

CAPÍTULO 5

VERIFICACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN

La mejor manera de justificar y validar una modificación en el proceso es verificar que los objetivos se cumplan y como estos pueden cuantificarse en beneficios económicos (dólares anuales). En el capítulo 2 se presenta la definición del problema y retomando los objetivos buscados, se tiene que el tiempo ciclo por pieza así como el consumo de recursos de soldadura por operación se impactarán y se cuantificará el beneficio económico en ahorro de dólares por año. Por otro lado la longitud de cada uno de los 33 cordones es el objetivo de proceso que afectará los objetivos como cliente siendo estos el tiempo ciclo y el consumo de recursos de soldadura.

Una vez que se obtuvieron un nuevo rango de valores y nuevos valores para cada uno de los parámetros por cordón, estos se presentan ante los encargados de cada uno de los departamentos involucrados de SIU. Los departamentos involucrados son: calidad, ingeniería, producción, mantenimiento y seguridad, siendo estos los únicos autorizados para permitir y validar cambios en los procesos de la línea. Al existir una propuesta de cambio en los valores de los parámetros de soldadura, existe el riesgo de afectar la garantía de seguridad en las piezas producidas y es por eso que se debe de verificar que se cumple con los objetivos y principalmente si se garantiza la calidad del producto y más si a este se le aplican cordones de tipo de seguridad.

5.1 Longitudes de cordones después de aplicar las mejoras.

Para verificar si se obtuvieron resultados satisfactorios en torno al objetivo del proceso, es indispensable hacer una corrida de confirmación con una muestra de 30 piezas verificando la longitud de cada uno de los cordones. Al igual que en el capítulo 3 se debe de hacer una

recolección de datos verificando que estos se comporten de manera normal para después obtener la capacidad del proceso de cada cordón con los nuevas propuestas de mejora.

Las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 muestran la recolección de datos para la longitud de cada uno de los cordones con un tamaño de muestra de 30 piezas:

Tabla 5.1 Longitud (mm) de cordones (1-11) después de aplicar mejoras en el proceso.

DATOS DE LA LONGITUD DE CORDONES DE SOLDADURA											
PIEZA No.	CORDÓN No.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	13.95	13.27	34.25	23.05	18.58	16.38	10.37	25.49	28.92	17.99	19.86
2	13.95	12.68	34.43	23.95	19.54	16.56	10.25	25.14	28.26	18.81	19.67
3	14.89	13.20	35.02	24.89	19.50	16.78	10.23	26.14	28.83	18.96	19.76
4	14.37	13.34	34.99	24.65	19.22	17.00	10.70	26.37	29.38	18.22	19.66
5	14.37	12.90	34.63	24.36	18.95	15.91	10.43	24.91	28.53	18.73	19.52
6	14.13	12.73	34.92	23.73	19.00	18.01	10.32	25.74	28.98	18.96	19.16
7	13.71	12.54	34.33	23.54	19.97	16.92	10.77	25.32	29.14	18.37	19.19
8	14.71	13.53	34.51	23.53	18.94	17.15	10.31	25.78	28.14	18.34	19.09
9	14.09	12.60	34.92	23.60	19.56	17.71	10.59	25.75	29.04	18.05	19.25
10	14.08	12.88	34.24	23.88	19.23	17.80	10.73	25.47	29.29	18.67	19.78
11	14.57	13.01	34.19	23.01	19.16	16.37	10.17	25.60	28.38	18.92	19.57
12	14.59	12.49	34.71	23.49	19.27	17.08	10.72	25.62	28.67	18.73	19.42
13	14.09	12.93	34.32	23.93	19.68	17.67	10.46	25.55	29.09	18.46	19.45
14	14.57	12.74	33.78	23.74	18.55	17.32	10.55	25.26	29.10	19.01	19.39
15	14.11	12.76	34.63	23.76	18.65	16.87	10.41	26.01	29.63	18.58	19.45
16	14.33	13.05	34.57	23.95	19.19	17.12	10.49	25.66	28.89	18.59	19.44
17	13.99	13.07	34.81	24.37	18.02	17.36	10.47	25.06	28.01	18.51	19.03
18	13.95	13.15	34.88	24.71	19.87	17.26	10.52	25.45	28.23	18.53	19.78
19	14.37	12.99	34.85	24.57	18.55	17.55	10.48	25.53	28.02	18.64	19.45
20	14.71	12.72	34.58	24.11	18.00	17.29	10.49	25.23	28.99	18.73	19.34
21	14.57	12.93	33.98	24.34	18.71	17.08	10.48	25.47	29.03	18.71	19.56
22	14.11	12.89	35.02	24.18	17.98	16.68	10.73	25.46	29.23	18.67	19.50
23	14.34	13.00	34.76	24.32	19.02	17.24	10.68	25.48	27.99	18.60	19.45
24	14.28	12.83	34.58	24.23	18.43	17.28	10.54	25.98	28.34	18.78	19.36
25	14.30	12.79	34.85	23.96	18.82	17.21	10.22	26.02	29.33	18.54	19.42
26	14.31	12.81	34.63	23.75	17.86	17.19	10.32	25.34	28.78	18.89	19.22
27	14.29	12.72	34.59	23.66	17.96	18.02	10.56	25.29	28.45	18.24	19.89
28	14.29	12.81	34.44	23.51	17.94	17.03	10.39	26.01	28.89	18.34	19.76
29	14.28	12.85	35.01	23.50	19.55	17.41	10.14	25.99	29.00	19.00	19.34
30	14.29	12.96	34.99	23.58	18.43	17.49	10.45	25.59	28.21	18.63	19.05

Tabla 5.2 Longitud (mm) de cordones (12-22) después de aplicar mejoras en el proceso.

DATOS DE LA LONGITUD DE CORDONES DE SOLDADURA											
PIEZA	CORDÓN No.										
	No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	17.67	20.17	41.23	42.05	55.23	14.73	10.55	33.59	32.01	16.30	18.33
2	18.11	20.46	41.87	41.36	55.75	14.89	10.69	33.00	31.78	16.34	18.23
3	18.00	21.45	41.02	43.00	55.67	14.48	10.24	34.00	32.41	15.86	18.18
4	17.36	20.56	42.00	41.34	55.61	13.65	10.20	34.00	32.77	15.13	18.69
5	18.42	20.43	41.50	42.12	55.06	14.47	10.28	33.50	31.79	15.46	18.44
6	17.00	21.06	41.34	42.15	55.12	14.05	10.40	34.00	31.83	15.55	19.17
7	16.53	20.33	41.76	42.09	56.13	13.48	10.54	33.23	32.53	15.49	19.00
8	16.99	20.28	41.56	42.98	55.27	13.54	10.37	34.00	32.02	15.84	18.64
9	16.61	20.13	41.54	42.67	55.45	13.32	10.06	34.00	32.02	15.38	19.47
10	17.25	21.04	41.02	41.99	56.00	13.98	10.29	34.50	32.25	15.50	19.06
11	16.56	21.01	42.00	41.45	55.93	13.85	10.72	34.00	32.24	15.00	19.04
12	16.88	20.53	42.03	41.57	55.74	14.26	10.57	33.50	32.12	15.89	18.69
13	17.47	21.02	41.61	42.00	56.16	14.20	10.81	34.00	31.98	15.99	19.17
14	16.97	21.32	41.45	42.09	55.76	14.72	11.16	33.00	31.98	15.98	18.56
15	18.33	20.97	41.56	42.34	56.18	13.09	11.37	33.00	32.17	15.50	18.73
16	17.26	20.78	41.87	42.24	55.70	13.93	10.54	33.75	32.16	15.58	18.83
17	16.88	20.77	41.40	42.09	55.56	13.56	10.44	33.69	32.03	16.00	19.04
18	16.79	20.72	41.24	42.12	55.47	13.79	11.00	33.22	33.00	15.99	19.22
19	16.86	20.68	41.00	42.45	55.34	13.69	11.22	33.67	33.23	15.71	18.76
20	16.95	20.32	42.02	41.89	55.33	14.00	10.67	33.94	31.89	15.34	18.96
21	17.59	20.96	41.99	41.98	55.99	14.03	10.89	34.28	32.68	15.56	18.38
22	17.32	21.01	41.10	42.00	55.98	14.21	10.34	33.43	32.19	15.76	18.73
23	16.84	20.50	41.89	42.07	55.45	14.00	10.56	33.69	32.39	15.89	19.03
24	16.71	20.75	41.49	42.38	55.56	13.89	10.77	33.75	32.24	15.90	19.04
25	17.22	21.00	41.57	41.70	55.54	13.67	10.43	33.53	32.45	15.45	18.57
26	17.35	20.98	41.56	42.17	55.78	13.46	10.23	34.33	32.67	15.90	18.80
27	17.42	20.23	41.34	41.56	55.24	14.03	10.59	33.56	32.56	16.11	18.78
28	17.34	20.24	41.69	42.65	55.89	14.32	10.67	33.72	32.57	15.72	18.94
29	17.38	20.50	41.15	42.34	55.98	14.11	11.00	33.68	32.62	15.77	18.67
30	17.36	20.54	41.78	42.08	56.00	13.78	10.39	33.00	32.20	15.62	19.00

Note que las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 muestran valores para la longitud de los cordones con una variación aparentemente menor a la que se obtuvo en la línea base del proceso por tanto la propuesta de mejora arroja resultados satisfactorios en la variación de las longitudes de los cordones. El valor de P-value para cada una de la longitud de los cordones reflejará si hubo cambio significativo en el control del proceso y el valor de la desviación estándar cuantificará cuanto cambio se registró respecto al estado base del proceso.

Tabla 5.3 Longitud (mm) de cordones (23-33) después de aplicar mejoras en el proceso.

DATOS DE LA LONGITUD DE CORDONES DE SOLDADURA											
PIEZA	CORDÓN No.										
No.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	17.18	25.86	17.77	19.59	22.81	19.59	17.46	21.70	17.72	21.08	32.00
2	18.24	26.48	18.62	19.65	22.79	19.65	18.59	23.34	18.11	20.98	32.15
3	18.18	25.91	18.82	19.67	22.13	19.67	17.83	23.11	15.82	20.89	33.71
4	19.43	28.00	18.13	18.78	23.67	19.00	17.82	23.45	17.23	20.72	31.56
5	18.07	26.57	18.29	18.99	23.24	19.04	18.72	23.54	18.23	20.67	33.01
6	16.93	26.95	18.67	17.08	22.33	17.08	19.75	24.22	17.85	22.52	32.00
7	16.59	26.58	18.17	16.00	21.81	16.00	20.16	24.74	16.22	20.97	32.90
8	17.67	26.46	18.08	16.82	21.67	16.82	19.90	23.04	16.74	21.83	33.20
9	17.24	26.02	19.56	18.09	22.71	18.09	19.85	23.94	17.18	22.47	31.73
10	17.93	26.84	19.10	18.73	22.71	18.73	19.01	24.24	18.03	22.21	32.46
11	16.45	27.64	18.42	18.85	23.08	18.85	19.78	24.18	17.98	21.67	33.09
12	17.34	26.68	19.08	17.55	23.37	17.55	18.78	24.60	17.34	22.69	32.09
13	17.28	26.94	18.67	17.33	22.64	17.33	18.35	24.39	17.69	21.06	33.06
14	17.00	27.43	19.00	18.38	22.38	18.38	19.56	24.56	17.32	21.15	31.45
15	16.25	27.06	18.76	17.67	22.86	17.67	18.78	24.77	16.95	20.79	32.65
16	17.41	26.85	18.67	18.00	22.66	18.02	19.10	24.06	17.28	21.51	32.53
17	17.80	26.22	19.02	18.22	22.36	18.56	19.22	23.35	17.45	21.84	32.15
18	17.87	26.78	17.89	18.03	22.83	18.02	19.21	23.78	17.64	21.87	32.99
19	17.73	26.56	18.02	18.04	23.05	17.99	19.02	22.00	17.67	21.72	32.77
20	17.69	26.89	18.57	17.78	23.03	17.88	19.04	24.03	17.46	21.58	32.56
21	17.27	26.98	18.67	17.65	22.80	18.23	18.78	22.67	17.32	21.53	33
22	17.50	26.13	18.54	18.05	22.63	18.33	18.98	23.67	17.34	21.56	31.89
23	18.00	26.37	18.53	18.22	22.63	18.15	18.56	23.33	17.33	21.51	31.67
24	17.23	26.62	18.51	18.04	22.70	18.99	18.67	23.12	17.00	21.04	32.66
25	17.46	26.59	18.59	18.00	22.70	19.03	19.14	23.66	18.01	22.01	32.36
26	17.57	26.60	18.86	18.56	22.70	18.27	19.22	24.00	17.89	21.67	32.8
27	17.89	26.55	18.59	17.68	22.72	18.21	18.97	22.99	17.56	21.89	32.77
28	17.32	26.11	18.40	17.89	22.56	18.16	19.03	23.56	17.23	22.06	32.11
29	17.67	26.79	18.00	17.59	22.02	18.09	19.05	24.67	17.88	21.67	32.67
30	17.56	26.88	19.00	18.22	23.00	18.34	19.09	22.78	17.51	20.78	32.48

Se analizan los datos mostrados en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 para cada una de las longitudes de los cordones del sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6 y en Minitab [®] 14 se siguen los mismos pasos mostrados en el capítulo 3 para obtener el valor del P-value y aceptar si son normales o no los datos, para el análisis de capacidad del proceso por cordón se repite los mismos pasos que en el capítulo 3 y se recuerda que el análisis de capacidad depende si son o no son normales los datos para ocupar una u otra gráfica.

