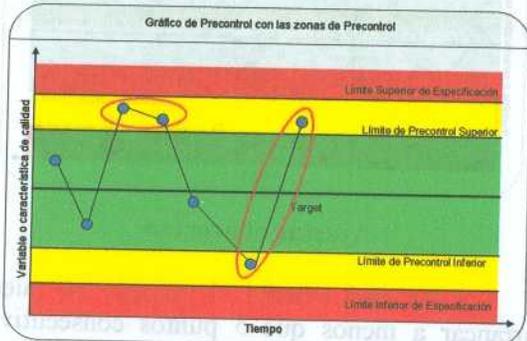
Revisado por:

Aprobado por:

Fecha de Vigencia:

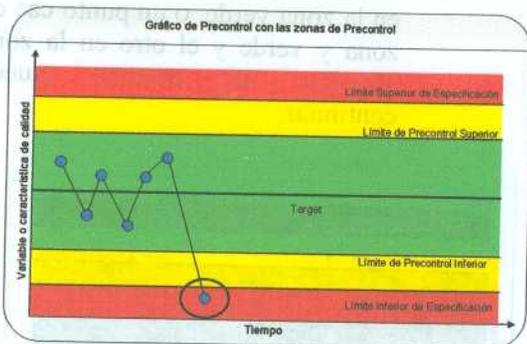
ANEXO N°12: TRÍPTICO DEL CURSO
DE CONTROL ESTADÍSTICO DE
PROCESOS. PERSONAL DE
PRIMARIA.

- Si los dos puntos consecutivos caen del mismo lado en una zona amarilla, el proceso debe ser ajustado. Si los puntos caen en las zonas amarillas opuestas, se debe pedir ayuda y revisar el proceso.



Ajustar el proceso / revisar el proceso

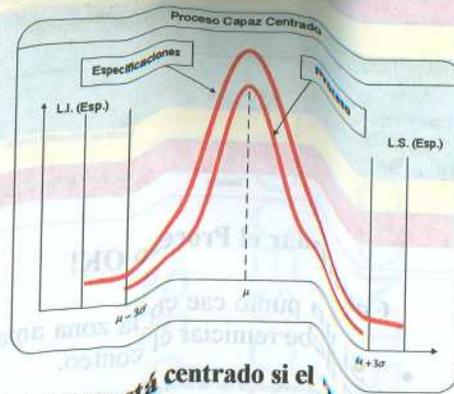
- Si uno de los puntos cae en una zona roja, se debe ajustar el proceso.



Ajustar el proceso

OTROS CONCEPTOS BÁSICOS

a. Proceso Centrado:



Un proceso está centrado si el **TARGET = \bar{X}**

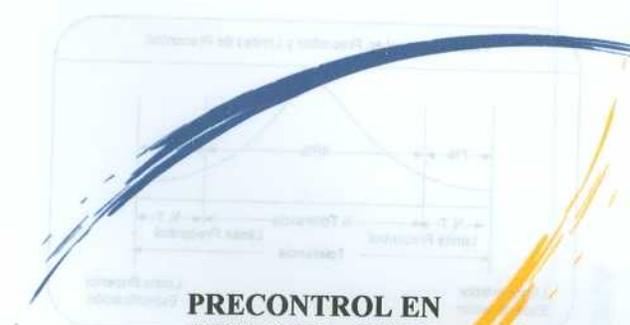
b. Capacidad de Proceso (Cp): La planta es CAPAZ si $Cp \geq 1$.

c. Diferencias entre límites de Control y límites de Especificación:

LÍMITES DE PRECONTROL	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN
Son calculados.	Son establecidos por una persona.
Se utilizan para controlar el proceso.	Se utilizan por una inspección o organismo.
Establecen niveles de control.	Establecen patrones para las unidades medidas.
	Establecen un patrón de producto.

¡La CALIDAD es nuestra responsabilidad!

Sistema de Gestión de la Calidad



PRECONTROL EN PRIMARIA (PMD)

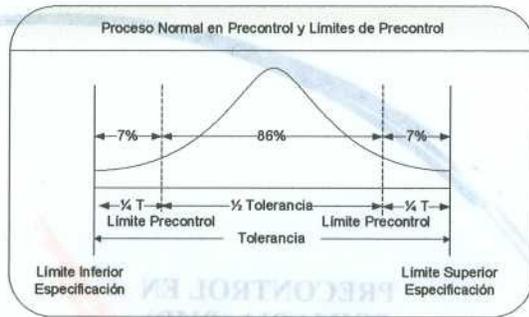
Dirección de Operaciones
Aseguramiento de la Calidad
Junio 2006

Para mayor información
comunicate con:
Alfonso Restrepo Ext. 7462
Kevin Capón
Carlos Rojas

METODOLOGÍA DE PRECONTROL

El **Precontrol** es una metodología basada en fundamentos estadísticos para revelar situaciones del proceso que puedan producir defectos.

El **Precontrol** utiliza **Límites de Precontrol** y **Límites de Especificación**.



Ejemplo de un Gráfico de Precontrol:



Reglas del Precontrol:

a) Para puesta a punto de los equipos (arranque del proceso):

- Si 5 puntos consecutivos caen en la zona verde el proceso está bien para el arranque.



Continuar el Proceso OK!

- Si un punto cae en la zona amarilla se debe reiniciar el conteo.



Reiniciar el conteo

- Si dos puntos consecutivos caen en la zona amarilla, se debe ajustar el proceso.



Ajustar el Proceso

- Si un punto cae en la zona roja, se debe ajustar el proceso.



Ajustar el proceso

De esta manera el proceso no puede arrancar a menos que 5 puntos consecutivos estén en la zona verde.

b) Para un proceso en producción: Dos puntos consecutivos.

- Si los dos puntos consecutivos caen en la zona verde, o un punto cae en zona y verde y el otro en la zona amarilla, el proceso puede continuar.



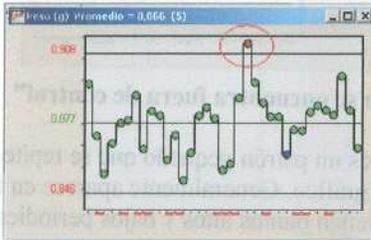
Continuar el proceso OK!

ANEXO N°13: TRÍPTICO DEL CURSO
DE CONTROL ESTADÍSTICO DE
PROCESOS. PERSONAL DE
SECUNDARIA.

Un cambio gradual de nivel es un cambio lento hacia un nuevo nivel de proceso.

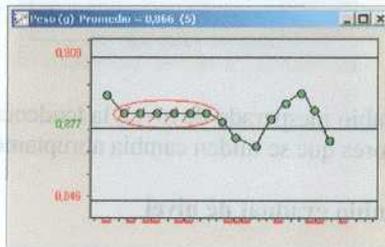
“El proceso se encuentra fuera de control”

9.. Punto fuera de los límites de control



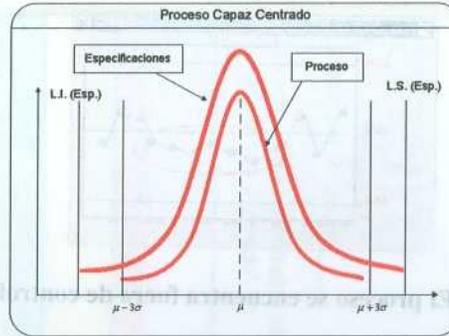
“ El proceso se encuentra fuera de control”

NOTA: SI SE TIENEN DOS PUNTOS O MÁS QUE SE ENCUENTREN AL MISMO NIVEL (EMPATADOS) SÓLO SE CONTARÁ EL PRIMER PUNTO QUE ESTÉ CORRIENDO HACIA ARRIBA O HACIA ABAJO.



CONCEPTOS BÁSICOS DE CEP

a. Proceso Centrado:



Un proceso está centrado si el TARGET = L.C.C.

b. Capacidad de Proceso (Cp): La planta es CAPAZ si $C_p \geq 1$.

c. Diferencias entre límites de Control y límites de Especificación:

LÍMITES DE CONTROL	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN
Son calculados.	Son establecidos por una persona u organismo.
Se utilizan para controlar el proceso.	Se utilizan para inspeccionar las unidades producidas.
Establecen niveles de control.	Establecen un patrón de medida para el producto.

¡La CALIDAD es nuestra responsabilidad!

Sistema de Gestión de la Calidad

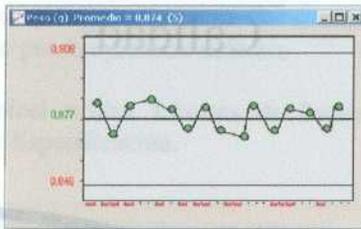
CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Dirección de Operaciones
Aseguramiento de la Calidad
Junio 2006

Para mayor información comunícate con:
Alfonso Restrepo Ext. 7462
Kevin Capón
Carlos Rojas

REGLAS DE CONTROL ESTADÍSTICO

1. Gráfico de control con patrón normal

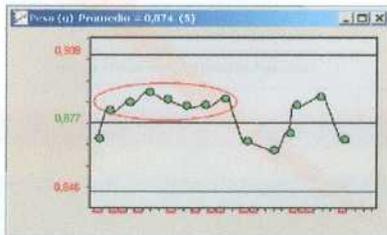


Observaciones:

- Puntos por encima y por debajo de la línea central (Target).
- Los puntos no muestran una gran dispersión con respecto a la línea central.

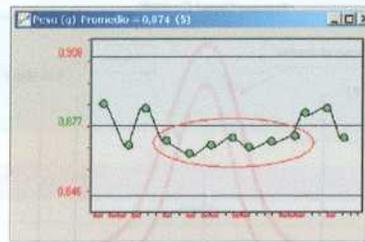
PROCESOS FUERA DE CONTROL

2 Siete puntos consecutivos por encima de la línea central (Target):



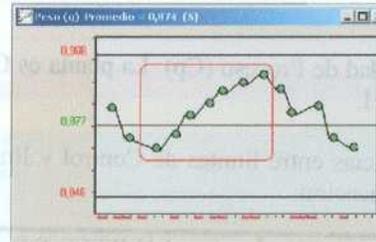
“El proceso se encuentra fuera de control”

3. Siete puntos consecutivos por debajo de la línea central (Target)



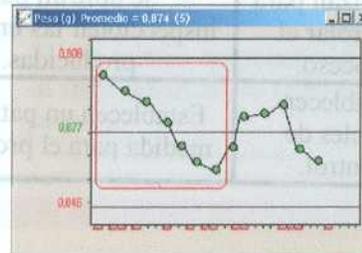
“El proceso se encuentra fuera de control”

4. Siete puntos consecutivos hacia arriba



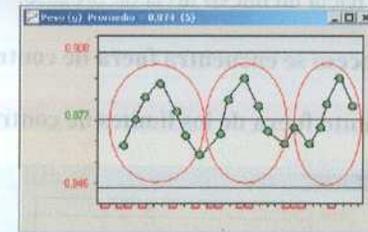
“El proceso se encuentra fuera de control”

5. Siete puntos consecutivos hacia abajo



“El proceso se encuentra fuera de control”

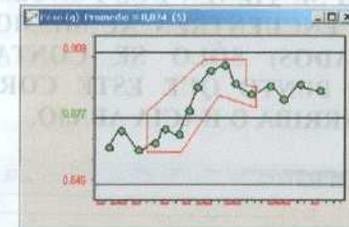
6. Ciclos



“El proceso se encuentra fuera de control”

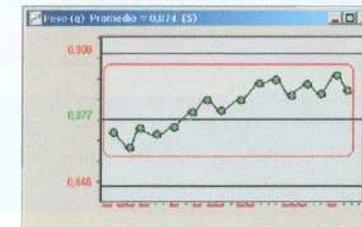
Un ciclo es un patrón pequeño que se repite varias veces en el gráfico. Generalmente aparece en forma de olas que tienen puntos altos y bajos periódicamente.

7. Cambio inesperado de nivel



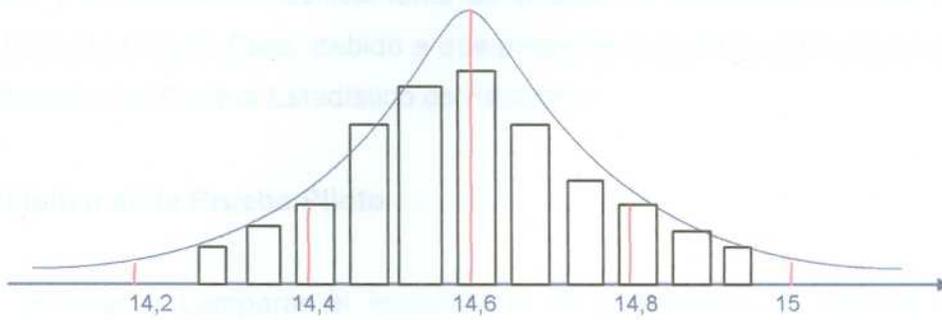
En un cambio inesperado de nivel, la tendencia de los valores que se miden cambia abruptamente.