Es muy importante comparar el proceso antes y después de la mejora, el análisis de capacidad es la mejor manera de comparar los resultados obtenidos y como es necesario obtener primero el valor de P-value, este se calcula en Minitab ® 14 sin presentar las gráficas por separado sino que se concentran los valores por cordón en la tabla 5.4 y determinando de que tipo de datos se trata respecto al valor de P-value.

Tabla 5.4 Valor de P-value por cordón y si existe normalidad de los datos por cordón.

VALOR DEL P-VALUE PARA LA LONGITUD DE CADA CORDÓN					
CORDÓN	VALOR DE P-VALUE			TIPO DE DATOS	
No.	Original	Mejorado	Diferencia (%)	Original	Mejorado
1	0.533	0.244	-118.44%	Normal	Normal
2	0.075	0.505	85.15%	Normal	Normal
3	0.245	0.213	-15.02%	Normal	Normal
4	0.157	0.471	66.67%	Normal	Normal
5	0.090	0.371	75.74%	Normal	Normal
6	0.087	0.534	83.71%	Normal	Normal
7	0.418	0.592	29.39%	Normal	Normal
8	0.008	0.481	98.34%	Weibull	Normal
9	0.250	0.093	-168.82%	Normal	Normal
10	0.005	0.497	98.99%	Weibull	Normal
11	0.005	0.518	99.03%	Weibull	Normal
12	0.272	0.075	-262.67%	Normal	Normal
13	0.237	0.185	-28.11%	Normal	Normal
14	0.010	0.328	96.95%	Weibull	Normal
15	0.060	0.075	20.00%	Normal	Normal
16	0.033	0.508	93.50%	Weibull	Normal
17	0.479	0.895	46.48%	Normal	Normal
18	0.005	0.281	98.22%	Weibull	Normal
19	0.077	0.164	53.05%	Normal	Normal
20	0.005	0.247	97.98%	Weibull	Normal
21	0.010	0.696	98.56%	Weibull	Normal
22	0.005	0.552	99.09%	Weibull	Normal
23	0.313	0.191	-63.87%	Normal	Normal
24	0.458	0.161	-184.47%	Normal	Normal
25	0.005	0.534	99.06%	Weibull	Normal
26	0.005	0.152	96.71%	Weibull	Normal
27	0.552	0.066	-736.36%	Normal	Normal
28	0.009	0.227	96.04%	Weibull	Normal
29	0.247	0.062	-298.39%	Normal	Normal
30	0.022	0.591	96.28%	Weibull	Normal
31	0.224	0.062	-261.29%	Normal	Normal
32	0.186	0.270	31.11%	Normal	Normal
33	0.061	0.617	90.11%	Normal	Normal

La tabla 5.4 indica que después de aplicar la mejora la longitud de cada uno de los cordones de soldadura presentan un comportamiento normal de los datos y esto se considera un comienzo en la optimización de la longitud de los cordones pues siempre es mejor trabajar con datos normales ya que se basan en la gráfica más simple. Se observa que 9 de los 33 cordones después de aplicar la mejora arrojan un resultado negativo al disminuir su valor de P-value original; sin embargo, se acepta esta situación ya que el aplicar la mejora permite que todos los datos sean normales para cada una de las longitudes de los cordones. Una vez que se conoce la normalidad o no normalidad de los datos para cada uno de los cordones se puede obtener la capacidad del proceso por cordón y al ser normales los datos de todas las longitudes de los cordones se puede obtener la gráfica correspondiente siguiendo los pasos descritos en el capítulo 3.

Para el cordón número 1 la gráfica de la capacidad del proceso se presenta en la figura 5.1:

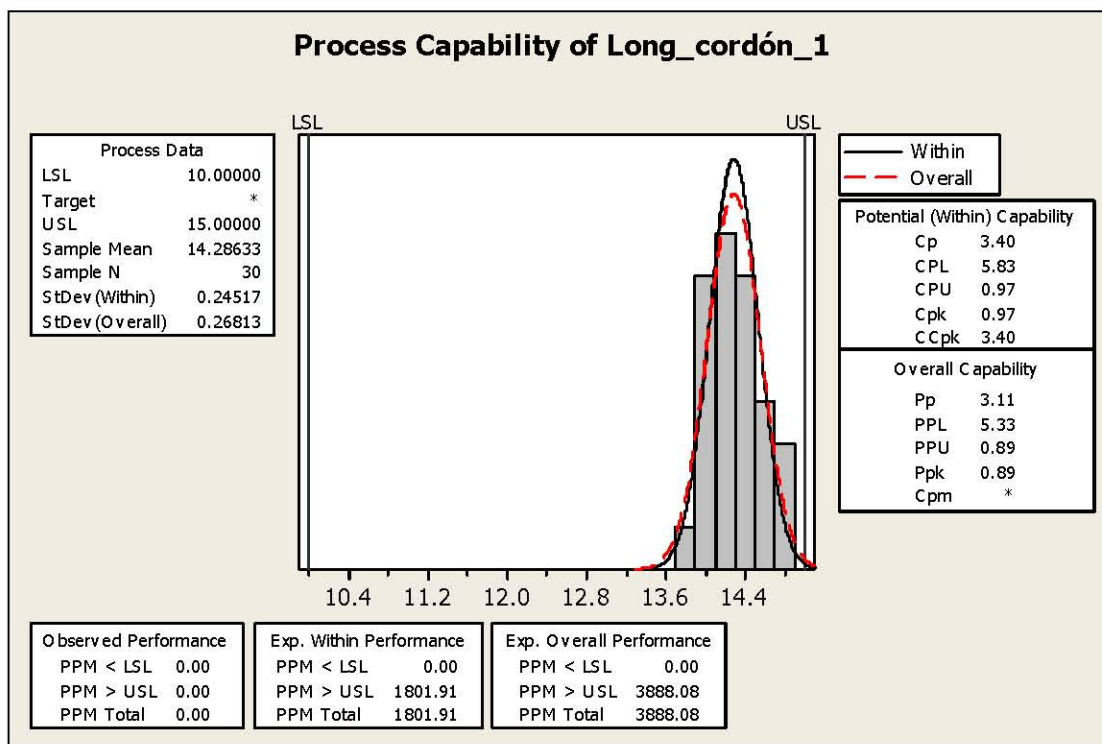


Figura 5.1 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 1 después de aplicar mejoras.

La figura 5.1 muestra el comportamiento de la longitud del cordón #1 después de aplicar cambios en los valores de voltaje, la velocidad de alimentación de hilo y la velocidad de aplicación. Se observa que el muestreo de 30 piezas refleja que la longitud del cordón #1 se encuentra dentro de especificación (10-15 mm) sin embargo se encuentran sesgados los datos hacia el límite superior (15 mm). Después de aplicar las mejoras, los cambios en los indicadores son significativos y por ejemplo se redujo la variación (desviación estándar) un 33.99%, el total de PPM cambio de 118, 869.19 a 3, 888.08 y cabe destacar que el Cpk aumento de 0.36 hasta un valor de 0.97.

La tabla 5.5 muestra la comparación porcentual para los indicadores más importantes de la longitud del cordón #1:

Tabla 5.5 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #1.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #1					
LONG. CORDÓN #1	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
<i>Original</i>	10 - 15 mm	14.519	0.406	0.36	118, 869.19
<i>Mejorado</i>	10 - 15 mm	14.286	0.268	0.97	3, 888.08
Diferencia (%)	-	-1.605%	-33.990%	62.887%	-

La figura 5.2 muestra los datos para la longitud del cordón #2 después de aplicar mejoras y como estos se encuentran centrados dentro del rango de 10 a 15 mm. La variación se redujo un 63.5% como se muestra en la tabla 5.6 y al tener los datos centrados dentro del rango de especificación el total de PPM para la longitud de este cordón es de 0, lo cual refleja la optimización para este cordón pues originalmente había un total de 4, 314.33 PPM.

Se destaca el incremento en el Cpk de un valor de 0.72 hasta uno de 3.13, el cual es superior a 1.33 y esto se debe a que las datos se encuentran centrados y con una variación pequeña que equivale a garantizar la satisfacción de la longitud del cordón #2 a través del tiempo.

Al comparar los indicadores originales con los mejorados se destaca que la longitud de este

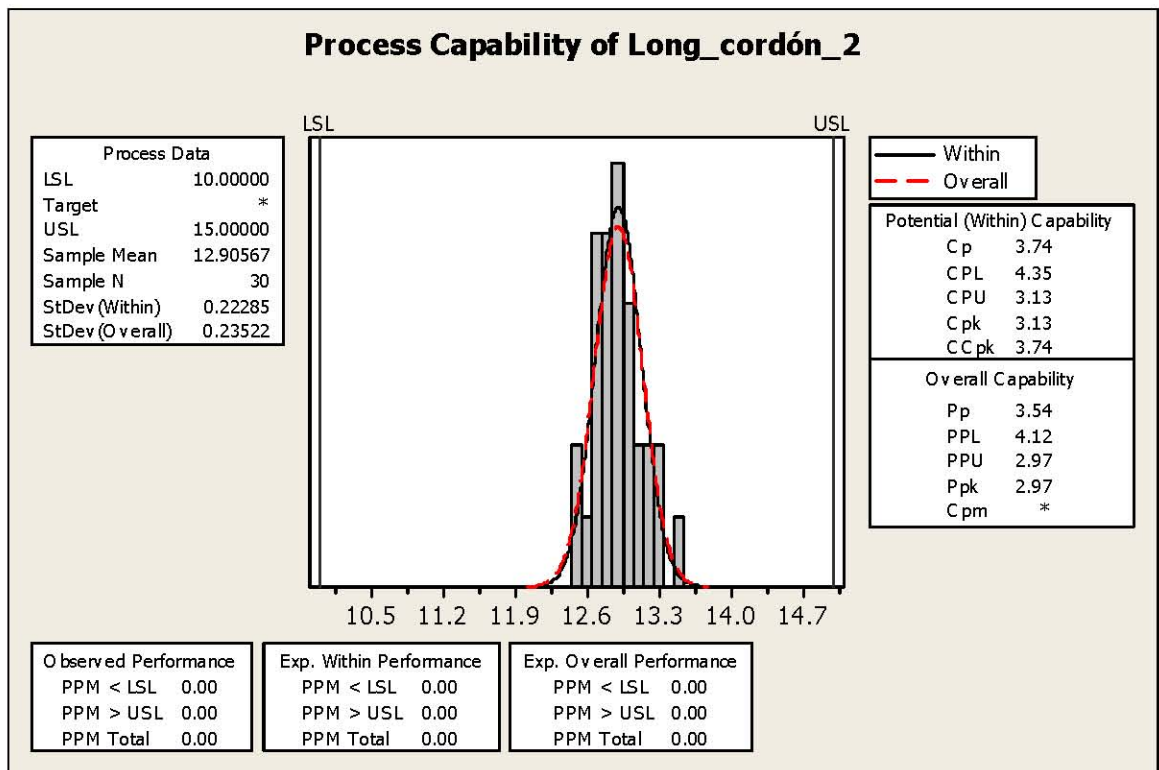


Figura 5.2 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 2 después de aplicar mejoras.

cordón cumple con la especificación del cliente sin ningún problema.