8. Cambio gradual de nivel



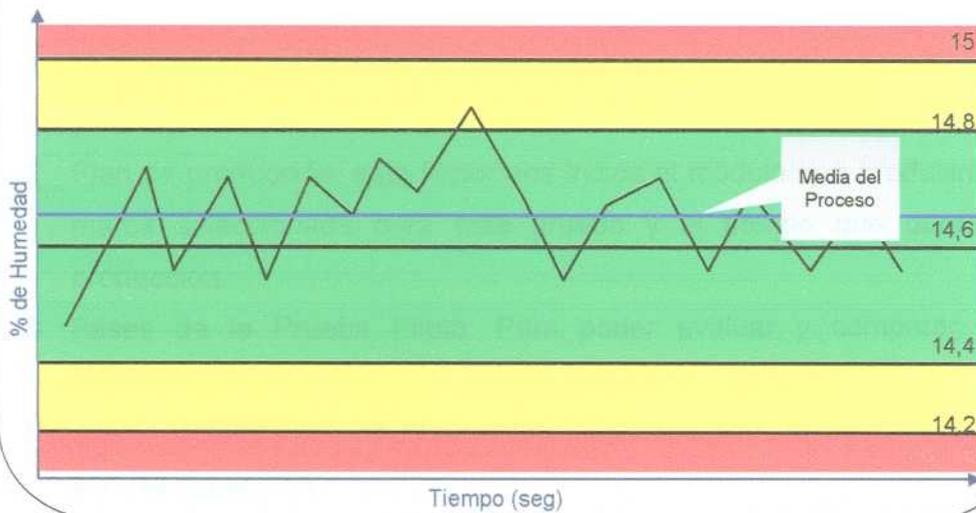
Anexo N°14: Vista Propuesta para llevar a cabo el Precontrol en el área de Primaria.

Gráfico de Precontrol Propuesto para el Punto de Control Entrada de Cuarto de Hebra



$C_p = 1,00$
 $C_{pk} = 1,00$
 Target: 14,6
 Media del Proceso: _____
 "El Proceso se encuentra/no se encuentra centrado"

Sigma del Proceso: _____
 Sigma Máximo Permitido: _____
 "El Proceso tiene/no tiene mucha variabilidad"



Anexo N°15: Validación de Propuestas. Prueba Piloto.

Para evaluar las propuestas del capítulo anterior en materia de Capital Humano y Herramientas del Control Estadístico de Procesos, se desarrolló una prueba piloto. Esta prueba piloto representa la etapa final de este estudio, y se enfoca específicamente en el área de Secundaria (SMD) de C.A. Cigarrera Bigott Sucs, debido a que presenta mejores condiciones para la aplicación del Control Estadístico de Procesos.

1. Objetivo de la Prueba Piloto

Evaluar y comparar el impacto de las propuestas en materia de Capital Humano y Herramientas Aplicadas para el Control Estadístico de Procesos en el área de Secundaria (SMD) de C.A. Cigarrera Bigott Sucs.

2. Diseño de la Prueba Piloto

La Prueba Piloto se diseñó tomando en cuenta cuatro (4) factores:

1. Disponibilidad en el área de Secundaria por parte del capital humano y los equipos (módulo de producción).
2. Plan de producción: este factor nos indica el módulo que producirá la marca seleccionada para esta prueba y el tiempo que dura su producción.
3. Fases de la Prueba Piloto: Para poder evaluar y comparar las propuestas en la Prueba Piloto se definieron fases de estudio, las cuales contemplan las propuestas sugeridas. Las fases de estudio son las siguientes:
 - a) Fase de Observación: Esta fase contempla el período actual en el que se encuentra C.A. Cigarrera Bigott Sucs., y servirá como

- punto de comparación al momento de analizar los resultados obtenidos.
- b) Fase Curso Control Estadístico de Procesos (CEP): Esta fase contempla la propuesta relacionada con el Capital Humano del capítulo anterior, la cual se refiere a la capacitación del personal en materia de Control Estadístico de Procesos. Con esta fase se pretende evaluar si es significativo el aporte de un curso de CEP sobre los índices de Capacidad de Proceso.
4. Duración de la Prueba Piloto: La prueba piloto tiene una duración de dos (2) semanas.

La duración de la Prueba Piloto se determinó de la siguiente manera:

- a) Selección del turno de trabajo.
- b) Duración de las Fases del estudio.
- a) Análisis del comportamiento de la variable "turnos de trabajo" sobre la producción de cigarrillos del área de secundaria: se realizó un "Análisis de Varianza de Efectos Fijos Unifactorial" siguiendo la metodología descrita en el Anexo Teórico N°24, para verificar si existen diferencias significativas entre los tres turnos de trabajo. Previo al análisis de varianza se verificó el cumplimiento de los postulados de esta técnica estadística. Estos postulados son los siguientes:
- Normalidad en las variables de estudio. Las variables de estudio (Peso, circunferencia, ventilación y caída de presión) tienen un comportamiento normal para un nivel de significación del 5%. Esto puede apreciarse en Anexo N°1: Pruebas Chi-cuadrado de bondad de ajuste.

- Homogeneidad en las varianzas de las variables de estudio. Para verificar esto, se realizó una "Prueba Levene (Med)", cuya metodología se encuentra descrita en el Anexo Teórico N°23. Esta prueba se utilizó para comprobar que las varianzas de los tratamientos o niveles de cada una de las variables en estudio siguen un comportamiento homogéneo. En Anexo N°16 se encuentran las pruebas para cada una de las variables del estudio. Los resultados arrojaron que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas de los tratamientos o niveles de cada una de las variables en estudio son iguales, para un nivel de significación de 5%.

Una vez verificados los postulados del ANOVA, se procedió a realizar el análisis. Los resultados indican que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar las hipótesis nula de que el factor "turnos de trabajo" afecta significativamente la producción de cigarrillos para un nivel de significación de 5%, para cada una de las variables de estudio (Peso, Circunferencia, Ventilación y Caída de Presión). El desarrollo del ANOVA se muestra con mayor detalle en el Anexo N°17.

Una vez realizado el ANOVA, se seleccionó aleatoriamente un turno de trabajo con el cual trabajar durante la prueba piloto. El turno seleccionado fue el primer turno, el cual trabaja desde las 6:00am hasta las 2:30pm.

- b) Duración de las fases de estudio: Para poder tener suficiente data de cada una de las fases de estudio de la prueba piloto para el turno de trabajo seleccionado, se decidió tomar cinco (5) días de estudio por cada fase, es decir, una semana de trabajo por cada fase de estudio.

Finalmente, la prueba piloto tendrá una duración de dos semanas (10 días).

Para culminar el diseño de la prueba piloto, se determinó la marca de cigarrillos a utilizar mediante consultas con los departamentos de producción y logística. Así, la marca seleccionada por volumen de producción (a gran escala) y disponibilidad del plan de producción fue la marca "Cónsul extra suave de Tamaño Regular". Además de la marca de cigarrillos, se seleccionó el módulo de producción para la prueba piloto, el cual fue el "Módulo 215". Este módulo produce en promedio 1.833.333 cigarrillos por turno de trabajo y el Capital Humano que lo opera posee en promedio 15 años de experiencia en la compañía. A continuación se presenta un esquema de la prueba piloto:



Esquema de la Planificación de la Prueba Piloto.

3. Resultados de la Prueba Piloto

La Prueba Piloto se evaluó en base a las dos (2) fases determinadas anteriormente en la etapa de diseño de la prueba, mediante las siguientes herramientas:

1. Indicadores: conformados por los índices de Capacidad de Proceso, la Probabilidad de cumplir con las Especificaciones y el Número de Cigarrillos conformes (probabilidad de cumplir especificaciones multiplicado por el número de cigarrillos fabricados en un turno de

trabajo). En el Anexo N°18 se encuentran los cálculos de los indicadores para la prueba piloto según cada fase de estudio.

- Gráficos Comparativo Capacidad de Proceso:

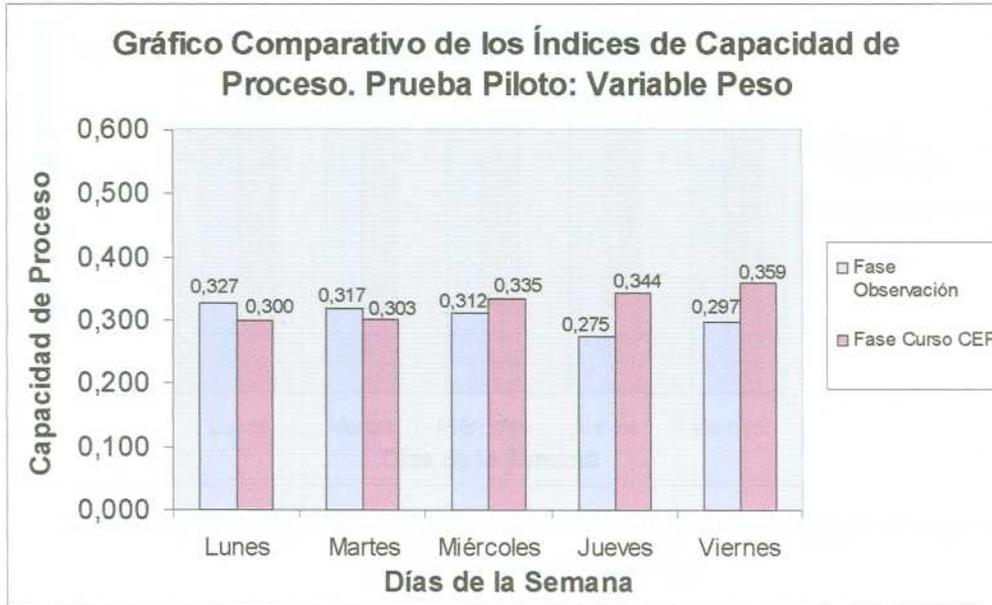


Gráfico comparativo de los índices de Capacidad de Procesos para la variable Peso de los cigarrillos.

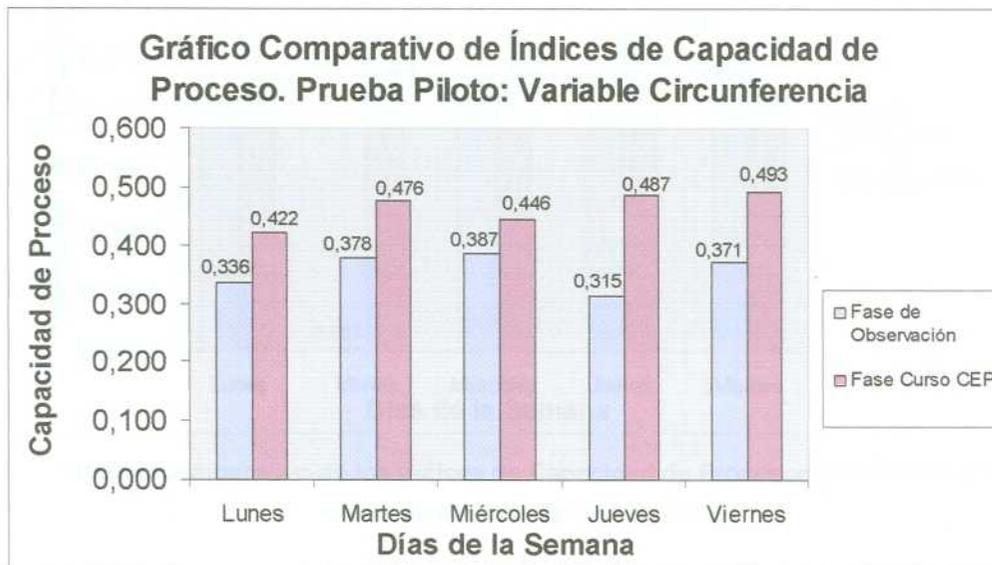


Gráfico comparativo de los índices de Capacidad de Procesos para la variable Circunferencia de los cigarrillos.

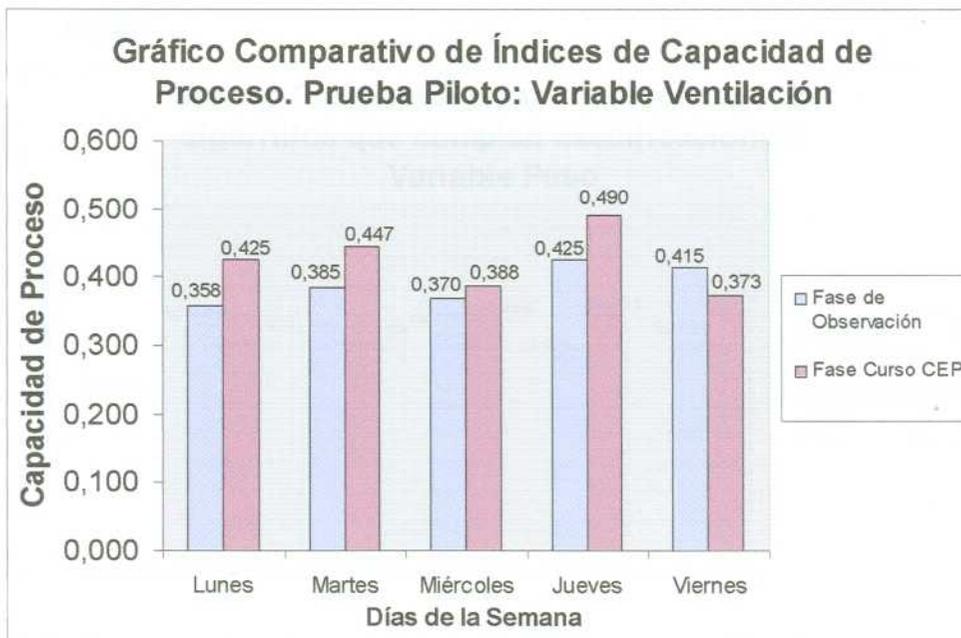


Gráfico comparativo de los índices de Capacidad de Procesos para la variable Ventilación de los cigarrillos.