Tabla 5.6 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #2.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #2					
LONG. CORDÓN #2	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	10 - 15 mm	13.306	0.644	0.72	4, 314.33
Mejorado	10 - 15 mm	12.905	0.235	3.13	0.00
Diferencia (%)	-	-3.014%	-63.509%	76.997%	-

La figura 5.3 muestra la capacidad del proceso para la longitud del cordón #3 después de aplicar mejoras y como los datos se encuentran dentro de especificación (30-35 mm) sin embargo estos están sesgados al límite superior (35 mm) provocando un total de PPM de 117, 046.74. A pesar que el valor de Cpk es de 0.44 menor a 1.33, si existe mejora respecto a los valores originales como se muestra en la tabla 5.7, donde la variación se redujo un

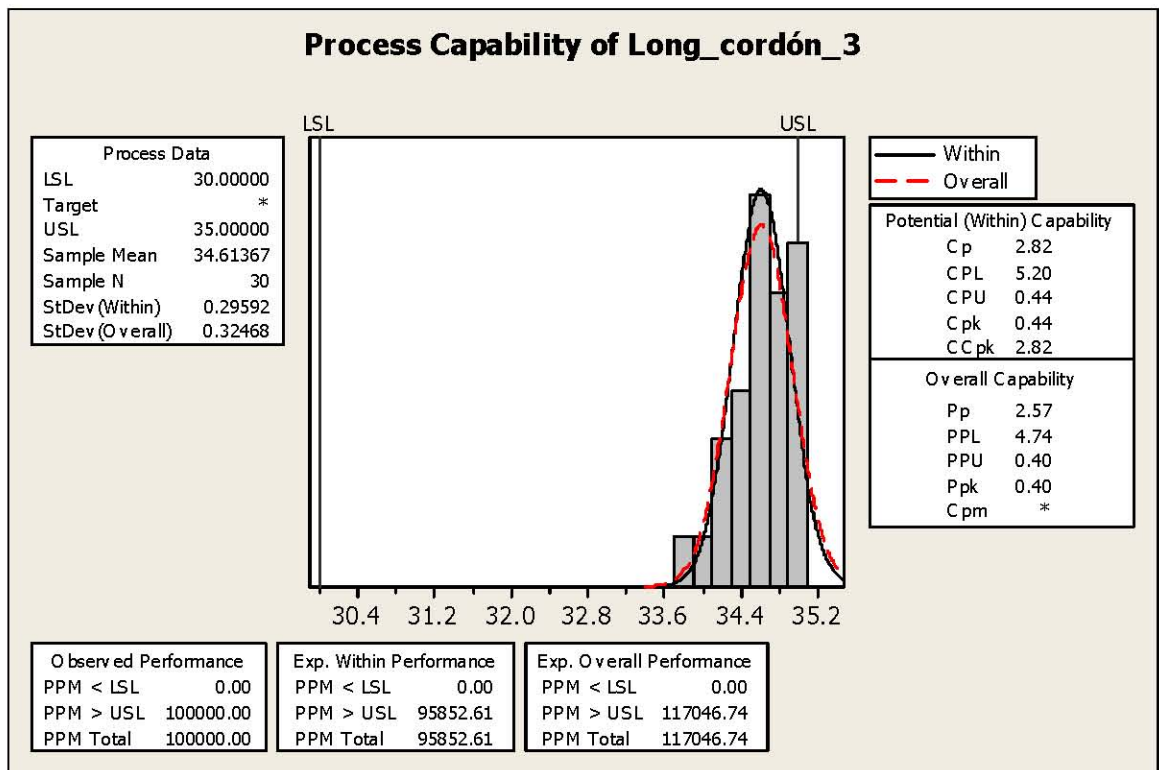


Figura 5.3 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 3 después de aplicar mejoras.

43% y la media se disminuyó un 16%. Lo destacable para la longitud de este cordón es que se redujo de 1, 000, 000 de PPM a 117, 046.74.

Tabla 5.7 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #3.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #3					
LONG. CORDÓN #3	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	30 - 35 mm	41.235	0.574	-4.43	1, 000, 000.00
Mejorado	30 - 35 mm	34.613	0.325	0.44	117, 046.74
Diferencia (%)	-	-16.059%	-43.436%	1106.818%	-

La capacidad del proceso para la longitud del cordón #4 se muestra en la figura 5.4 y se observa que los datos se encuentran sesgados al límite superior de 25 mm pero se destaca que todos los datos se encuentran dentro de la especificación de 20 a 25 mm. El valor de

Cpk es de 1.37 y por tanto se cumple con el objetivo mayor a 1.33 y la diferencia porcentual entre los indicadores originales y los mejorados se encuentra en la tabla 5.8

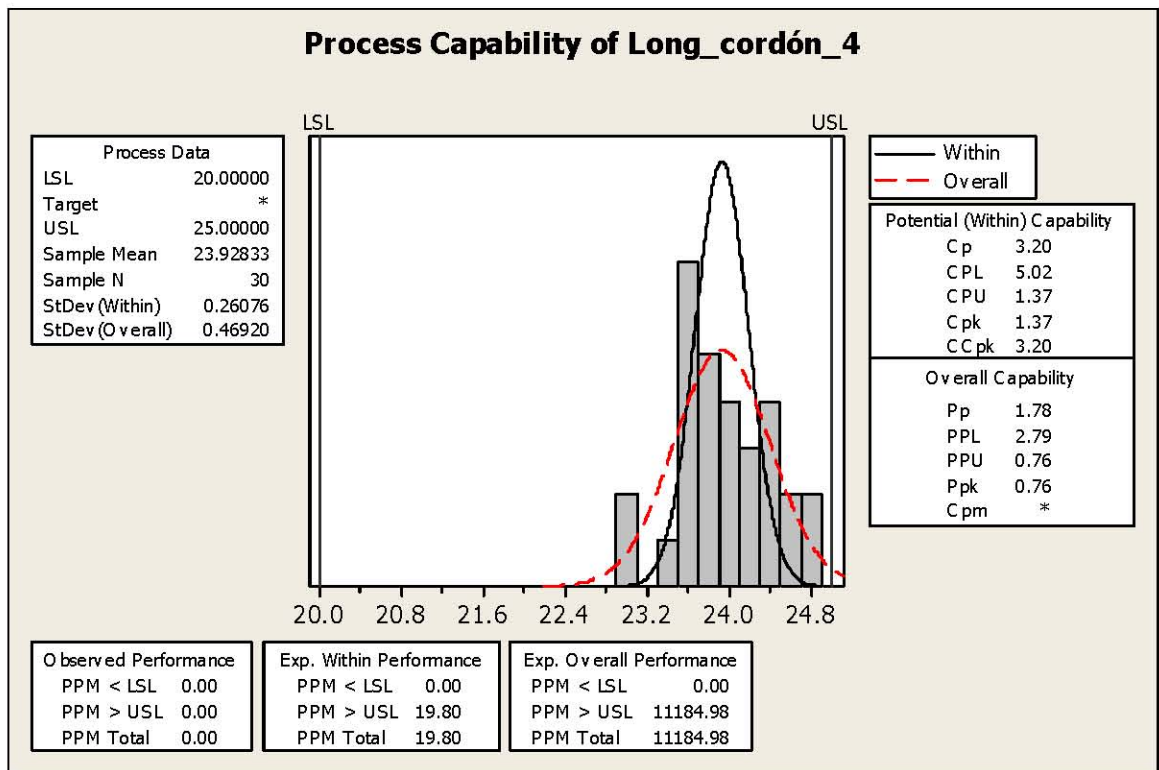


Figura 5.4 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 4 después de aplicar mejoras.

Se observa que en el caso de la longitud del cordón #4 la media aumento en lugar de disminuir y al sesgarse los datos al límite superior el total de PPM es de 11, 184.98.

Tabla 5.8 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #4.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #4					
LONG.	INDICADORES				
CORDÓN #14	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	20 - 25 mm	20.444	1.006	0.10	118, 869.19
Mejorado	20 - 25 mm	23.928	0.469	1.37	11, 184.98
Diferencia (%)	-	14.560%	-53.380%	92.701%	-

La figura 5.5 muestra la capacidad del proceso para la longitud del cordón #5, la cual se encuentra dentro de la especificación de 15 a 20 mm, donde se sesgan un poco los datos al

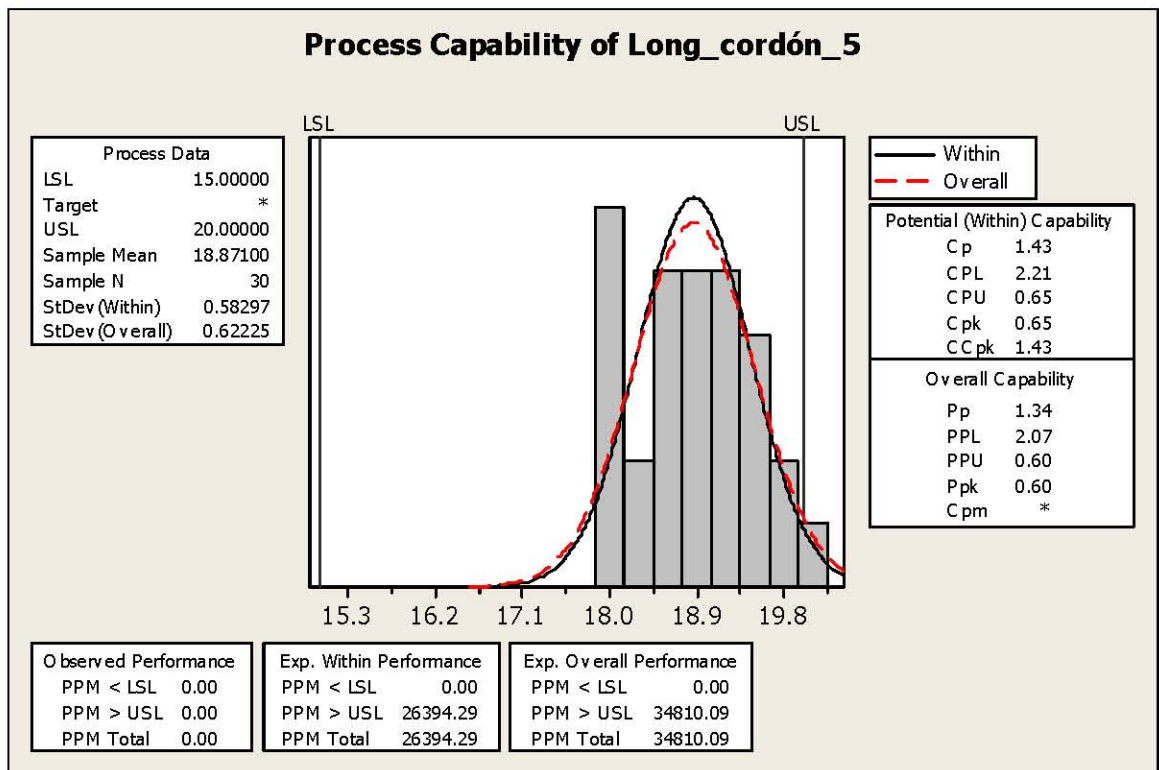


Figura 5.5 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 5 después de aplicar mejoras.

límite superior. De acuerdo con la tabla 5.9 el Cpk aumento de un valor negativo de -0.41 a uno positivo de 0.65, lo que significa una mejora la cual aun no cumple con el Cpk de 1.33. Se destaca la reducción en el total de PPM de 958, 914.54 a 34, 810.03, diferencia significativa en la mejora del proceso.