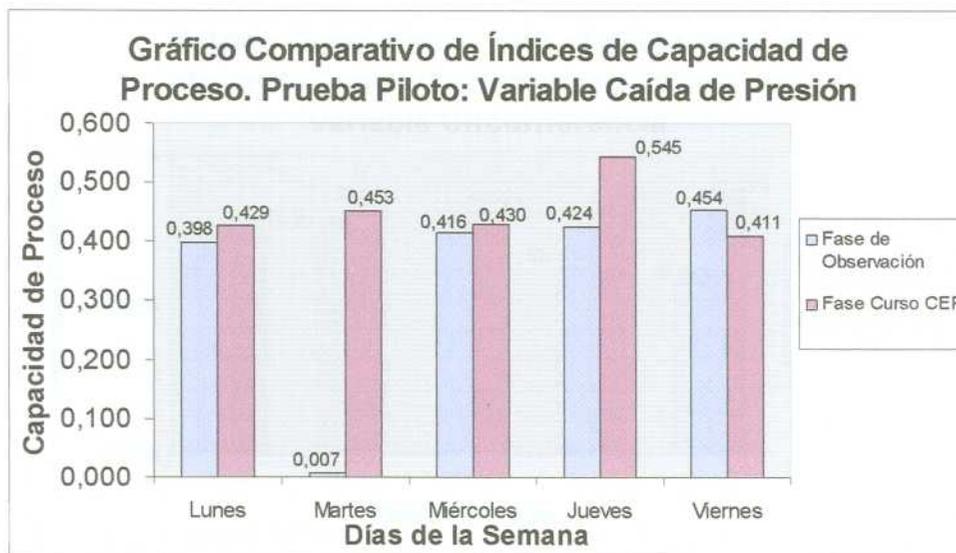


Gráfico comparativo de los índices de Capacidad de Procesos para la variable Caída de Presión de los cigarrillos.

- Gráficos comparativos para la probabilidad de cumplir las especificaciones: A continuación se presentan los gráficos

comparativos para cada variable de estudio en cada fase de la prueba piloto:

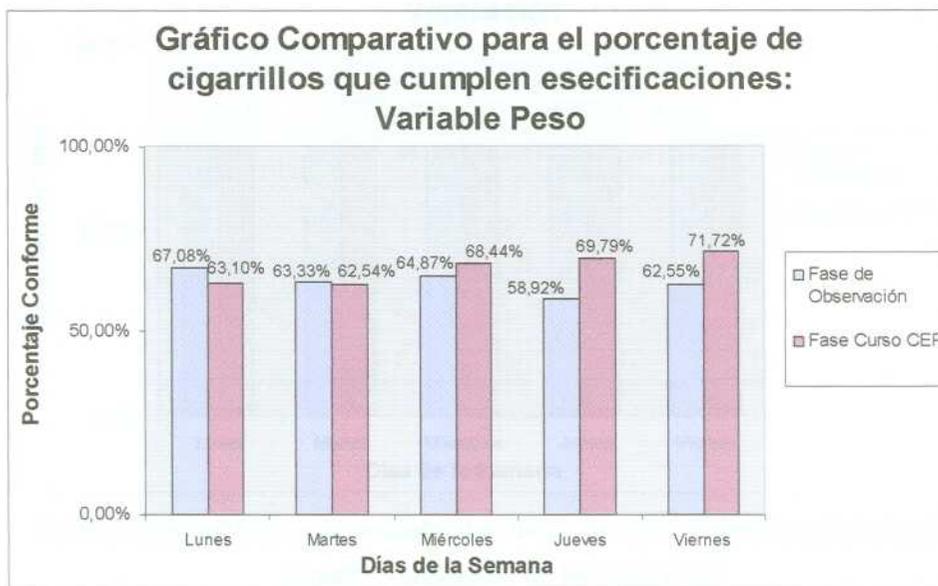


Gráfico comparativo de la probabilidad de cumplir las especificaciones para la variable Peso de los cigarrillos.



Gráfico comparativo de la probabilidad de cumplir las especificaciones para la variable Circunferencia de los cigarrillos.



Gráfico comparativo de la probabilidad de cumplir las especificaciones para la variable Ventilación de los cigarrillos.



Gráfico comparativo de la probabilidad de cumplir las especificaciones para la variable Caída de Presión de los cigarrillos.

- Gráficos comparativos para el número de cigarrillos conformes: A continuación se presentan los gráficos comparativos para cada variable de estudio en cada fase de la prueba piloto:



Gráfico comparativo del total de cigarrillos conformes para la variable Peso de los cigarrillos.

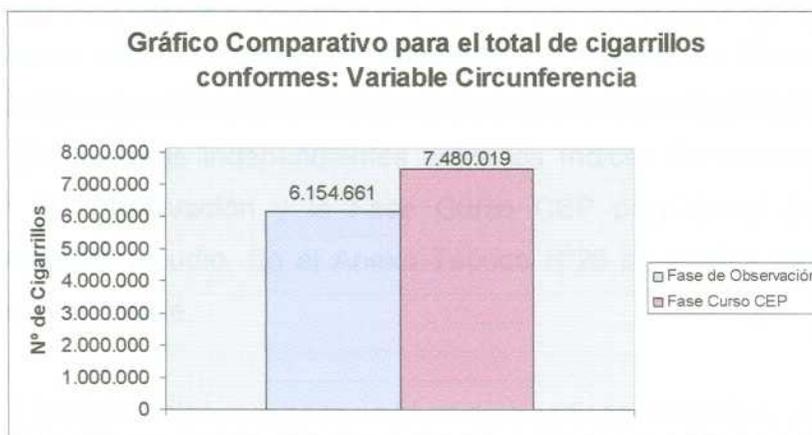


Gráfico comparativo del total de cigarrillos conformes para la variable Circunferencia de los cigarrillos.

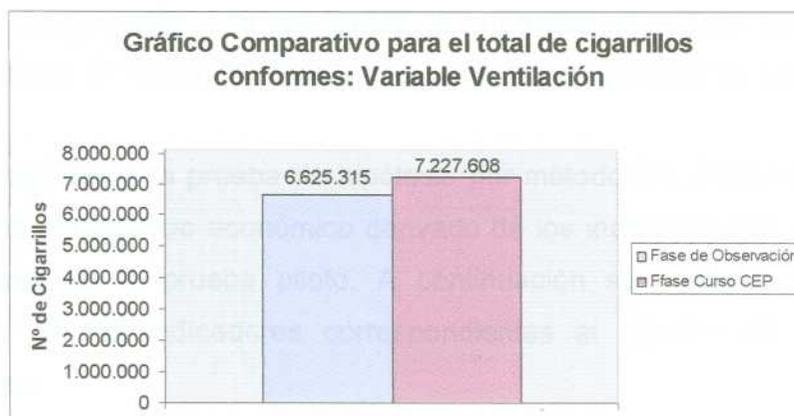


Gráfico comparativo del total de cigarrillos conformes para la variable Ventilación de los cigarrillos.



Gráfico comparativo del total de cigarrillos conformes para la variable Caída de Presión de los cigarrillos.

2. Pruebas de Hipótesis por Métodos No – Paramétricos: Estas pruebas se realizaron con la finalidad de comparar los índices de Capacidad de Proceso semanales siguiendo la metodología de la prueba Wilcoxon para dos (2) muestras independientes entre los índices Cp promedio de la Fase de Observación y la Fase Curso CEP para cada una de las variables de estudio. En el Anexo Teórico N°28 se explica esta prueba con mayor detalle.

La prueba indicó que para un nivel de significación del 5%, se rechaza la hipótesis nula (H_0) de que la Capacidad de Proceso promedio de la Fase Curso CEP es menor o igual a la Capacidad de Proceso promedio de la Fase de Observación. Los resultados de la prueba se pueden apreciar con mayor detalle en Anexo N°19 para cada una de las variables de estudio.

Además de la prueba de hipótesis por métodos No-Paramétricos, se determinó el beneficio económico derivado de los indicadores de cada fase de estudio de la prueba piloto. A continuación se presenta una tabla resumen de los indicadores correspondientes al Número de cigarrillos conformes:

Variables de Estudio	Número de Cigarrillos Conformes Fase Observación	Número de Cigarrillos Conformes Fase Curso CEP
Peso	5.807.066	6.152.458
Circunferencia	6.154.661	7.480.019
Ventilación	6.625.315	7.227.608
Caída de Presión	6.418.334	6.993.099
Promedio de cigarrillos conformes	6.251.344	6.963.296

Tabla de Número de cigarrillos conformes para las fases de la prueba piloto.

Sabiendo que el precio de venta de una cajetilla de la marca "Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular" es de 2.600 Bolívares, y que la cajetilla contiene veinte (20) cigarrillos, a continuación se presenta una tabla con ingresos netos por venta según el promedio de cigarrillos conformes de la tabla anterior:

Ingresos Netos por Ventas Fase Observación (en Bolívares)	Ingresos Netos por Ventas Fase Curso CEP (en Bolívares)
812.674.726	905.228.463

Tabla de Ingresos Netos por Ventas para las fases de estudio de la prueba piloto.

De la tabla anterior se aprecia una diferencia entre los ingresos netos por ventas de las fases de estudio de la prueba piloto, siendo ésta de 92.553.736 Bolívares, lo que se traduce en 43.048 US\$.

4. Análisis de los Resultados de la Prueba Piloto

En los resultados obtenidos de la prueba piloto, se aprecia un incremento en los indicadores (Capacidad de Proceso, Probabilidad de cumplir con las especificaciones y Número de cigarrillos conformes) para las variables de estudio a lo largo del desarrollo de la prueba piloto. Además, la prueba de hipótesis indica que la Capacidad de Proceso promedio de la Fase Curso CEP es mayor que la Fase de Observación. Sin embargo, a

pesar de que el proceso se mantuvo centrado para las fases de estudio (ver Anexo N°18), no es capaz, dado que la premisa de esta prueba es validar propuestas en materia de Capital Humano y Herramientas Aplicadas para el Control Estadístico de Procesos. El proceso sigue siendo incapaz de cumplir las especificaciones, debido a que existen causas asignables presentes en él que no fueron resueltas durante el desarrollo de la prueba piloto.

El incremento de los indicadores para las variables estudio, muestra que se encontró un ahorro del proceso de Secundaria.

Anexo N°16: Prueba de Levene (med) para la homogeneidad de las varianzas.

La prueba de Levene (Med) de homogeneidad de las varianzas, se aplicó para un plan de muestreo que contempla el promedio de subgrupos (data agrupada) de cada una de las variables en estudio del área de Secundaria. El plan de muestreo para la toma de muestra de la data se diseñó para el mes de marzo de 2006, donde se recogió una muestra por cada turno de trabajo por día, obteniéndose un tamaño de muestra por semana igual a 15 y un tamaño de muestra total igual a 60 datos. Esta data representa entonces la variable \bar{X} que corresponderá al peso promedio, circunferencia promedio, porcentaje de ventilación promedio y caída de presión promedio de los cigarrillos. La razón por la cual se estudiaron los promedios en lugar de las variables individuales fue la disponibilidad de la data, la cual está agrupada en tamaños de muestra igual a 5 cigarrillos. Es importante destacar que al hacer esta suposición no se está incurriendo en un error, pues la data individual presenta un comportamiento normal y según el teorema central límite para un tamaño de muestra mayor a 30, los promedios tienden a comportarse como una variable normal.

Esta data se organizó en 20 observaciones para 3 tratamientos, con un tamaño de muestra (N) igual a 60. La razón por la cual se utilizaron promedios de subgrupos en lugar de datos individuales fue la disponibilidad de la data. De igual manera, estos datos son una representación de las muestras, debido a que son datos agrupados de la producción obtenida por cada variable del estudio. A continuación se presentan las pruebas de Levene realizadas:

1. Peso promedio de los cigarrillos:

Valores del Peso Promedio de los cigarrillos para un tamaño de muestra igual a 5					
1° Turno	0,891200	0,896200	0,891400	0,863600	0,878400
	0,868200	0,864000	0,878000	0,878000	0,875600
	0,885800	0,900800	0,894600	0,876600	0,877400
	0,886000	0,864200	0,881800	0,868000	0,906400
2° Turno	0,868200	0,905600	0,885400	0,865600	0,860400
	0,863600	0,867200	0,878600	0,875800	0,907400
	0,884200	0,867800	0,899800	0,886600	0,853800
	0,899600	0,812200	0,852200	0,881200	0,850600
3° Turno	0,858200	0,892600	0,847400	0,867600	0,869400
	0,880600	0,883600	0,884600	0,901400	0,891200
	0,893600	0,872200	0,853800	0,873200	0,867600
	0,883600	0,871600	0,913000	0,877600	0,865000

Tabla de Valores del Peso promedio de cigarrillos ordenados por turno de trabajo para la marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular en el mes de Marzo de 2006.

$$SCT = 0,00048527$$

$$SCE = 0,006373$$

$$F_0 \text{ (Estadístico de prueba)} = 2,16999.$$

Como el Estadístico de la prueba es menor al Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias suficientes para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas de las poblaciones correspondientes a la variable peso promedio de los cigarrillos son iguales, para un nivel de significación de 5%.