Tabla 5.9 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #5.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #5					
LONG. CORDÓN #5	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	22.398	1.379	-0.41	958, 914.54
Mejorado	15 - 20 mm	18.870	0.622	0.65	34, 810.03
Diferencia (%)	-	-15.751%	-54.895%	163.077%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #6 se muestra en la figura 5.6, donde los datos se encuentran centrados en la especificación de 15 a 20 mm. Se destaca una reducción en la variación del 29% que junto a la media de 17.15 mm permite una mejora en el total de PPM de 3.67.

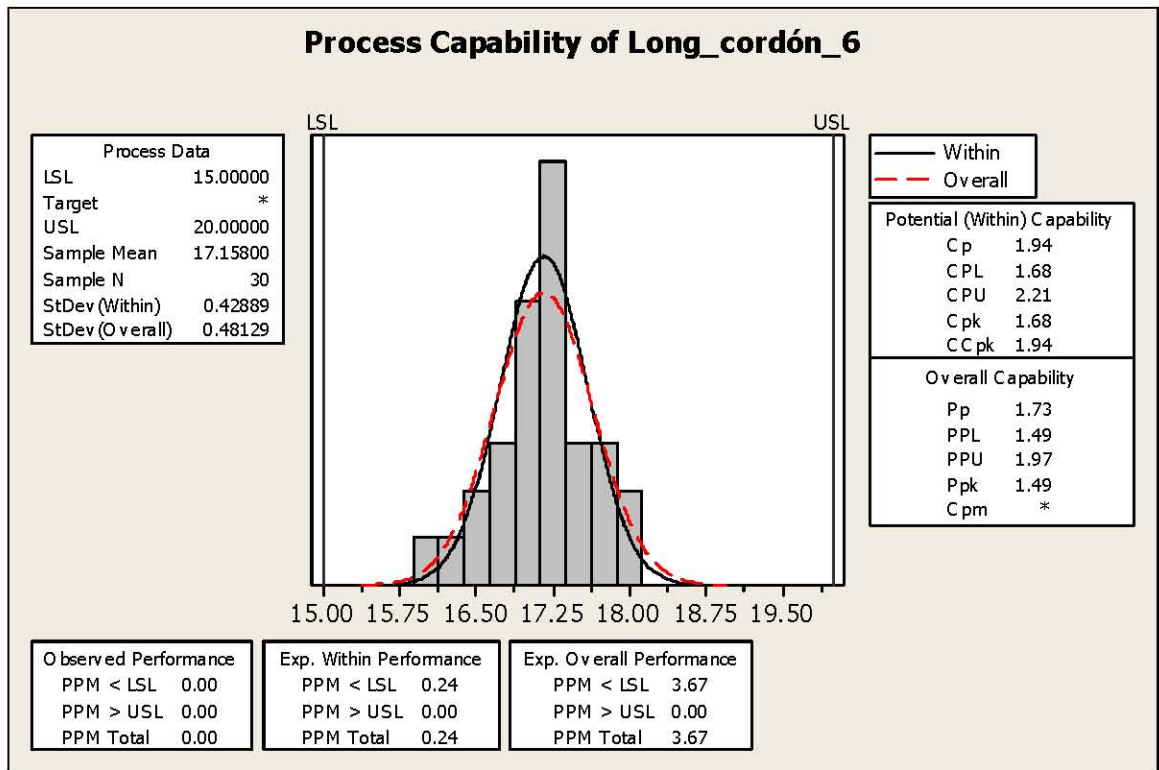


Figura 5.6 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 6 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.10 muestra el incremento en el Cpk de un valor negativo de -0.30 hasta uno positivo de 1.68, el cual es superior al objetivo de 1.33.

Tabla 5.10 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #6.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #6					
LONG. CORDÓN #6	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	20.720	0.683	-0.30	854, 305.00
Mejorado	15 - 20 mm	17.158	0.481	1.68	3.67
Diferencia (%)	-	-17.191%	-29.542%	117.857%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #7 se muestra en la figura 5.7 y se observa una variación pequeña de tan sólo 0.182 mm aunque los datos se encuentran sesgados al límite inferior (15 mm) de la especificación (15-20 mm).

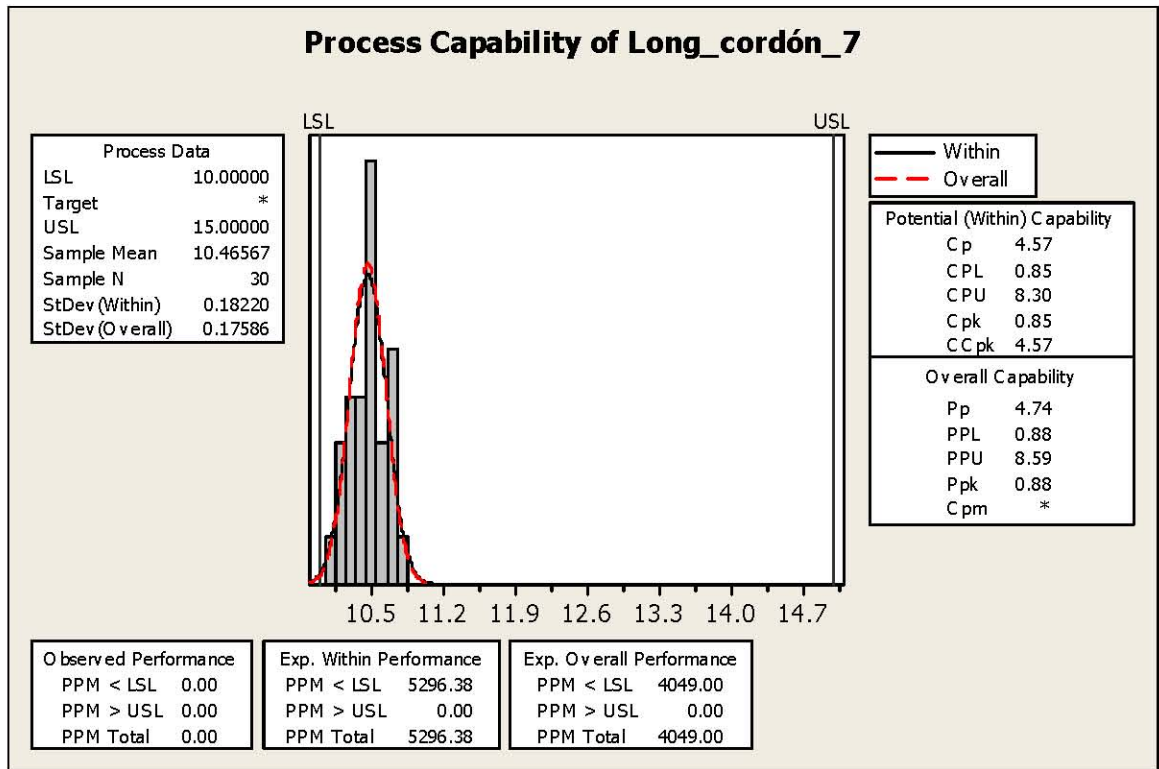


Figura 5.7 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 7 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.11 muestra un incremento en el Cpk del 57% y la mejor optimización se encuentra en la reducción de 101, 874.60 PPM hasta sólo 4, 049.

Tabla 5.11 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #7.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #7					
LONG. CORDÓN #7	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	10 - 15 mm	10.681	0.536	0.36	101, 874.60
Mejorado	10 - 15 mm	10.465	0.175	0.85	4, 049.00
Diferencia (%)	-	-2.022%	-67.351%	57.647%	-

La figura 5.8 muestra la capacidad del proceso para la longitud del cordón #8 donde los datos se encuentran sesgados al límite inferior de la especificación (25 mm) pero se destaca que todos se encuentran dentro del rango permitido (25-30 mm).

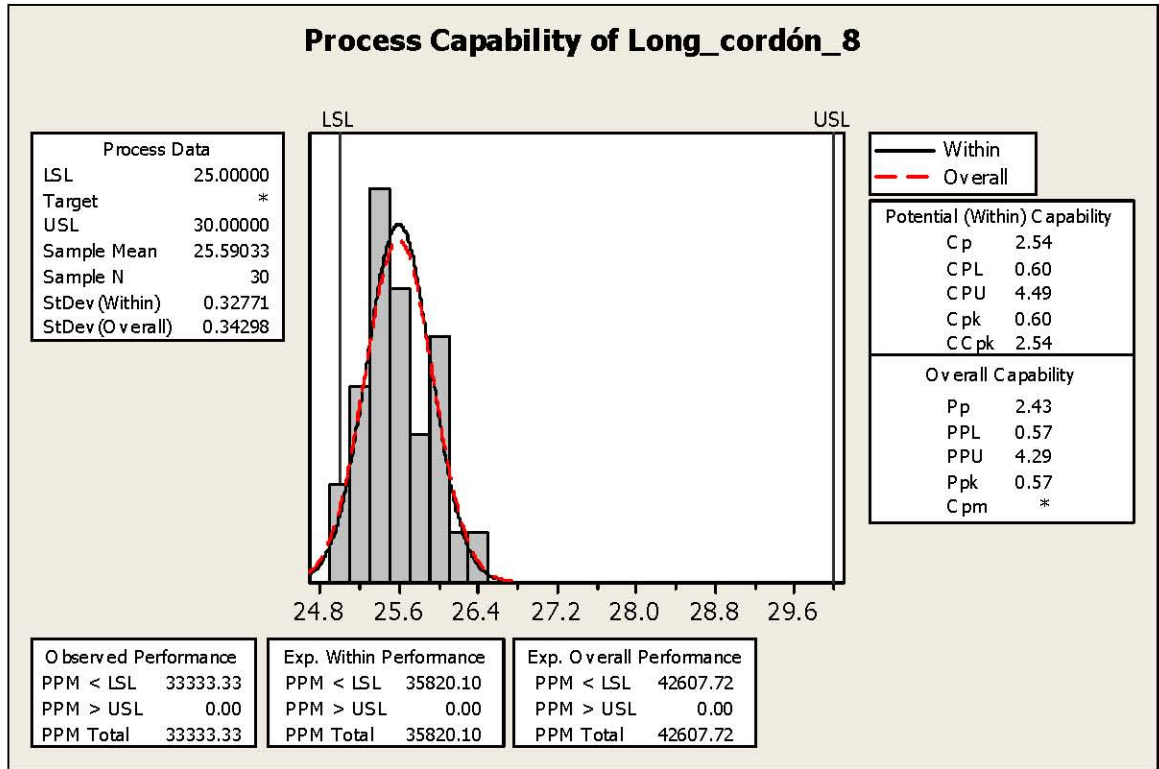


Figura 5.8 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 8 después de aplicar mejoras.

En la tabla 5.12 se destaca la reducción en la variación del 80% y la disminución del total de PMM de 647, 849 hasta 42, 607.72. En el caso de la media existe un incremento del 5.7% del valor mejorado respecto del original.

Tabla 5.12 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #8.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #8					
LONG. CORDÓN #8	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	25 - 30 mm	24.110	1.748	-0.08	647, 849.00
Mejorado	25 - 30 mm	25.590	0.342	0.60	42, 607.72
Diferencia (%)	-	5.784%	-80.435%	113%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #9 se encuentra expresada en la figura 5.9 y en este caso los datos se encuentran dentro de especificación (25.30 mm) y un poco cargados a la derecha de la gráfica. El valor de Cpk es de 0.87 el cual no llega aún el deseado de 1.33.