2. Circunferencia promedio de los cigarrillos:

Anexos

Valores de la Circunferencia Promedio de los cigarrillos para un tamaño de muestra igual a 5					
1° Turno	24,5339985	24,6519985	24,6519985	24,6060009	24,6679993
	24,6340008	24,6540012	24,6060009	24,5540009	24,5919991
	24,6599998	24,5760002	24,6499996	24,6700001	24,5760002
	24,5760002	24,6420021	24,4500008	24,5639992	24,5300007
2° Turno	24,6440010	24,6040001	24,6440010	24,6540012	24,5699997
	24,5919991	24,5160007	24,6040001	24,6399994	24,6700001
	24,5839977	24,6339989	24,6099987	24,6599998	24,5100002
	24,5839977	24,5879993	24,7220001	24,6440010	24,5739994
3° Turno	24,6119995	24,6299992	24,6320000	24,5819988	24,6380005
	24,5499992	24,5559978	24,5520000	24,7619991	24,7320023
	24,5540009	24,7179985	24,5340004	24,6840019	24,6000004
	24,6220016	24,2299995	24,6120014	24,5680008	24,6299992

Tabla de Valores de la Circunferencia promedio de cigarrillos ordenados por turno de trabajo para la marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular en el mes de Marzo de 2006.

$$SCT = 0,008060$$

$$SCE = 0,167674$$

$$F_0 \text{ (Estadístico de prueba)} = 1,37002493.$$

Como el Estadístico de la prueba es menor al Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias suficientes para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas de las poblaciones correspondientes a la variable peso promedio de los cigarrillos son iguales, para un nivel de significación de 5%.

3. Ventilación promedio de los cigarrillos:

Valores de la Ventilación Promedio de los cigarrillos para un tamaño de muestra igual a 5					
1° Turno	35,240002	30,060001	36,860001	33,980003	33,820000
	37,559998	38,579998	38,079998	38,400002	36,780003
	36,980000	39,400002	33,640003	35,160000	38,939999
	38,160000	34,279999	36,659996	34,140003	38,840000

Tabla de Valores de la Ventilación promedio de cigarrillos ordenados por turno de trabajo para la marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular en el mes de Marzo de 2006. (Continúa)

2º Turno	39,320000	32,480003	38,040001	38,120003	35,660004
	39,340004	39,299999	36,459999	37,720001	35,840004
	41,559998	38,039997	38,759998	36,040001	38,759998
	33,040001	40,560001	38,040001	40,160000	34,900002
3º Turno	38,180000	30,619999	35,740002	36,380001	37,980000
	36,580002	36,560001	38,139996	35,299999	36,320000
	32,700001	36,879997	35,239998	35,860001	33,440002
	36,040001	39,379997	36,680000	37,139999	36,159996

Tabla de Valores de la Ventilación promedio de cigarrillos ordenados por turno de trabajo para la marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular en el mes de Marzo de 2006. (Continuación)

$$SCT = 4,567699$$

$$SCE = 107,543741$$

$$F_0 \text{ (Estadístico de prueba)} = 1,21047889.$$

Como el Estadístico de la prueba es menor al Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias suficientes para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas de las poblaciones correspondientes a la variable peso promedio de los cigarrillos son iguales, para un nivel de significación de 5%.

4. Caída de presión promedio de los cigarrillos:

Valores de la Caída de Presión Promedio de los cigarrillos para un tamaño de muestra igual a 5					
1	72,400002	71,199997	65,599998	70,400002	61,200001
	67,599998	72,800003	71,400002	69,199997	64,800003
	63,400002	60,400002	64,400002	67,599998	64,800003
	66,400002	67,199997	57,799999	66,199997	72,199997
2	63,599998	70,199997	75,800003	64,599998	65,599998
	64,400002	65,199997	58,799999	74,400002	69,599998
	75,599998	69,400002	67,400002	68,400002	60,599998
	68,199997	68,800003	73,199997	69,199997	69,599998

Tabla de Valores de la Caída de Presión promedio de cigarrillos ordenados por turno de trabajo para la marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular en el mes de Marzo de 2006. (Continúa)

3	66,800003	64,199997	66,400002	58,200001	64,199997
	63,799999	64,800003	67,199997	61,400002	68,400002
	63,200001	72,599998	69,599998	73,400002	64,400002
	68,599998	73,199997	74,599998	72,800003	66,800003

Tabla de Valores de la Caída de Presión promedio de cigarrillos ordenados por turno de trabajo para la marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular en el mes de Marzo de 2006. (Continuación)

$$SCT = 0,36837551$$

$$SCE = 391,793051$$

$$F_0 \text{ (Estadístico de prueba)} = 0,02679655.$$

Como el Estadístico de la prueba es menor al Estadístico de Contraste, se concluye que no existen evidencias suficientes para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas de las poblaciones correspondientes a la variable peso promedio de los cigarrillos son iguales, para un nivel de significación de 5%.

Anexo N°17: Análisis de Varianza. Modelo de Efectos Fijos Unifactorial (ANOVA).

Con los datos obtenidos según el plan de muestreo para los promedios de subgrupos (data agrupada) de cada variable con un tamaño de muestra (n) igual a 60, se hizo por medio del paquete "Microsoft Excel 2003" un análisis de varianza unifactorial (modelo de efectos fijos), para un nivel de significación del 5%, con la finalidad de comprobar si el factor en estudio: "Turnos de Trabajo" incide significativamente en la elaboración de cigarrillos para la variable peso promedio de los cigarrillos.

1. Peso promedio de los cigarrillos:

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,751729	11	0,068339	0,716013	0,717775	1,982054
Dentro de los grupos	4,867633672	51	0,095443			
Total	5,619363098	62				

Tabla de Tabla Resumen del Análisis de Varianza para la variable Peso promedio de los cigarrillos. Marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular. Marzo 2006.

De esta tabla se observa que el p-valor (Probabilidad) = 0,7177 es mayor que el nivel de significación, por lo que se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el factor "turnos de trabajo" no influye significativamente en la elaboración de cigarrillos, para la variable peso promedio de los cigarrillos.

2. Circunferencia promedio de los cigarrillos:

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	180,9956836	11	16,45415305	0,654938	0,773008464	1,9820540
Dentro de los grupos	1.281,283236	51	25,12320071			
Total	1.462,27892	62				

Tabla Resumen del Análisis de Varianza para la variable Circunferencia promedio de los cigarrillos. Marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular. Marzo 2006.

De esta tabla se observa que el p-valor (Probabilidad) = 0,7730 es mayor que el nivel de significación, por lo que se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el factor "turnos de trabajo" no influye significativamente en la elaboración de cigarrillos, para la variable circunferencia promedio de los cigarrillos.

3. Ventilación promedio de los cigarrillos:

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	717,7410524	11	65,249186	1,095653	0,383650021	1,982054098
Dentro de los grupos	3.037,19121	51	59,552768			
Total	3.754,932263	62				

Tabla Resumen del Análisis de Varianza para la variable Ventilación promedio de los cigarrillos. Marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular. Marzo 2006.

De esta tabla se observa que el p-valor (Probabilidad) = 0,3836 es mayor que el nivel de significación, por lo que se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el

factor "turnos de trabajo" no influye significativamente en la elaboración de cigarrillos, para la variable % de ventilación promedio de los cigarrillos.

4. Caída de presión promedio de los cigarrillos:

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.028,6675	11	184,42432	0,830784	0,6105218	1,982054
Dentro de los grupos	11.321,394	51	221,98812			
Total	13.350,062	62				

Tabla Resumen del Análisis de Varianza para la variable Caída de Presión promedio de los cigarrillos. Marca Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular. Marzo 2006.

De esta tabla se observa que el p-valor (Probabilidad) = 0,6105 es mayor que el nivel de significación, por lo que se concluye que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que el factor "turnos de trabajo" no influye significativamente en la elaboración de cigarrillos, para la variable caída de presión promedio de los cigarrillos.

Anexo N°18: Cálculos de la Prueba Piloto.

A continuación se presentan los cálculos para la media del proceso (\bar{X}), la desviación promedio del proceso (\bar{S}) y la estimación de la desviación estándar del proceso ($\hat{\sigma}$) por cada módulo de producción de Secundaria (SMD), para cada una de las variables de estudio. Además se determinaron los límites de control para los gráficos de la media y de la desviación estándar, y se muestran los resultados de la prueba de hipótesis de centramiento para un nivel de significación del 5% y un tamaño de muestra de subgrupo de 5 cigarrillos, en donde las hipótesis a contrastar son:

H₀: El proceso se encuentra centrado.

H_a: El proceso no está centrado.

Finalmente, se muestran los resultados de la capacidad de proceso para cada módulo de producción, por cada variable de estudio:

Fase de Observación

- Variable Peso de los Cigarrillos:

Día de Estudio	Límite de Especificación Superior	Límite de Especificación Inferior	Target	Intervalo de Tolerancia
Día 1	0,8991	0,8529	0,876	0,0462
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Tabla de Valores de Especificaciones para la Variable Peso de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase de Observación.

Anexos

Día de Estudio	X doble barra	S barra	$\hat{\sigma}$ Peso de los Cigarrillos	P-valor	Prueba de Hipótesis (Centramiento)
Día 1	0,8733	0,0205	0,0235	0,7935	Se Acepta Ho
Día 2	0,8840	0,0207	0,0243	0,6480	Se Acepta Ho
Día 3	0,8737	0,0209	0,0247	0,9576	Se Acepta Ho
Día 4	0,8737	0,0238	0,0280	0,9991	Se Acepta Ho
Día 5	0,8744	0,0216	0,0260	0,8755	Se Acepta Ho

Tabla de Valores de Estadísticos y Resultados de la Prueba de Hipótesis de Centramiento del proceso para la Variable Peso de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase de Observación.

Día de Estudio	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones	Número de Cigarrillos Conformes
Día 1	0,327	67,08%	1.229.830
Día 2	0,317	63,33%	1.161.105
Día 3	0,312	64,87%	1.189.259
Día 4	0,275	58,92%	1.080.164
Día 5	0,297	62,55%	1.146.709

Tabla de Indicadores para la Variable Peso de los Cigarrillos. Fase de Observación de la Prueba Piloto.

- Variable Circunferencia de los Cigarrillos:

Día de Estudio	Límite de Especificación Superior	Límite de Especificación Inferior	Target	Intervalo de Tolerancia
Día 1	24,666	24,534	24,6	0,132
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Tabla de Valores de Especificaciones para la Variable Circunferencia de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase de Observación.

Anexos

Día de Estudio	X doble barra	S barra	$\hat{\sigma}$ Circunferencia de los Cigarrillos	P-valor	Prueba de Hipótesis (Centramiento)
Día 1	24,6045	0,0441	0,0655	0,8868	Se Acepta Ho
Día 2	24,6103	0,0436	0,0581	0,7162	Se Acepta Ho
Día 3	24,6158	0,0408	0,0569	0,5727	Se Acepta Ho
Día 4	24,6245	0,0488	0,0699	0,4855	Se Acepta Ho
Día 5	24,6513	0,0425	0,0593	0,1329	Se Acepta Ho

Tabla de Valores de Estadísticos y Resultados de la Prueba de Hipótesis de Centramiento del proceso para la Variable Circunferencia de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase de Observación.

Día de Estudio	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones	Número de Cigarrillos Conformes
Día 1	0,336	68,53%	1.256.399
Día 2	0,378	73,64%	1.349.987
Día 3	0,387	73,58%	1.349.042
Día 4	0,315	62,57%	1.147.185
Día 5	0,371	57,38%	1.052.048

Tabla de Indicadores para la Variable Circunferencia de los Cigarrillos. Fase de Observación de la Prueba Piloto.

- Variable Ventilación de los Cigarrillos:

Día de Estudio	Límite de Especificación Superior	Límite de Especificación Inferior	Target	Intervalo de Tolerancia
Día 1	36,96	31,04	34	5,92
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Tabla de Valores de Especificaciones para la Variable Ventilación de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase de Observación.

Día de Estudio	X doble barra	S barra	$\hat{\sigma}$ Ventilación de los Cigarrillos	P-valor	Prueba de Hipótesis (Centramiento)
Día 1	33,2340	2,2966	2,7578	0,5724	Se Acepta Ho
Día 2	34,3499	2,0283	2,5637	0,7766	Se Acepta Ho
Día 3	32,7369	1,9408	2,6651	0,3594	Se Acepta Ho
Día 4	32,4583	1,9728	2,3239	0,2158	Se Acepta Ho
Día 5	33,7262	2,0292	2,3775	0,8093	Se Acepta Ho

Tabla de Valores de Estadísticos y Resultados de la Prueba de Hipótesis de Centramiento del proceso para la Variable Ventilación de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase de Observación.