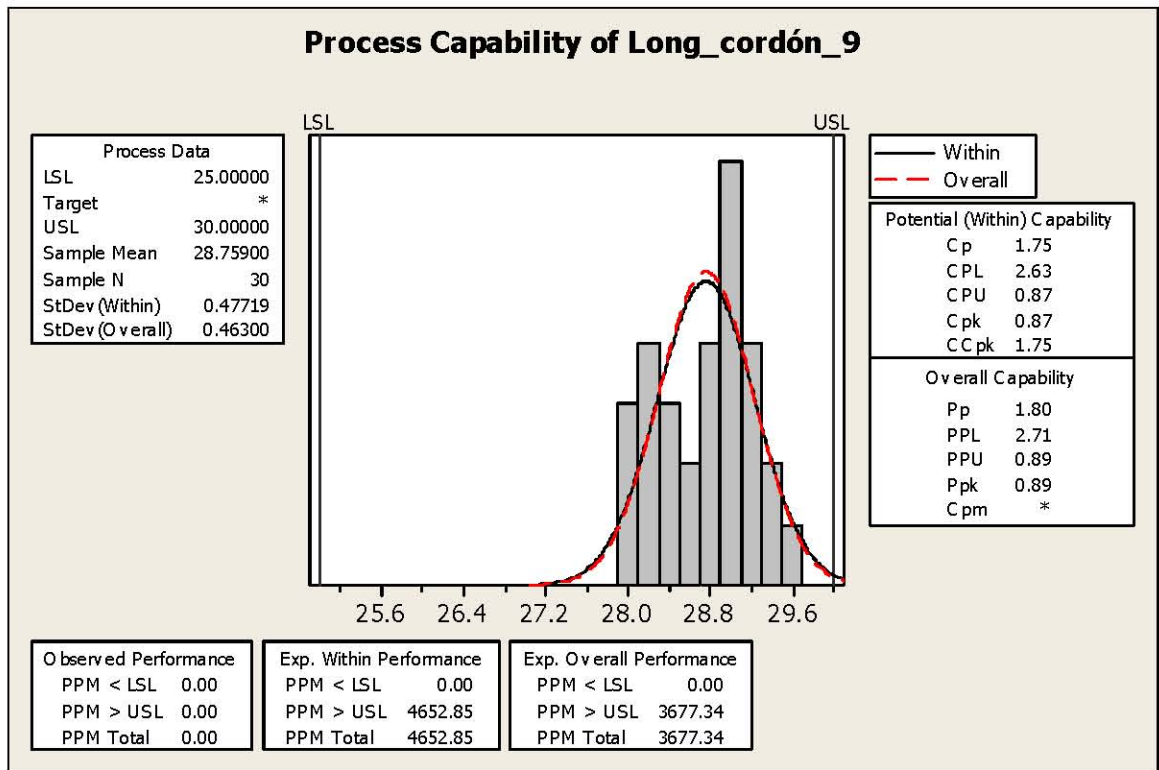


Figura 5.9 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 9 después de aplicar mejoras.

Se destaca en la tabla 5.13 el aumento en el Cpk de 0.08 hasta 0.87, lo cual refleja la optimización en la longitud del cordón #9 y la disminución en el total de PPM a 3,677.34.

Tabla 5.13 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #9.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #9					
LONG. CORDÓN #9	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	25 - 30 mm	29.584	1.240	0.08	368,785.95
Mejorado	25 - 30 mm	28.759	0.463	0.87	3,677.34
Diferencia (%)	-	-2.789%	-62.661%	90.805%	-

La figura 5.10 muestra la capacidad del proceso para la longitud del cordón #10, donde los datos se encuentran casi centrados en la especificación de 15 a 20 mm y con una variación de 0.271 mm el total de PPM sólo asciende a 0.14.

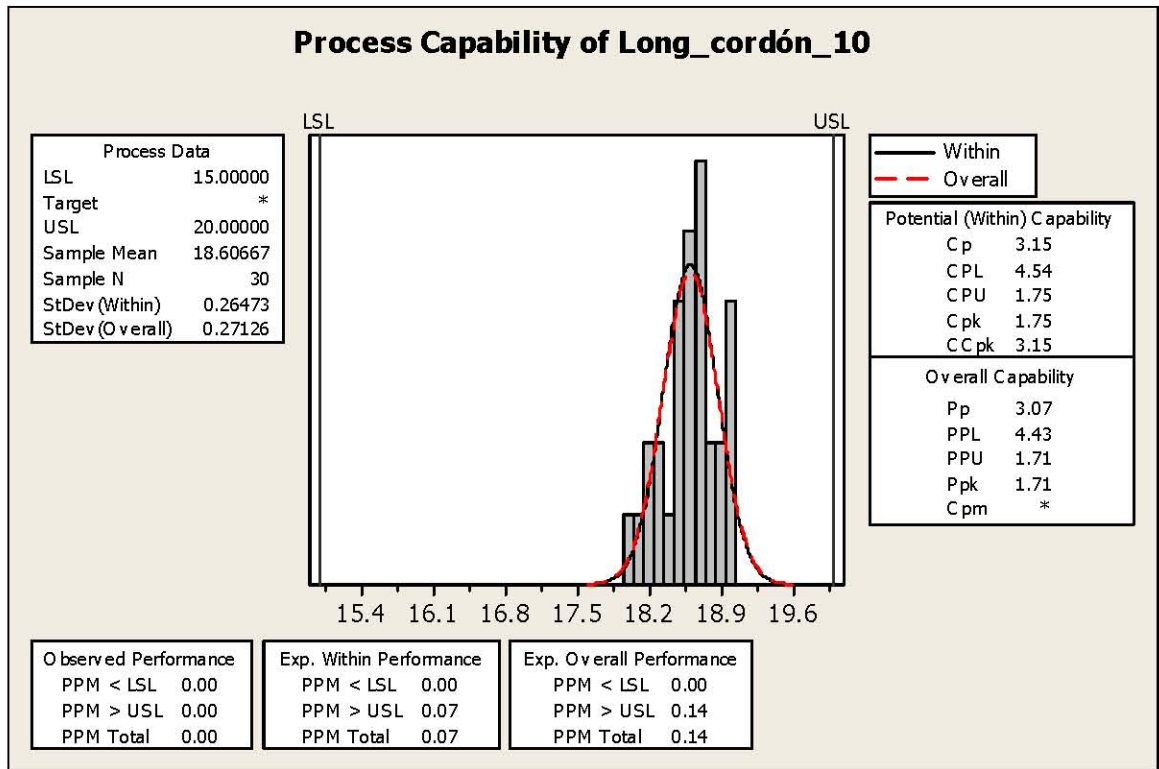


Figura 5.10 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 10 después de aplicar mejoras.

En la tabla 5.14 se verifica la optimización en la longitud del cordón #10 al aumentar el valor de Cpk de 0.12 hasta 1.75. En el caso de la media también hubo un incremento el cual fue de un 14% respecto del original.

Tabla 5.14 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #10.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #10					
LONG. CORDÓN #10	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	15.925	1.057	0.12	326, 333.00
Mejorado	15 - 20 mm	18.606	0.271	1.75	0.14
Diferencia (%)	-	14.409%	-74.361%	93.143%	-

La capacidad del proceso para la longitud del cordón #11 se encuentra expresada en la figura 5.11, se observa que los datos están sesgados al límite superior de 20 mm sin embargo estos si cumplen con la especificación de 15 a 20 mm.

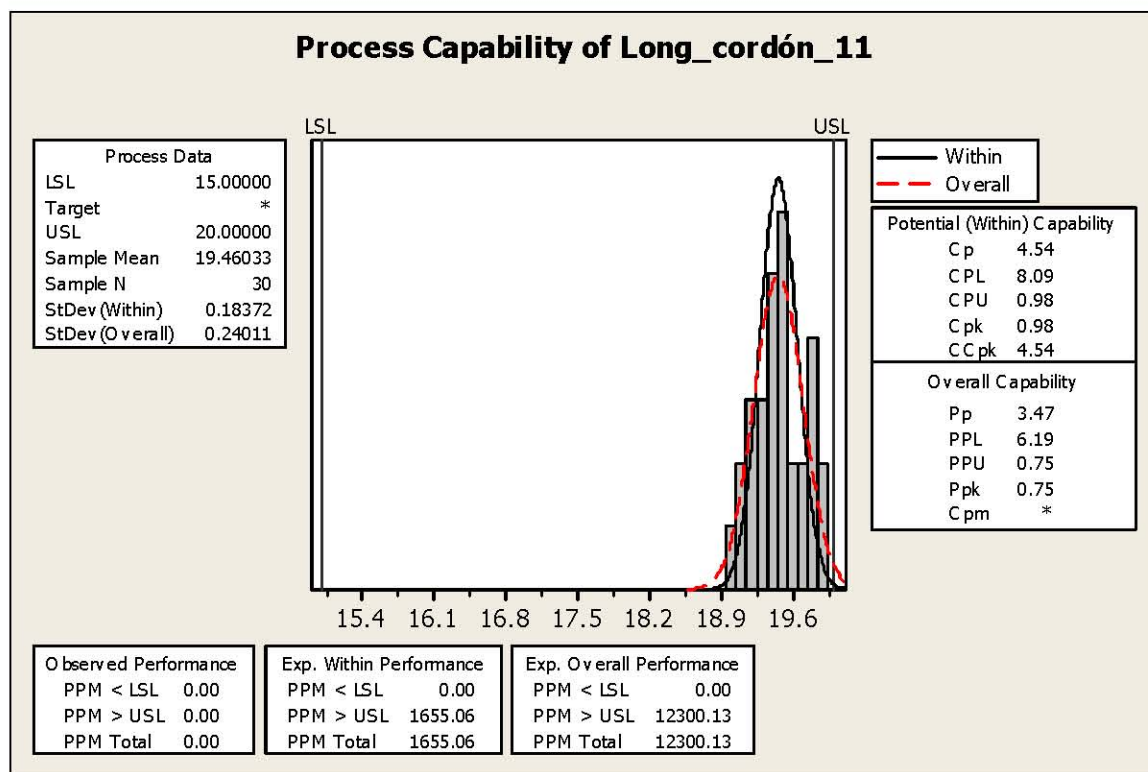


Figura 5.11 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 11 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.15 muestra la optimización de un 90% en la desviación estándar (variación) y una reducción de 315, 387 PPM a 12, 300. El Cpk refleja un incremento del 74% respecto del valor original.

Tabla 5.15 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #11.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #11					
LONG. CORDÓN #11	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	17.074	2.584	0.25	315, 387.00
Mejorado	15 - 20 mm	19.460	0.240	0.98	12, 300.13
Diferencia (%)	-	12.261%	-90.712%	74.490%	-

La figura 5.12 muestra la capacidad del proceso de la longitud del cordón #12 después de aplicar la mejora. Los datos se encuentran casi centrados con un pequeño sesgo a la izquierda del rango de la especificación de 15 a 20 mm.