Día de Estudio	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones	Número de Cigarrillos Conformes
Día 1	0,358	69,85%	1.280.618
Día 2	0,385	74,73%	1.370.121
Día 3	0,370	68,13%	1.249.064
Día 4	0,425	70,28%	1.288.466
Día 5	0,415	78,38%	1.437.045

Tabla de Indicadores para la Variable Ventilación de los Cigarrillos. Fase de Observación de la Prueba Piloto.

- Variable Caída de Presión de los Cigarrillos:

Día de Estudio	Límite de Especificación Superior	Límite de Especificación Inferior	Target	Intervalo de Tolerancia
Día 1	72,4	63,6	68	8,8
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Tabla de Valores de Especificaciones para la Variable Caída de Presión de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase de Observación.

Día de Estudio	X doble barra	S barra	$\hat{\sigma}$ Caída de Presión de los Cigarrillos	P-valor	Prueba de Hipótesis (Centramiento)
Día 1	70,0149	3,2675	3,6892	0,3047	Se Acepta Ho
Día 2	72,4723	3,1325	3,5326	0,0475	Se Rechaza Ho
Día 3	69,5069	2,6934	3,5287	0,3949	Se Acepta Ho
Día 4	68,8743	2,9678	3,4553	0,6028	Se Acepta Ho
Día 5	69,4356	2,7836	3,2275	0,3169	Se Acepta Ho

Tabla de Valores de Estadísticos y Resultados de la Prueba de Hipótesis de Centramiento del proceso para la Variable Caída de Presión de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase de Observación.

Día de Estudio	Cp / Cpk	Probabilidad de cumplir Especificaciones	Número de Cigarrillos Conformes
Día 1	0,398	70,00%	1.283.322
Día 2	0,007	48,58%	890.682
Día 3	0,416	74,68%	1.369.116
Día 4	0,424	78,28%	1.435.081
Día 5	0,454	78,55%	1.440.133

Tabla de Indicadores para la Variable Caída de Presión de los Cigarrillos. Fase de Observación de la Prueba Piloto.

Nótese en la tabla anterior que para el Día 2, el índice a evaluar no es Cp sino Cpk, dado que el proceso no se encuentra centrado. Además de esto, se ve que el índice Cpk es muy bajo, lo cual afecta la probabilidad de cumplir las especificaciones y el número de cigarrillos conformes para ese día de la prueba piloto.

Variable	Promedio Cp	Probabilidad promedio de cumplir con las especificaciones	Total de cigarrillos conformes a las especificaciones
Peso	0,306	63,35%	5.807.066
Circunferencia	0,357	67,14%	6.154.661
% de Ventilación	0,39	72,28%	6.625.315
Caída de Presión	0,34	70,02%	6.418.334

Tabla resumen para los indicadores Cp, Probabilidad de cumplir con las especificaciones y total de cigarrillos dentro de especificación para la fase observación.

Fase Curso de Control Estadístico de Procesos (CEP)

- Variable Peso de los Cigarrillos:

Día de Estudio	Límite de Especificación Superior	Límite de Especificación Inferior	Target	Intervalo de Tolerancia
Día 1	0,8991	0,8529	0,876	0,0462
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Tabla de Valores de Especificaciones para la Variable Peso de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase Curso CEP.

Día de Estudio	X doble barra	S barra	$\hat{\sigma}$ Peso de los Cigarrillos	P-valor	Prueba de Hipótesis (Centramiento)
Día 1	0,8744	0,0241	0,0257	0,8078	Se Acepta Ho
Día 2	0,8703	0,0239	0,0254	0,5094	Se Acepta Ho
Día 3	0,8754	0,0216	0,0230	0,8440	Se Acepta Ho
Día 4	0,8760	0,0210	0,0224	0,8642	Se Acepta Ho
Día 5	0,8744	0,0202	0,0214	0,8982	Se Acepta Ho

Tabla de Valores de Estadísticos y Resultados de la Prueba de Hipótesis de Centramiento del proceso para la Variable Peso de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase Curso CEP.

Día de Estudio	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones	Número de Cigarrillos Conformes
Día 1	0,300	63,10%	1.156.814
Día 2	0,303	62,54%	1.146.652
Día 3	0,335	68,44%	1.254.661
Día 4	0,344	69,79%	1.279.405
Día 5	0,359	71,72%	1.314.927

Tabla de Indicadores para la Variable Peso de los Cigarrillos. Fase Curso CEP de la Prueba Piloto.

- Variable Circunferencia de los Cigarrillos:

Día de Estudio	Límite de Especificación Superior	Límite de Especificación Inferior	Target	Intervalo de Tolerancia
Día 1	24,666	24,534	24,6	0,132
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Tabla de Valores de Especificaciones para la Variable Peso de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase Curso CEP.

Día de Estudio	X doble barra	S barra	$\hat{\sigma}$ Circunferencia de los Cigarrillos	P-valor	Prueba de Hipótesis (Centramiento)
Día 1	24,6272	0,0490	0,0521	0,3235	Se Acepta Ho
Día 2	24,6119	0,0435	0,0462	0,6389	Se Acepta Ho
Día 3	24,6085	0,0464	0,0494	0,7234	Se Acepta Ho
Día 4	24,6127	0,0424	0,0452	0,5678	Se Acepta Ho
Día 5	24,6033	0,0420	0,0447	0,8786	Se Acepta Ho

Tabla de Valores de Estadísticos y Resultados de la Prueba de Hipótesis de Centramiento del proceso para la Variable Circunferencia de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase Curso CEP.

Día de Estudio	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones	Número de Cigarrillos Conformes
Día 1	0,422	73,50%	1.347.492
Día 2	0,476	83,30%	1.527.211
Día 3	0,446	81,22%	1.489.025
Día 4	0,487	84,03%	1.540.627
Día 5	0,493	85,95%	1.575.663

Tabla de Indicadores para la Variable Circunferencia de los Cigarrillos. Fase Curso CEP de la Prueba Piloto.

- Variable Ventilación de los Cigarrillos:

Día de Estudio	Límite de Especificación Superior	Límite de Especificación Inferior	Target	Intervalo de Tolerancia
Día 1	36,96	31,04	34	5,92
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Tabla de Valores de Especificaciones para la Variable Ventilación de los cigarrillos.

Prueba Piloto: Fase Curso CEP.

Día de Estudio	X doble barra	S barra	$\hat{\sigma}$ Ventilación de los Cigarrillos	P-valor	Prueba de Hipótesis (Centramiento)
Día 1	34,4050	2,1808	2,3200	0,7198	Se Acepta Ho
Día 2	34,3453	2,0767	2,2092	0,7470	Se Acepta Ho
Día 3	34,3624	2,3927	2,5454	0,7678	Se Acepta Ho
Día 4	33,9237	1,8932	2,0140	0,9373	Se Acepta Ho
Día 5	34,4938	2,4876	2,6464	0,7018	Se Acepta Ho

Tabla de Valores de Estadísticos y Resultados de la Prueba de Hipótesis de Centramiento del proceso para la Variable Ventilación de los cigarrillos. Prueba

Piloto: Fase Curso CEP.

Día de Estudio	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones	Número de Cigarrillos Conformes
Día 1	0,425	79,11%	1.450.432
Día 2	0,447	81,44%	1.493.056
Día 3	0,388	75,03%	1.375.640
Día 4	0,490	85,81%	1.573.134
Día 5	0,373	72,84%	1.335.345

Tabla de Indicadores para la Variable Ventilación de los Cigarrillos. Fase Curso CEP de la Prueba Piloto.

- Variable Caída de Presión de los Cigarrillos:

Día de Estudio	Límite de Especificación Superior	Límite de Especificación Inferior	Target	Intervalo de Tolerancia
Día 1	72,4	63,6	68	8,8
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Tabla de Valores de Especificaciones para la Variable Caída de Presión de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase Curso CEP.

Día de Estudio	X doble barra	S barra	$\hat{\sigma}$ Caída de Presión de los Cigarrillos	P-valor	Prueba de Hipótesis (Centramiento)
Día 1	68,6167	3,1869	3,3903	0,1886	Se Acepta Ho
Día 2	70,5733	3,0159	3,2084	0,7632	Se Acepta Ho
Día 3	70,3895	3,1747	3,3773	0,6929	Se Acepta Ho
Día 4	68,3200	2,5056	2,6655	0,0883	Se Acepta Ho
Día 5	71,5167	3,3266	3,5389	0,7453	Se Acepta Ho

Tabla de Valores de Estadísticos y Resultados de la Prueba de Hipótesis de Centramiento del proceso para la Variable Caída de Presión de los cigarrillos. Prueba Piloto: Fase Curso CEP.

Día de Estudio	Cp	Probabilidad de cumplir Especificaciones	Número de Cigarrillos Conformes
Día 1	0,429	69,34%	1.271.180
Día 2	0,453	82,13%	1.505.685
Día 3	0,430	79,50%	1.457.519
Día 4	0,545	72,69%	1.332.578
Día 5	0,411	77,79%	1.426.137

Tabla de Indicadores para la Variable Caída de Presión de los Cigarrillos. Fase Curso CEP de la Prueba Piloto.

Variable	Promedio Cp	Probabilidad promedio de cumplir con las especificaciones	Total de cigarrillos conformes a las especificaciones
Peso	0,328	67,12%	6.152.458
Circunferencia	0,465	81,60%	7.480.019
% de Ventilación	0,424	78,85%	7.227.608
Caída de Presión	0,454	76,29%	6.993.099

Tabla resumen para los indicadores Cp, Probabilidad de cumplir con las especificaciones y total de cigarrillos dentro de especificación para la fase Curso CEP.

CEP.

Anexo N°19: Prueba de Sumas de Rangos Wilcoxon para dos muestras independientes para la Capacidad de Proceso. Fase de Observación vs. Fase Curso CEP.

Contraste de Hipótesis:

$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$

$H_a: \mu_1 > \mu_2$

Donde:

μ_1 : Promedio de la Capacidad de Promedio de la Fase Curso CEP, estimado mediante la media de los días de estudio de dicha fase.

μ_2 : Promedio de la Capacidad de Promedio de la Fase de Observación, estimado mediante la media de los días de estudio de dicha fase.

Utilizando los resultados de la Capacidad de Proceso de cada fase de la prueba piloto que se muestran a continuación, se procedió a realizar la prueba de Wilcoxon:

Día de Estudio	Cp Fase Curso CEP	Cp Fase de Observación
Día 1	0,398	0,429
Día 2	0,415	0,453
Día 3	0,416	0,430
Día 4	0,424	0,545
Día 5	0,454	0,411
	n1 = 5	n2 = 5

Tabla de Valores de la Capacidad de Proceso y tamaño de muestra para la prueba de Wilcoxon (Suma de Rangos).

Siendo el tamaño de muestra total $n = 10$, se ordenaron los valores de Cp de menor a mayor en la siguiente tabla:

Valor por muestra	Orden	Rango
0,40	1	1
0,41	2	2
0,42	3	4
0,42	4	4
0,42	5	4
0,43	6	6,5
0,43	7	6,5
0,45	8	8,5
0,45	9	8,5
0,55	10	10
Estadístico (T1)		55
Región Crítica		[36,∞]

Tabla de Valores de Capacidad de Proceso ordenados de menor a mayor y rangos asignados a cada valor de Cp.

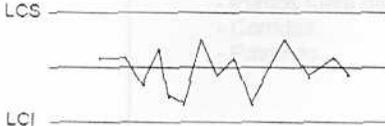
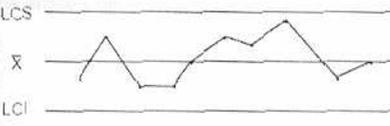
Una vez obtenidos los rangos se tiene que para un nivel de significación igual a 5% se rechaza la hipótesis nula, es decir, existen evidencias muestrales suficientes para concluir que la Capacidad de proceso promedio de la fase de Curso CEP es mayor que la capacidad de proceso promedio de la fase de Observación.

Anexo N°20: Anexo Teórico. Tabla de Constantes para Gráficos de Control.