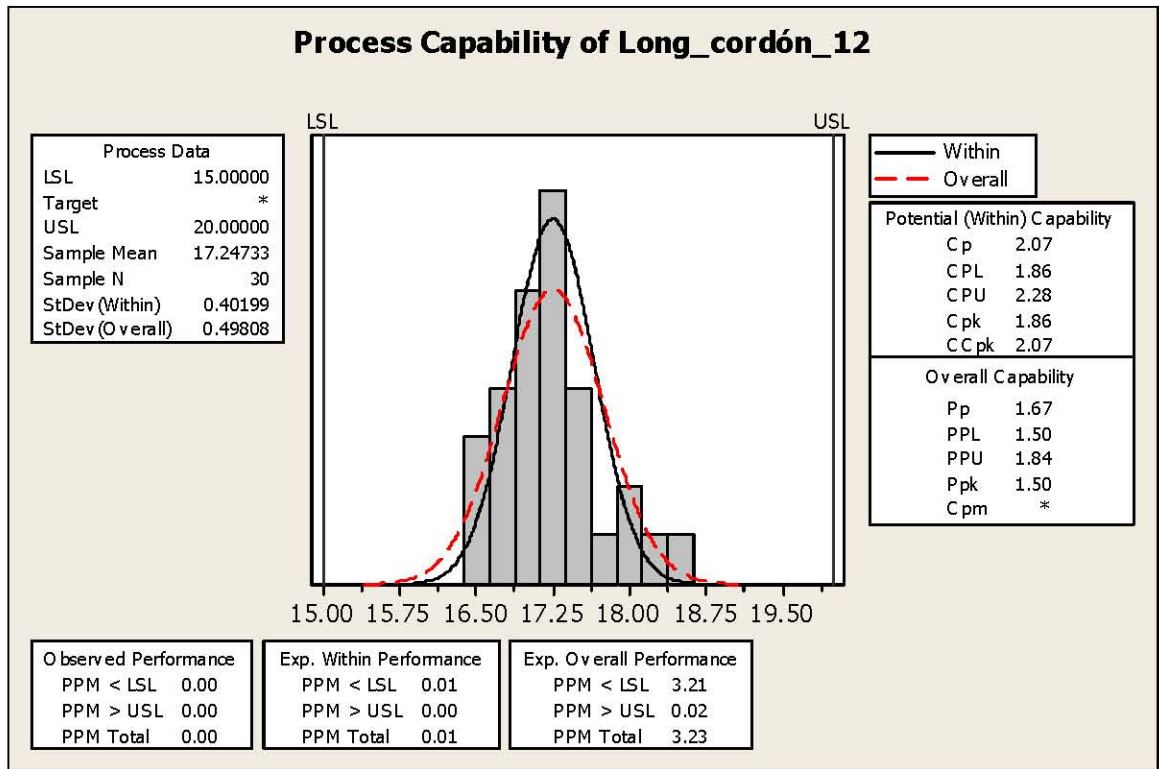


Figura 5.12 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 12 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.16 muestra la reducción de 830, 984.96 a tan sólo 3.23 en el total de PPM y se verifica con el incremento en el Cpk hasta un valor de 1.86, el cual es superior a 1.33. En el caso de la media y la variación se registró una disminución del 17 y 41% respectivamente.

Tabla 5.16 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #12.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #12					
LONG. CORDÓN #12	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	20.820	0.856	-0.30	830, 984.96
Mejorado	15 - 20 mm	17.247	0.498	1.86	3.23
Diferencia (%)	-	-17.161%	-41.822%	116.13%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #13 se encuentra expresada en la figura 5.13 donde los datos se encuentran sesgados a la izquierda de la especificación de 20 a 25 mm. El valor de Cpk de de 0.77, el cual no llega al 1.33 deseado pero si muestra un incremento respecto al original del 96%.

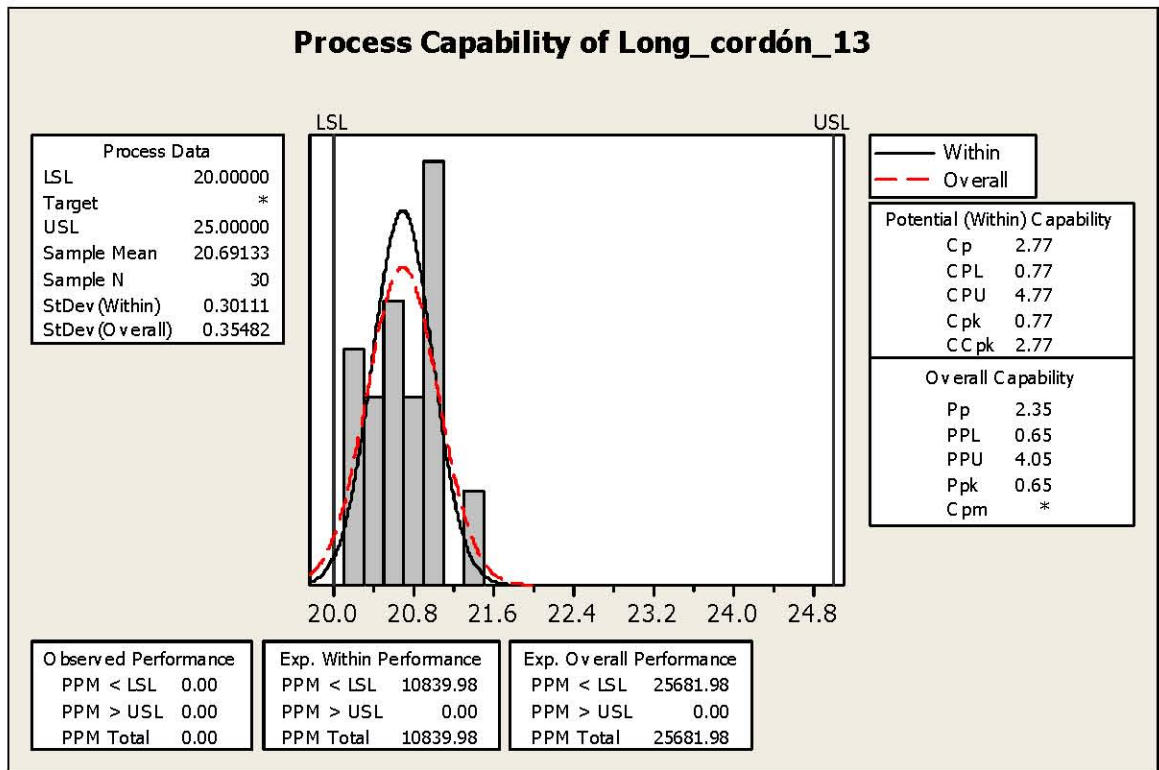


Figura 5.13 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 13 después de aplicar mejoras.

De acuerdo a la tabla 5.17 se redujo el total de PPM de 459, 729 a 25, 681, reflejando una mejora significativa en el proceso de la longitud del cordón #13.

Tabla 5.17 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #13.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #13					
LONG. CORDÓN #13	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	20 - 25 mm	20.065	0.645	0.03	459, 720.92
Mejorado	20 - 25 mm	20.619	0.354	0.77	25, 681.98
Diferencia (%)	-	2.687%	-45.116%	96.104%	-

La figura 5.14 muestra la capacidad del proceso de la longitud del cordón #14, donde los datos se encuentran algo cargados al límite inferior (40 mm) de la especificación. El valor de Cpk de 1.40 cumple con el objetivo de ser mayor a 1.33 y sólo existe un total de 1.01 PPM.

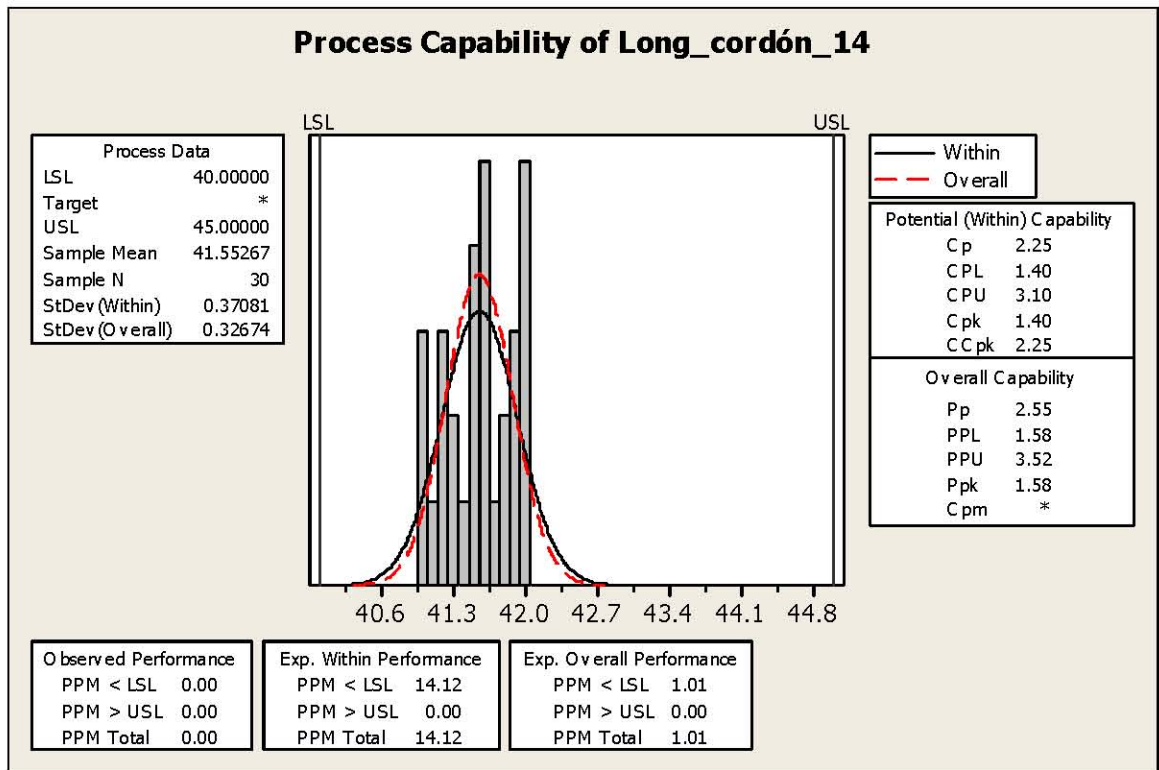


Figura 5.14 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 14 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.18 muestra una reducción en la variación del 75% después de aplicar la mejora y un incremento del 72% en el valor del Cpk del proceso.

Tabla 5.18 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #14.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #14					
LONG. CORDÓN #14	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	40 - 45 mm	42.866	1.332	0.39	122,700.00
Mejorado	40 - 45 mm	41.552	0.326	1.40	1.01
Diferencia (%)	-	-3.065%	-75.526%	72.143%	-

La capacidad del proceso para la longitud del cordón #15 se encuentra en la figura 5.15, donde los datos se encuentran centrados a la especificación de 40 a 45 mm y se tiene un total de PPM de tan sólo 0.23.

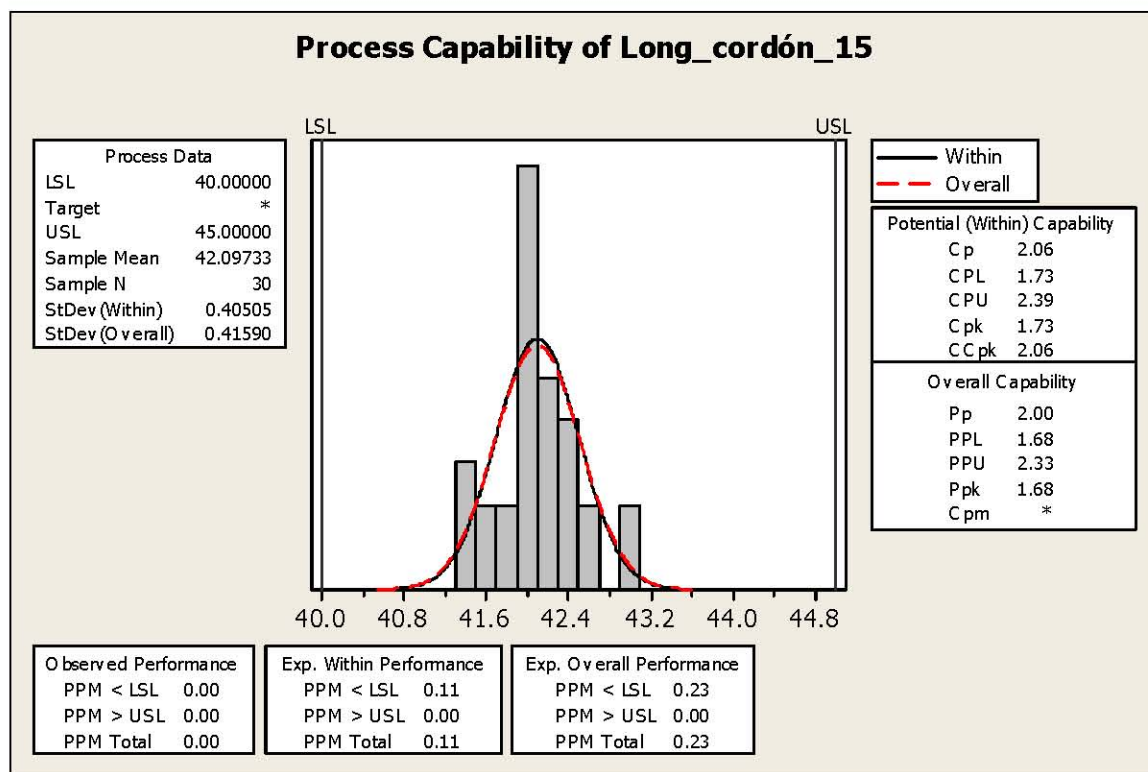


Figura 5.15 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 15 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.19 muestra la reducción en el total de PPM de 736, 833 a 0.23 y un incremento en el valor del Cpk de -0.20 a uno de 1.73. La mayor optimización está en la reducción de la variación del 71% respecto del valor original.