Tamaño del Subgrupo	A ₂	A ₃	A ₆	B ₃	B ₄	c ₄	d ₂	d ₃	d ₄	D ₃	D ₄
2	1,880	2,659		0,000	3,267	0,7979	1,128	0,853	0,954	0,000	3,267
3	1,023	1,954	1,187	0,000	2,568	0,8862	1,693	0,888	1,588	0,000	2,574
4	0,729	1,628		0,000	2,266	0,9213	2,059	0,880	1,978	0,000	2,282
5	0,577	1,427	0,691	0,000	2,089	0,9400	2,326	0,864	2,257	0,000	2,114
6	0,483	1,287		0,030	1,970	0,9515	2,534	0,848	2,472	0,000	2,004
7	0,419	1,182	0,509	0,118	1,882	0,9594	2,704	0,833	2,645	0,076	1,924
8	0,373	1,099		0,185	1,815	0,9650	2,847	0,820	2,791	0,136	1,864
9	0,337	1,032	0,412	0,239	1,761	0,9693	2,970	0,808	2,915	0,184	1,816
10	0,308	0,975		0,284	1,716	0,9727	3,078	0,797	3,024	0,223	1,777
11	0,285	0,927	0,350	0,321	1,679	0,9754	3,173	0,787	3,121	0,256	1,744
12	0,266	0,886		0,354	1,646	0,9776	3,258	0,778	3,207	0,283	1,717
13	0,249	0,850		0,382	1,618	0,9794	3,336	0,770	3,285	0,307	1,693
14	0,235	0,817		0,406	1,594	0,9810	3,407	0,762	3,356	0,328	1,672
15	0,223	0,789		0,428	1,572	0,9823	3,472	0,755	3,422	0,347	1,653
16	0,212	0,763		0,448	1,552	0,9835	3,532	0,749	3,482	0,363	1,637
17	0,203	0,739		0,466	1,534	0,9845	3,588	0,743	3,538	0,378	1,622
18	0,194	0,718		0,482	1,518	0,9854	3,640	0,738	3,591	0,391	1,608
19	0,187	0,698		0,497	1,503	0,9862	3,689	0,733	3,640	0,403	1,597
20	0,180	0,680		0,510	1,490	0,9869	3,735	0,729	3,686	0,415	1,585
21	0,173	0,663		0,523	1,477	0,9876	3,778	0,724	3,730	0,425	1,575
22	0,167	0,647		0,534	1,466	0,9882	3,819	0,720	3,771	0,434	1,566
23	0,162	0,633		0,545	1,455	0,9887	3,858	0,716	3,811	0,443	1,557
24	0,157	0,619		0,555	1,445	0,9892	3,895	0,712	3,847	0,451	1,548
25	0,153	0,606		0,565	1,435	0,9896	3,931	0,709	3,883	0,459	1,541

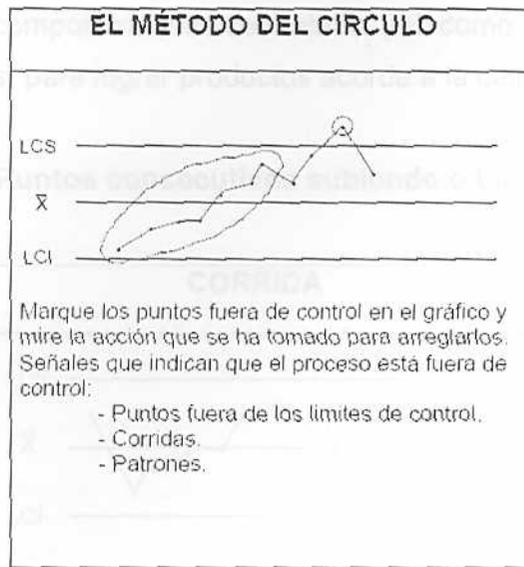
Anexo N°21: Anexo Teórico. Reglas del Control Estadístico de Procesos.

CÓMO INTERPRETAR UN GRÁFICO DE CONTROL

CON PATRÓN NORMAL	PROCESO EN CONTROL
 <p>LCS</p> <p>LCI</p>	 <p>LCS</p> <p>X</p> <p>LCI</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se estima que de cada 3 puntos en el gráfico, 2 puntos estén situados cerca de la línea central. 2. Hay pocos puntos situados cerca de los límites de control. 3. Hay puntos situados a uno y al otro lado de la línea central. 4. Hay la misma cantidad de puntos a ambos lados de la línea central. 5. Ningún punto está situado fuera de los límites de control. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solamente existe variación normal en el proceso. 2. Todos los puntos caen dentro de los límites de control o siguen un patrón normal. 3. El proceso está a su máximo de uniformidad. 4. El mejoramiento puede ser obtenido solamente a través de un cambio en el proceso: <ul style="list-style-type: none"> - Materiales. - Máquinas. - Mano de Obra. - Métodos. - Medio Ambiente.

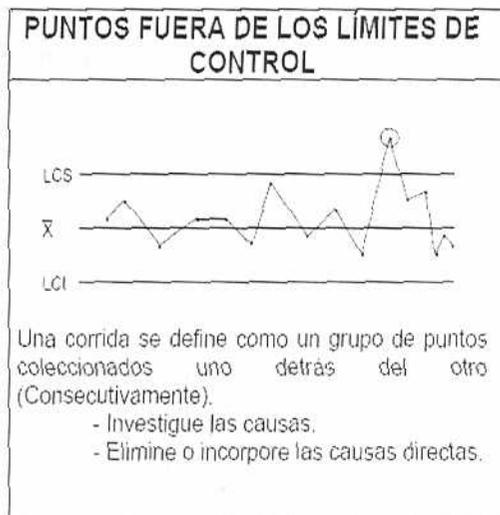
Estas son las situaciones esperadas cuando se aplica Control Estadístico en un proceso. Se quiere que las muestras tomadas se encuentren dentro de los límites de control, y que además se hallen cerca del Límite Central, lo que indica que el proceso muestra poca variabilidad.

Una herramienta útil que permite monitorear cuando un proceso se encuentra fuera o bajo control es el Método del Círculo, el cual consiste en mantener un conteo histórico de la data para identificar el momento en el cual el proceso se encuentra fuera de control. El mismo se explica a continuación:



Los casos que muestran cuándo un proceso se encuentra fuera de control son los siguientes:

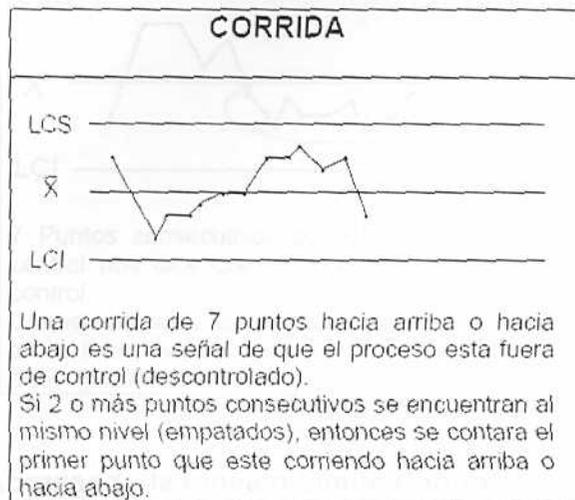
Primera Regla: Puntos fuera de los Límites de Control



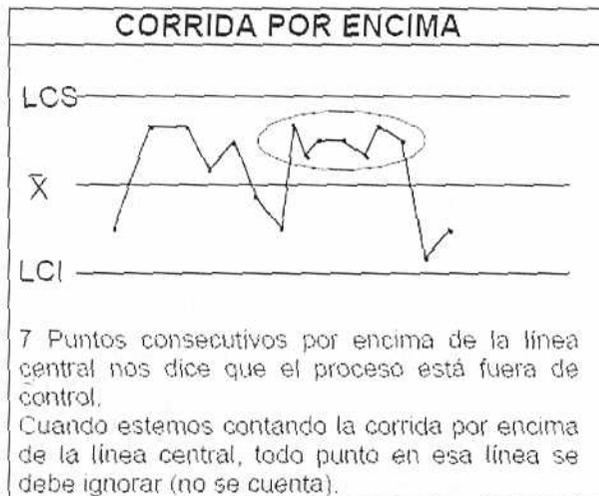
Cuando exista un punto que se ubique fuera de los Límites de Control, se dice que el proceso se encuentra fuera de control, lo que aumenta la probabilidad de obtener productos que no cumplan con las especificaciones del cliente. La acción a tomar en este caso, es intervenir sobre el proceso

hasta lograr un comportamiento controlado (tal como se muestra en las gráficas anteriores) para lograr productos acorde a la calidad esperada.

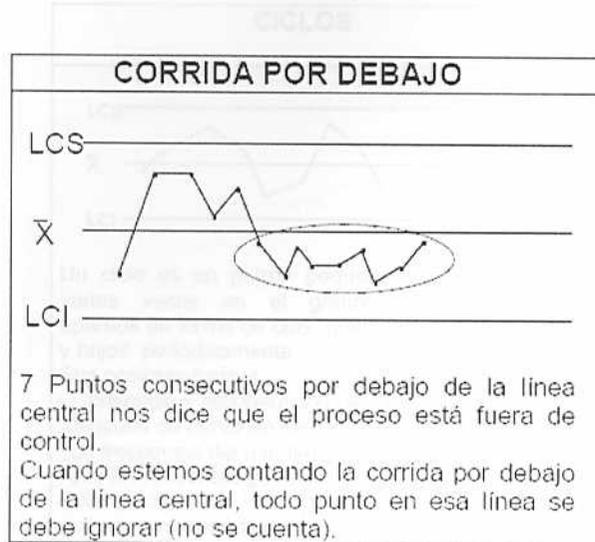
Segunda Regla: Puntos consecutivos subiendo o bajando



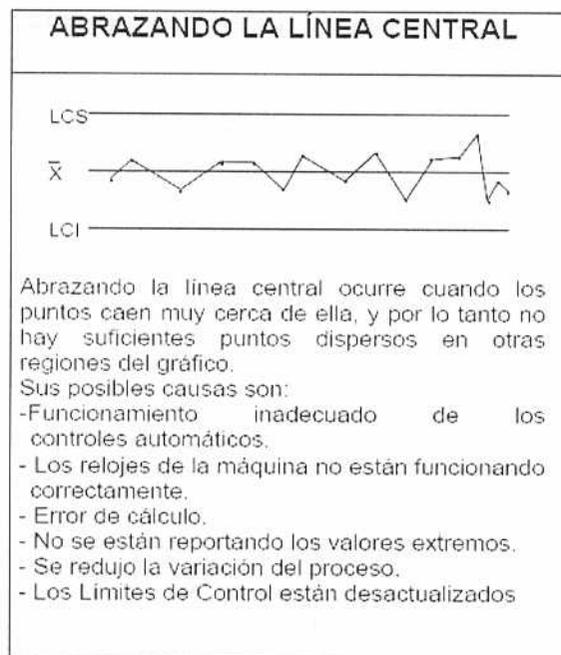
Tercera Regla: Siete puntos por encima del Límite de Control Central



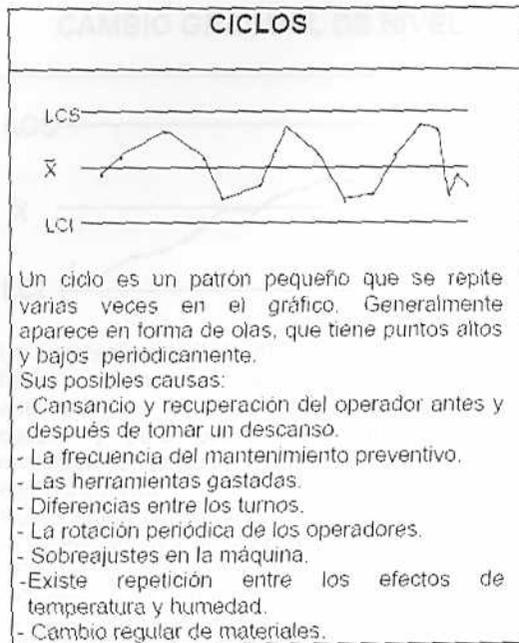
Cuarta Regla: Siete puntos consecutivos por debajo del Límite de Control Central



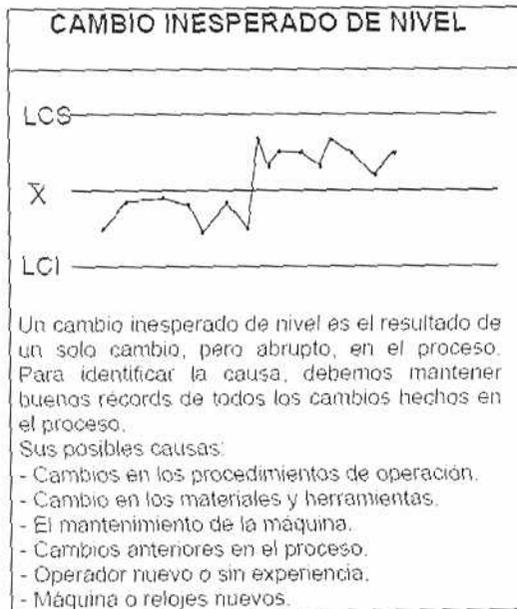
Quinta Regla: Abrazando la Línea o Límite Central



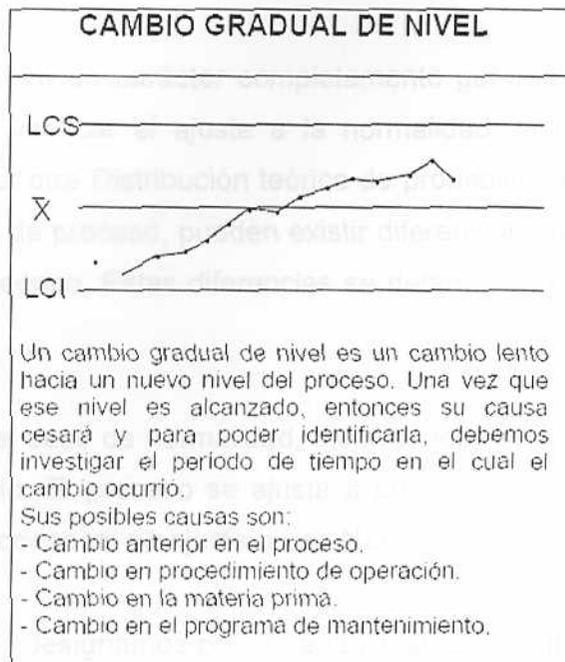
Sexta Regla: Ciclos Cambio Gradual de Nivel



Séptima Regla: Cambio Inesperado de Nivel



Octava Regla: Cambio Gradual de Nivel



Anexo N°22: Anexo Teórico. Prueba de Bondad de Ajuste Chi-Cuadrado.

Esta es una prueba de carácter completamente general, que se utiliza no solamente para verificar el ajuste a la normalidad, sino también para el ajuste a cualquier otra Distribución teórica de probabilidad. Como se explicó en la Capacidad de proceso, pueden existir diferencias entre la muestra y el modelo normal teórico. Estas diferencias se determinan con las pruebas de ajuste.

Aplicada al caso de normalidad, dicha prueba sirve para contrastar la Hipótesis nula H_0 : El proceso se ajusta a una Normal, contra la Hipótesis alterna H_a : El proceso no se ajusta a una Normal.

Es decir, si designamos por "X" a la variable en estudio, la prueba chi-cuadrado de bondad del ajuste, es una prueba donde:

H_0 : "X" se ajusta a una normal.

H_a : "X" no se ajusta a una normal.

Para decidir si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula H_0 , dispondremos como información una muestra de valores de la variable "X", la cual deberá estar presentada como una tabla agrupada de frecuencias, en donde los diferentes valores observados de la variable "X", aparecen clasificados en intervalos, con sus respectivas frecuencias.

Dicha tabla debe ser construida tomando muestras al azar del proceso. Una vez construida esta tabla, los pasos a seguir son:

Paso 1:

Estimar los parámetros μ y σ , de la distribución mediante la media muestral \bar{X} , y la varianza muestral S^2 , que se calculan según las fórmulas:

$$\hat{\mu} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} L_i^* \times f_i}{\sum_{i=1}^{i=k} f_i} \text{ y } \hat{\sigma}^2 = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} (L_i^* - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^{i=k} f_i} - (\bar{X})^2$$

En donde:

L_i^* = Marca de Clase del intervalo "i".

f_i = Frecuencia del intervalo "i".

k = Número de intervalos.

Paso 2:

Con los parámetros estimados, calcular las probabilidades de cada uno de los intervalos, mediante la tabla normal.

$$p_i = P(L_{i-1} \leq X < L_i) = P\left(\frac{L_{i-1} - \mu}{\sigma} \leq Z < \frac{L_i - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{L_i - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{L_{i-1} - \mu}{\sigma}\right)$$

En este paso, es importante tener en cuenta el detalle de que los intervalos extremos deben ser definidos como " $<L_i$ " el primero, y como " $\geq L_k$ " el último, puesto que de lo contrario la suma de las probabilidades de los "k" intervalos no será igual a "1", debido a que el dominio teórico de la curva normal es desde " $-\infty$ " hasta " $+\infty$ ".

Paso 3:

Calcular las frecuencias esperadas de cada intervalo, multiplicando el tamaño total de muestra por su probabilidad teórica.

$$e_i = n \times p_i; \text{ siendo } n = \sum_{i=1}^{i=k} f_i$$

Estas frecuencias esperadas representan el número de observaciones que deberían caer en cada uno de los intervalos, en caso de ser cierta la hipótesis de normalidad, y por lo tanto deberían ser muy parecidas a las observadas en realidad, para poder aceptar la hipótesis de normalidad del proceso.

Paso 4:

Comparar las frecuencias observadas con las esperadas, mediante el cálculo del estadístico Chi-cuadrado, definido por:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{(f_i - e_i)^2}{e_i}$$

El valor de " X^2 ", mide la diferencia entre las frecuencias observadas y las esperadas; cuanto más grande sea su valor, mayor es la diferencia entre la realidad observada y el modelo teórico normal, mientras que cuanto más pequeño sea su valor, mejor es el ajuste del modelo teórico normal a la realidad observada en la muestra.

En este paso, hay que cuidar el detalle de que todas las frecuencias esperadas deben ser iguales o mayores que "5". En caso de que este requisito no se cumpla, es necesario fundir ese intervalo con cualquiera de sus vecinos, hasta alcanzar una frecuencia esperada de 5 o más.

La justificación de este requisito es porque la prueba "chi-cuadrado", está basada en la aproximación normal a la binomial, y para que esta aproximación sea satisfactoria se exige: $np_i \geq 5$.

Paso 5:

Una vez calculado el valor de " X^2 ", el último paso es ir a las tablas de la distribución Chi-cuadrado, con un nivel de significación " α " previamente seleccionado (usualmente 5%), con $k-1-p$ grados de libertad, donde p es el número de parámetros a estimar en la prueba; y leer la abscisa que deja a la derecha un área " α ".

Si: $X^2 \leq X_{\alpha}^2 \Rightarrow$ Aceptar H_0 , es decir es aceptable el ajuste a la Normal.

Si: $X^2 > X_{\alpha}^2 \Rightarrow$ Rechazar H_0 , es decir, no es aceptable el ajuste a la Normal.

Anexo N°23: Anexo Teórico. Prueba de Levene.

Existen muchas pruebas estadísticas formales de homogeneidad de las varianzas para diseños totalmente aleatorizados. Conover, Johnson y Johnson (1981) compararon 56 pruebas y determinaron que la mejor era la prueba de Levene (Med).

Sea y_{ij} la j -ésima observación del i -ésimo grupo de tratamiento y \tilde{y}_i su mediana. Sea $z_{ij} = |y_{ij} - \tilde{y}_i|$ el valor absoluto de la diferencia entre una observación y la mediana del grupo de tratamiento i . Para probar la homogeneidad de las varianzas, se calcula el análisis de varianza en un sentido para z_{ij} y del estadístico F_0 :

$$F_0 = \frac{CMT}{CME} = \frac{\sum_{i=1}^t r_i (\bar{z}_i - \bar{z}_{..})^2}{\frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{r_i} (z_{ij} - \bar{z}_i)^2}{N-t}} \quad (1)$$

La Hipótesis nula de varianzas homogéneas, $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_t^2$, se rechaza si $F_0 > F_{\alpha; (t-1), (N-t)}$. El estadístico de prueba en la ecuación (1) es una modificación de la prueba original introducida por Levene (1960). La modificación sugerida por Brown y Forsythe (1974) fue sustituir la mediana \tilde{y}_i , con la media \bar{y}_i , en el cálculo de z_{ij} .

Anexo N°24: Anexo Teórico. Análisis de Varianza (ANOVA).

En los experimentos de un factor con tamaños de muestra iguales, las medidas u observaciones se obtienen para "a" grupos independientes de muestras (a : número de tratamientos o niveles del factor), donde el número de medidas en cada grupo es "b". Los resultados se pueden presentar en una tabla similar a la siguiente:

Tratamiento (Nivel o Población) 1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1b}	$\bar{x}_{1\bullet}$
Tratamiento (Nivel o Población) 2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	$\bar{x}_{2\bullet}$
.....
Tratamiento (Nivel o Población) a	x_{a1}	x_{a2}	...	x_{aj}	$\bar{x}_{a\bullet}$

Notación •

En el análisis de la varianza suele usarse un subíndice • para indicar ciertas sumas y medias marginales y totales. Así:

$$x_{j\bullet} = \sum_{k=1}^b x_{jk}$$

$$x_{\bullet\bullet} = \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b x_{jk}$$

$$\bar{x}_{j\bullet} = \frac{x_{j\bullet}}{b} = \frac{\sum_{k=1}^b x_{jk}}{b}$$

$$\bar{x}_{\bullet\bullet} = \frac{x_{\bullet\bullet}}{ab} = \frac{\sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b x_{jk}}{ab}$$

A las medias $\bar{x}_{1\bullet}, \bar{x}_{2\bullet}, \dots, \bar{x}_{j\bullet}$ se les llaman media muestrales individuales, y a la media $\bar{x}_{\bullet\bullet}$ se le llama gran media o media total.

Variación total. Variación dentro de tratamientos. Variación entre tratamientos:

La variación total, SST, que se define como la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada medida a partir de la gran media:

$$SST = \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b (x_{jk} - \bar{x}_{\bullet\bullet})^2 = \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b x_{jk}^2 - \frac{1}{ab} (x_{\bullet\bullet})^2$$

La variación dentro de tratamientos, SSE, se define como:

$$SSE = \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b (x_{jk} - \bar{x}_{j\bullet})^2$$

La variación entre tratamientos, SSTr, se define como:

$$SSTr = \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b (\bar{x}_{j\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet})^2 = b \sum_{j=1}^a (\bar{x}_{j\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet})^2 = \frac{1}{b} \sum_{j=1}^a x_{j\bullet}^2 - \frac{1}{ab} x_{\bullet\bullet}^2$$

A veces resulta conveniente, sobre todo si se trata con datos de magnitudes grandes, restar una constante a cada uno de ellos. Esto no afecta las sumas anteriores.

Al final se cumple que: SST=SSE+SSTr.

Modelo matemático para el análisis de la varianza.

Podemos considerar que cada fila de la tabla representa una muestra aleatoria de tamaño J de la población para ese tratamiento en particular. Por consiguiente, para cada tratamiento j, tenemos las variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas $x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jb}$, las cuales toman los valores $x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jb}$. Cada una de las x_{jk} , $k=1, \dots, b$ se puede expresar como la suma de su valor esperado y un término de *error*:

$$x_{jk} = \mu_j + \Delta_{jk} \quad (1)$$

Las Δ_{jk} se pueden considerar como variables aleatorias independientes (con relación a j y a k) con distribución normal de media cero y varianza σ^2 .

Definamos la constante μ por:

$$\mu = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^a \mu_j$$

Podemos pensar en μ como la media para un tipo de gran población que comprende todas las poblaciones de tratamientos. Entonces (1) puede escribirse como:

$$X_{jk} = \mu + \alpha_j + \Delta_{jk}, \text{ donde } \sum_{j=1}^a \alpha_j = 0 \quad (2)$$

La hipótesis nula de que todas las medias de los tratamientos son iguales está dada por:

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

o de manera equivalente:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a = \mu$$

Si la hipótesis nula es cierta, las poblaciones de tratamiento son normales con media y varianza común.

Valores esperados y distribuciones de las Variaciones.

Teorema 1: Sean SST, SSE y SSTR las variaciones definidas con anterioridad y supóngase que $\Delta_{jk} : N(0, \sigma^2)$, $\forall j, k$. Entonces:

$$i) \quad E[SSTR] = (a-1)\sigma^2 + b \sum_{j=1}^a \alpha_j^2 \quad (3)$$

$$ii) \quad E[SSE] = a(b-1)\sigma^2 \quad (4)$$

$$iii) \quad E[SST] = (ab-1)\sigma^2 + b \sum_{j=1}^a \alpha_j^2 \quad (5)$$

A partir de (4) se deduce que un estimador insesgado de σ^2 es $\hat{\sigma}^2 = \frac{SSE}{a(b-1)} = MSE$ independientemente que H_0 sea cierta o no. Por otro lado si H_0 es cierta, $\frac{SSTR}{a-1} = MSTR$ y $\frac{SST}{ab-1} = MST$ son también estimadores insesgados de σ^2 . En caso de que H_0 no sea cierta las expresiones anteriores tienden a sobre estimar a σ^2 .

Teorema 2: $\frac{SSE}{\sigma^2}$ tiene una distribución Chi-cuadrado de $a(b-1)$ grados de libertad.

Teorema 3: Si la hipótesis nula es verdadera, $\frac{SSTr}{\sigma^2}$ y $\frac{SSE}{\sigma^2}$ siguen distribuciones Chi-cuadrado con (a-1) y (ab-1) grados de libertad, respectivamente.

Es importante hacer énfasis en que el teorema 2 es válido sea cierta o no H_0 , mientras que el Teorema 3 sólo es válido cuando H_0 es verdadera.

La prueba F para la hipótesis nula de medias iguales

Si la hipótesis nula es falsa, es decir si por lo menos dos de las medias poblacionales son distintas, podemos esperar que $\frac{SSTr}{a-1}$ sea mayor que σ^2 . Por otro lado podemos esperar que $\frac{SSE}{a(b-1)}$ sea igual a σ^2 sin importar si las medias son iguales o no. En consecuencia el estadístico:

$$F = \frac{MSTr}{MSE}$$

Es un buen estadístico para probar H_0 , ya que valores significativamente grandes del mismo conducirían al rechazo de dicha hipótesis. Además se demuestra que cuando H_0 es verdadera, F tiene una distribución $F_{a-1, a(b-1)}$.

Tabla de Análisis de la Varianza.

Los cálculos requeridos para la prueba anterior se resumen en la siguiente tabla:

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Valor p
Entre Tratamientos	a-1	SSTr	$\frac{SSTr}{a-1} = MSTr$	$F = \frac{MSTr}{MSE}$	$P[F_{a-1, a(b-1)} > F]$
Dentro de Tratamientos	a(b-1)	SSE	$\frac{SSE}{a(b-1)} = MSE$		
Total	ab-1				

Anexo N°25: Anexo Teórico. Prueba Bilateral para la Media con Varianza Desconocida.

Esta prueba se utiliza en Control estadístico de Procesos cuando se quiere probar que la media de un proceso ha quedado correctamente calibrada en un valor especificado que se denota generalmente con μ_0 .