Tabla 5.19 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #15.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #15					
LONG. CORDÓN #15	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	40 - 45 mm	45.933	1.473	-0.20	736, 833.00
Mejorado	40 - 45 mm	42.097	0.415	1.73	0.23
Diferencia (%)	-	-8.351%	-71.826%	111.6%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #16 se encuentra expresada en la figura 5.16. Los datos están sesgados a la izquierda de la especificación de 55 a 60 mm y por tanto existe un total de 20, 425.54 PPM.

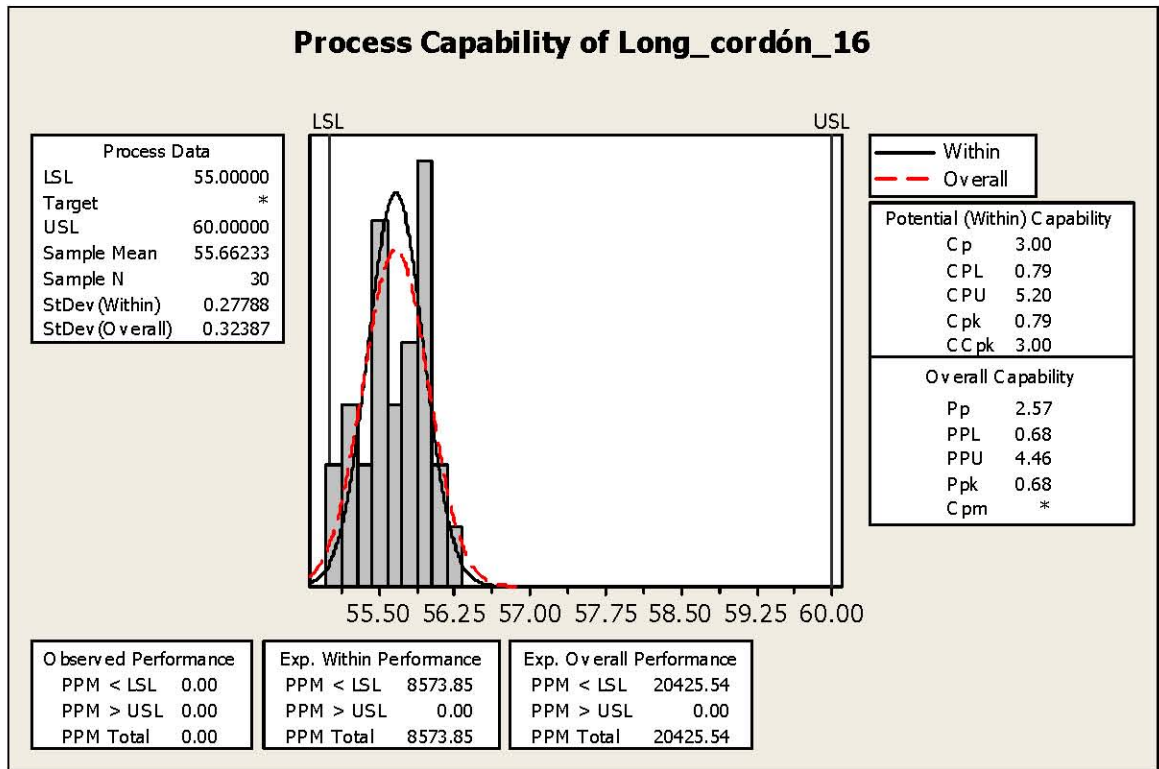


Figura 5.16 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 16 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.20 muestra el incremento en el Cpk de un valor negativo de -0.14 a uno positivo de 0.79, además se destaca la reducción de 777, 361 a 200, 425 PPM totales. En el caso de la media se presentó un incremento y en la variación una reducción.

Tabla 5.20 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #16.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #16					
LONG. CORDÓN #16	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	55 - 60 mm	53.724	1.473	-0.14	777, 361.00
Mejorado	55 - 60 mm	55.662	0.323	0.79	20, 425.54
Diferencia (%)	-	3.5%	-78.072%	117.7%	-

La figura 5.17 muestra la capacidad del proceso de la longitud del cordón #17, donde los datos se encuentran sesgados a la derecha de la especificación 10 a 15 mm. La variación es de 0.429 mm y hay un total de 8, 391 PPM.

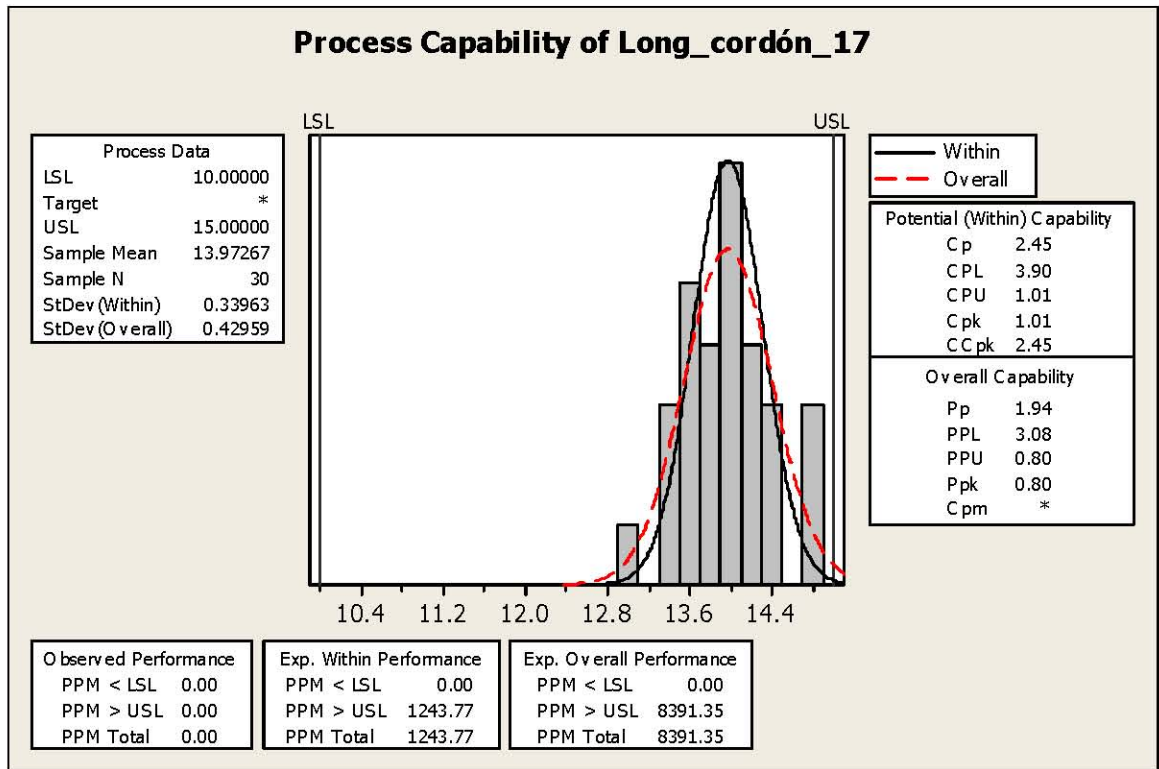


Figura 5.17 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 17 después de aplicar mejoras.

De acuerdo a la tabla 5.21 existe un incremento en la media después de aplicar las mejoras y se destaca el incremento en el Cpk de un valor de 0.59 a uno de 1.01. La variación se redujo un 35% respecto al valor original.

Tabla 5.21 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #17.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #17					
LONG. CORDÓN #17	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	10 - 15 mm	11.337	0.583	0.59	10, 963.22
Mejorado	10 - 15 mm	13.972	0.429	1.01	8, 391.35
Diferencia (%)	-	18.859%	-35.897%	41.584%	-

La figura 5.18 muestra la capacidad del proceso para la longitud del cordón #18, donde los datos están sesgados al límite inferior de 10 mm pero si se encuentran todos estos dentro de la especificación de 10 a 15 mm.

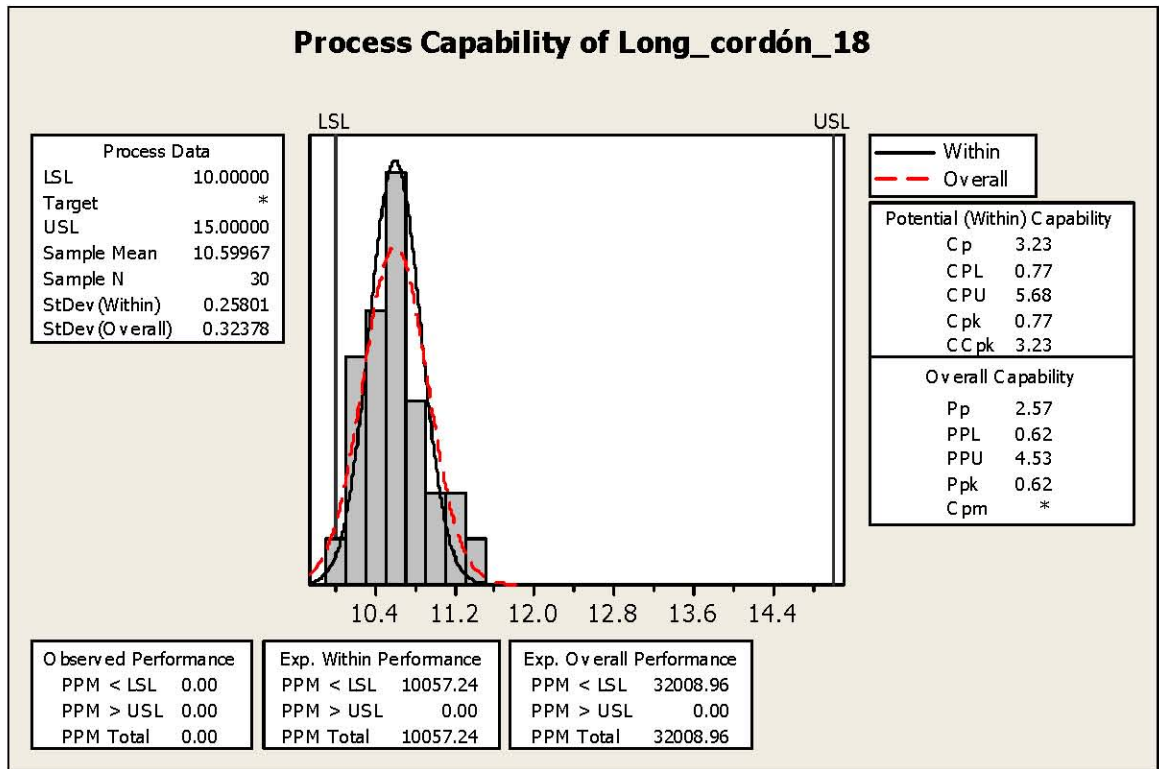


Figura 5.18 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 18 después de aplicar mejoras.