La prueba plantea dos hipótesis:

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_a: \mu \neq \mu_0$$

Generalmente el valor μ_0 es el punto medio de las especificaciones, y en ese caso la prueba pretende probar la hipótesis de que el proceso está centrado, contra la alternativa de que está descentrado. En el Control Estadístico de procesos, generalmente se dice que la varianza poblacional correspondiente a la variable o característica de calidad evaluada es desconocida, por lo que es necesario estimarla. Para ello se utiliza la varianza muestral (S^2), dado que es el estimador máximo verosímil (insesgado) de la varianza poblacional calculado con n-1 en el denominador.

A continuación se muestran las fórmulas usadas para este contraste de hipótesis:

Hipótesis Alternativa	Estadístico del Contraste	Región Crítica	Valor P
$\mu < \mu_0$	\bar{X}	$\left(-\infty, \mu_0 + t_{n-1;\alpha} \frac{s_C}{\sqrt{n}} \right)$	$P \left[t_{n-1} < \frac{(\bar{x} - \mu_0) \sqrt{n}}{s_C} \right]$
$\mu > \mu_0$		$\left(\mu_0 + t_{n-1;1-\alpha} \frac{s_C}{\sqrt{n}}, +\infty \right)$	$P \left[t_{n-1} > \frac{(\bar{x} - \mu_0) \sqrt{n}}{s_C} \right]$
$\mu \neq \mu_0$		$\left(-\infty, \mu_0 + t_{n-1;\alpha/2} \frac{s_C}{\sqrt{n}} \right) \cup \left(\mu_0 + t_{n-1;1-\alpha/2} \frac{s_C}{\sqrt{n}}, +\infty \right)$	$2P \left[t_{n-1} > \frac{ \bar{x} - \mu_0 \sqrt{n}}{s_C} \right]$

Figura N°: Fórmulas utilizadas para la prueba bilateral de medias con varianza desconocida.

Anexo N°26: Anexo Teórico. Prueba Unilateral para la Varianza de una Distribución Normal.

Esta prueba se utiliza en muchos procesos industriales, con el propósito de mantener controlada la variabilidad de los mismos.

En el caso que la desviación típica del proceso sobrepase el valor límite $\frac{L_S - L_L}{6}$, deja de ser capaz, y el porcentaje de defectuosos puede incrementarse considerablemente, aunque el proceso esté centrado.

Por esta razón, en el Control Estadístico de Procesos, la prueba más importante para la Varianza es la unilateral derecha, pues lo que se quiere es detectar cuando la varianza excede un valor especificado.

Las hipótesis son:

$$H_0: \sigma^2 \leq \sigma_0^2$$

$$H_a: \sigma^2 > \sigma_0^2$$

La prueba de varianza se hace mediante el estadístico X^2 , definido por:

$$X^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$$

Siendo σ_0^2 el valor especificado para la varianza del proceso, y S^2 la varianza muestral calculada como:

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

La decisión es aceptar H_0 si $X^2 \leq X^2_{\alpha;n-1}$, o rechazarla si $X^2 > X^2_{\alpha;n-1}$.
Donde:

$X^2_{\alpha; n-1}$ = Abscisa que en una Distribución Chi-cuadrado con (n-1) grados de libertad deja a la derecha un área " α " (nivel de significación).

También se calculará el valor límite que puede tomar la desviación típica muestral sin detener el proceso, la cual se calcula despejando S^2 de la

fórmula: $X^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$, una vez conocido el valor de X^2 para la prueba.

Anexo N°27: Anexo Teórico. Metodología Precontrol.

El precontrol es una técnica que puede ser usada con los gráficos de control por variables, con el propósito de revelar situaciones del proceso y variaciones que puedan producir defectos. Además de esto el precontrol permite establecer límites al proceso sin hacer uso de las fórmulas de cálculo de los límites de control.

Esta técnica asume un comportamiento normal de la variable en estudio para identificar variaciones del proceso que puedan penalizar la producción. La teoría del precontrol se basa en límites de especificación para el proceso. Así, un proceso normal que se encuentre dentro de la tolerancia especificada estará controlado, siempre que cumpla con una serie de reglas de precontrol. Es importante resaltar que esta técnica parte de la suposición de que el proceso se encuentra centrado, es decir, que la media del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones.

Esta metodología es utilizada generalmente cuando se puede conocer la variable del proceso sin necesidad de tomar muestras del proceso, es decir, cuando se conoce la población de la variable en estudio.

Los límites de precontrol se establecen en base a la distribución normal del proceso y los límites de especificación. A continuación se presenta un gráfico para un proceso normal de precontrol y sus límites de precontrol:

Gráfico de Precontrol con los límites de especificación
Una de las ventajas de esta metodología es la facilidad de aplicación al proceso, dado que no requiere de cálculos complejos.

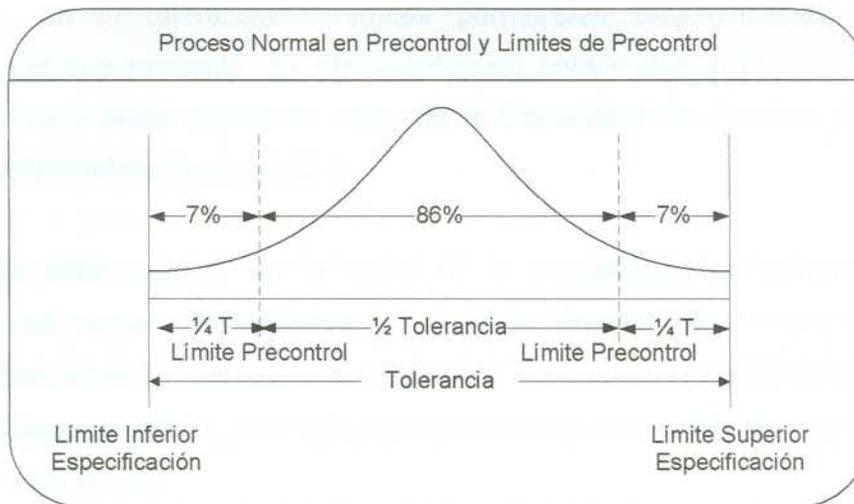


Gráfico de un proceso con comportamiento Normal y sus límites de Precontrol.

El gráfico de precontrol para un proceso normal se divide en zonas de color rojo, amarillo y verde. La primera zona representa los puntos del gráfico que están fuera de los límites de especificación, la segunda zona los puntos que están dentro de los límites de precontrol, y la zona verde, los puntos que están bajo control. A continuación se presenta un gráfico con las zonas de precontrol:

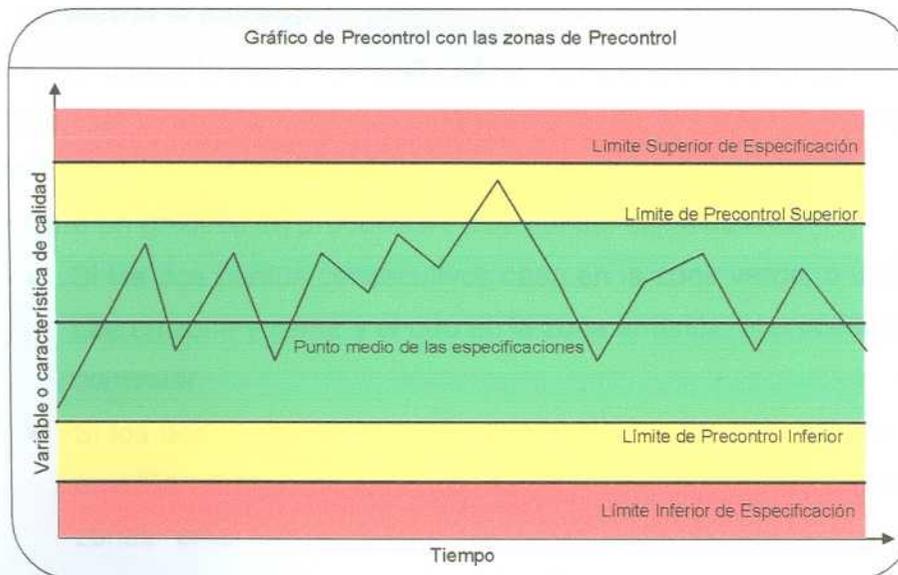


Gráfico de Precontrol con las zonas de precontrol y los límites de Precontrol.

Una de las ventajas de esta metodología es la compatibilidad con la Capacidad de proceso, dado que se basa en un comportamiento normal del

proceso, en la tolerancia o límites permisibles (especificación) y la variabilidad que presenta. Es obvio entonces pensar que si el proceso no está centrado deba usarse en lugar de la Capacidad de Proceso (C_p), la Capacidad Real de Proceso (C_{pk}).

De esta manera, en la figura N° la probabilidad de obtener dos lecturas del proceso consecutivas en la zona amarilla, es $(1/14) \times (1/14) = 1/196$. Este es el fundamento del método de Precontrol. Considerando las 4 permutaciones posibles de 2 lecturas consecutivas la probabilidad es $4/196$, es decir casi un 2%.

Reglas del Precontrol:

a) Para puesta a punto de los equipos (arranque del proceso):

- Si 5 puntos consecutivos caen en la zona verde el proceso está bien para el arranque.
- Si un punto cae en la zona amarilla se debe reiniciar el conteo.
- Si dos puntos consecutivos caen en la zona amarilla, se debe ajustar el proceso.
- Si un punto cae en la zona roja, se debe ajustar el proceso.

De esta manera el proceso no puede arrancar a menos que 5 puntos consecutivos estén en la zona verde.

b) Para un proceso en producción: Dos puntos consecutivos.

- Si los dos puntos consecutivos caen en la zona verde, o un punto cae en zona y verde y el otro en la zona amarilla, el proceso puede continuar.
- Si los dos puntos consecutivos caen del mismo lado en una zona amarilla, el proceso debe ser ajustado. Si los puntos caen en las zonas amarillas opuestas, se debe pedir ayuda y revisar el proceso.
- Si uno de los puntos cae en una zona roja, se debe ajustar el proceso.

Anexo N°28: Prueba de Sumas de Rangos Wilcoxon para dos muestras independientes.

La prueba de la sumas de rangos de Wilcoxon es un método no paramétrico para realizar contrastes de hipótesis relacionados con la diferencia entre las medianas de dos poblaciones independientes. Denotemos con el subíndice 1, todo lo asociado con la población en donde el tamaño de la muestra sea más pequeño. En caso de tamaños de muestra iguales, es indiferente tal asignación.

Para obtener el estadístico del contraste, asignamos rangos a todas las observaciones muestrales ($n = n_1 + n_2$) en forma conjunta. Denotemos por T_1 la suma de los rangos de la población 1 y por T_2 la suma de los rangos

de la población 2. Obviamente $T_1 + T_2 = \frac{n(n+1)}{2}$.

El estadístico del contraste es entonces:

$$E.C. = \begin{cases} T_1 & \text{si } n_1 \leq 10 \wedge n_2 \leq 10 \\ \frac{T_1 - \frac{n_1(n+1)}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n+1)}{12}}} & \text{si } n_1 > 10 \vee n_2 > 10 \end{cases}$$

La región crítica para cada una de las formas de la hipótesis alterna viene dada en el siguiente cuadro:

Hipótesis Alterna	$n_1 \leq 10 \wedge n_2 \leq 10$	$n_1 > 10 \vee n_2 > 10$
$M_1 < M_2$	$[0, T_{1,\alpha}]$	$(-\infty, Z_\alpha]$
$M_1 > M_2$	$[n_1(n+1) - T_{1,\alpha}, +\infty)$	$[Z_{1-\alpha}, +\infty)$
$M_1 \neq M_2$	$[0, T_{1,\alpha/2}] \cup [n_1(n+1) - T_{1,\alpha/2}, +\infty)$	$(-\infty, Z_{\alpha/2}] \cup [Z_{1-\alpha/2}, +\infty)$

Tabla N°: Regiones Críticas para la Prueba de Wilcoxon para dos muestras independientes.

Anexos

La tabla para las constantes del Estadístico de Wilcoxon (T_1) es la siguiente:

		n_1							
α		4	5	6	7	8	9	10	
n_2	4	0,05	11						
		0,25	10						
		0,01							
		0,005							
5	0,05	12	19						
	0,25	11	17						
	0,01	10	16						
	0,005		15						
6	0,05	13	20	28					
	0,25	12	18	26					
	0,01	11	17	24					
	0,005	10	16	23					
7	0,05	14	21	29	39				
	0,25	13	20	27	36				
	0,01	11	18	25	34				
	0,005	10	16	24	32				
8	0,05	15	23	31	41	51			
	0,25	14	21	29	38	49			
	0,01	12	19	27	35	45			
	0,005	11	17	25	34	43			
9	0,05	16	24	33	43	54	66		
	0,25	14	22	31	40	51	62		
	0,01	13	20	28	37	47	59		
	0,005	11	18	26	35	45	56		
10	0,05	17	26	35	45	56	69	82	
	0,25	15	23	32	42	53	65	78	
	0,01	13	21	29	39	49	61	74	
	0,005	12	19	27	37	47	58	71	

Tabla de Constantes para el Estadístico T_1 .