Según la tabla 5.22 existe una disminución en la media del 15% y un 85% en la variación. En cambio el Cpk muestra un incremento del 51% y el total de PPM cambió de 210, 796 a 32, 008, que refleja la optimización del proceso.

Tabla 5.22 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #18.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #18					
LONG. CORDÓN #18	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	10 - 15 mm	12.481	2.201	0.37	210, 796.00
Mejorado	10 - 15 mm	10.599	0.323	0.77	32, 008.96
Diferencia (%)	-	-15.079%	-85.325%	51.948%	-

La figura 5.19 muestra la capacidad del proceso para la longitud del cordón #19, donde los datos se encuentran algo cargados a la derecha de la especificación de 30 a 35 mm. El total de PPM es de 592.69 con un Cpk de 1.08 el cual aún no cumple con el objetivo de 1.33.

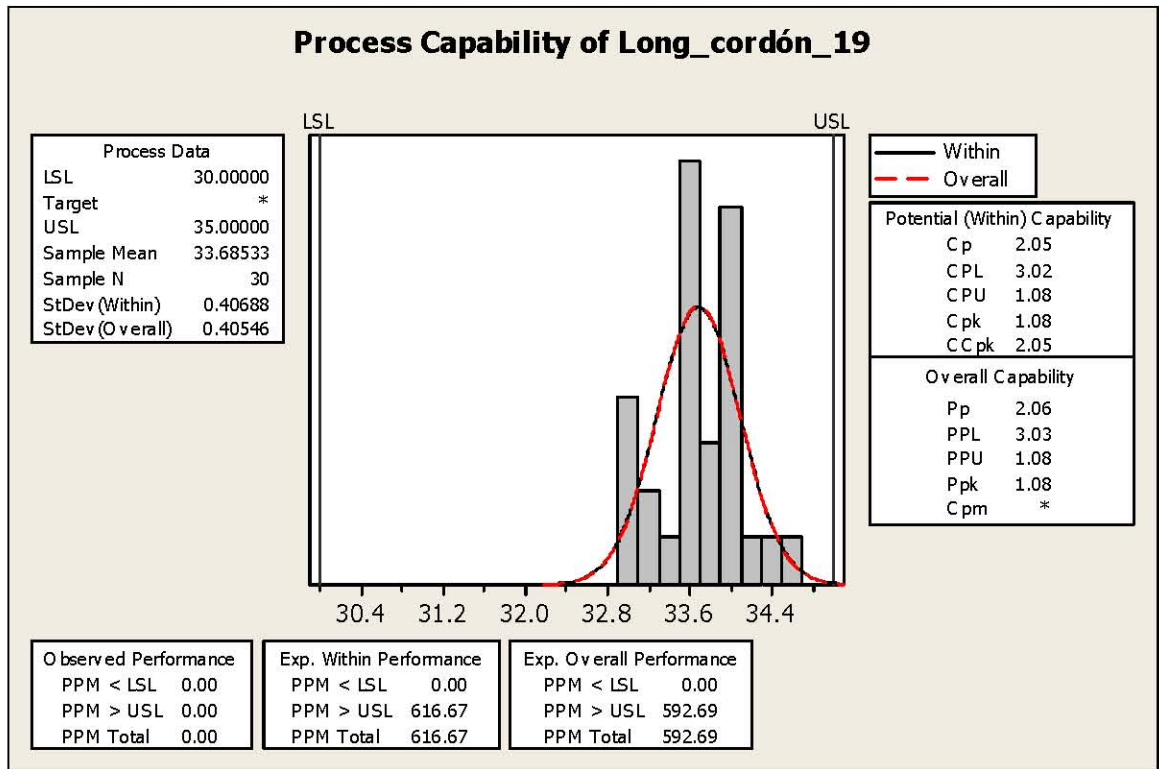


Figura 5.19 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 19 después de aplicar mejoras.

La optimización en el Cpk se refleja en la tabla 5.23, donde el valor cambió de -0.27 a 1.08 y se logró una disminución en la variación del 48% respecto al valor original registrado.

Tabla 5.23 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #19.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #19					
LONG. CORDÓN #19	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	30 - 35 mm	35.780	0.787	-0.27	839, 171.58
Mejorado	30 - 35 mm	33.685	0.405	1.08	592.69
Diferencia (%)	-	-5.855%	-48.539%	125.0%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #20 se encuentra expresada en la figura 5.20 y se observa como los datos están centrados en el rango de especificación de 30 a 35 mm. El valor de Cpk es alto superando registrando un valor de 2.64 y por tanto existe un total de PPM igual a 0.

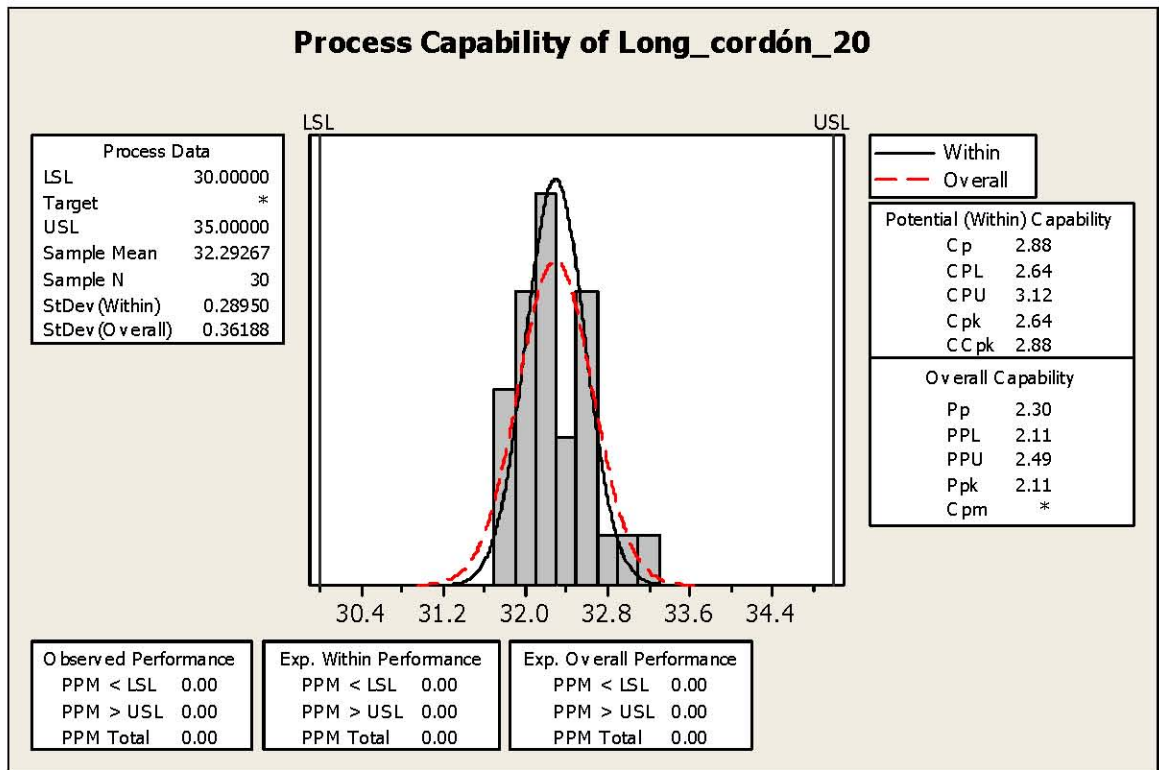


Figura 5.20 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 20 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.24 muestra las mejoras en la disminución de la media del 10% y también en el decremento de la variación (desviación estándar) del 82.75.

Tabla 5.24 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #20.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #20					
LONG. CORDÓN #20	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	30 - 35 mm	36.212	2.094	-0.30	737, 363.00
Mejorado	30 - 35 mm	32.292	0.361	2.64	0.00
Diferencia (%)	-	-10.825%	-82.760%	111.4%	-

La figura 5.21 muestra la capacidad del proceso de la longitud del cordón #21, donde los datos se encuentran sesgados al límite inferior de 15 mm. El valor del Cpk es de 0.97 y hay un total de 11, 389.42 PPM.

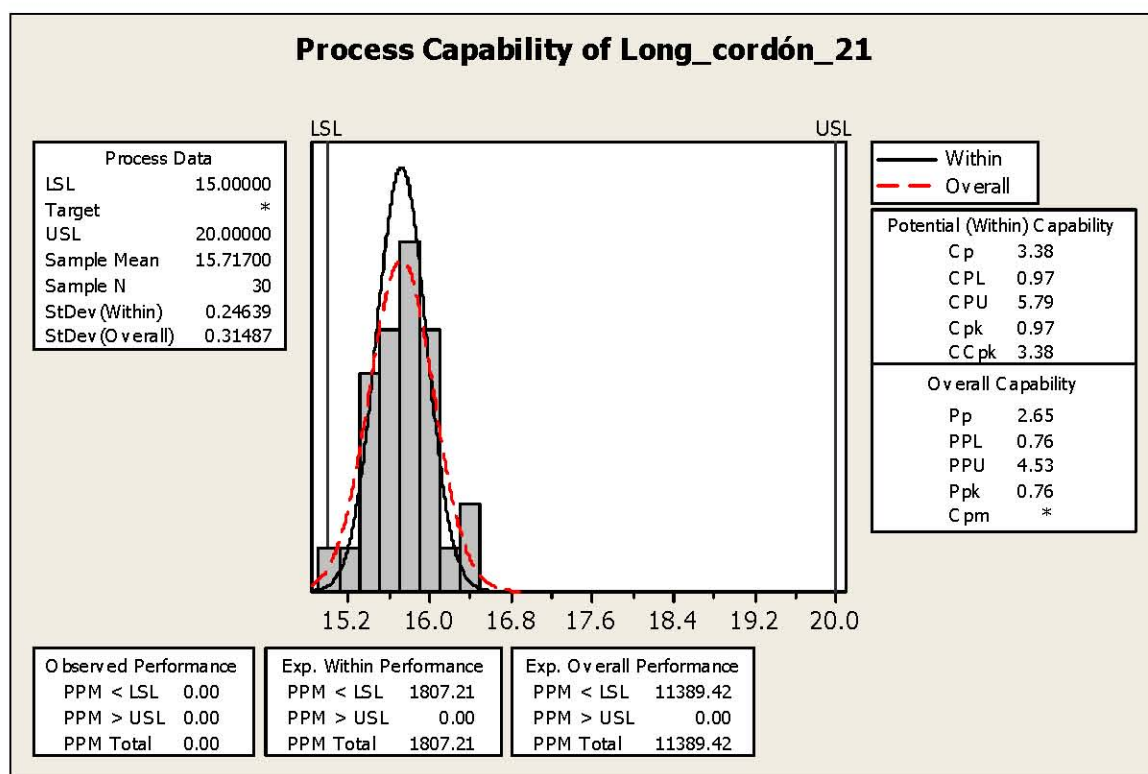


Figura 5.21 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 21 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.25 muestra la disminución en la media del 21% respecto de la original y un decremento del 77% en la variación del proceso. Se destaca el cambio en el valor del Cpk de -0.09 a 0.97.

Tabla 5.25 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #21.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #21					
LONG. CORDÓN #21	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	20.061	1.395	-0.09	579, 440.00
Mejorado	15 - 20 mm	15.717	0.314	0.97	11, 389.42
Diferencia (%)	-	-21.654%	-77.491%	109.3%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #22 se muestra en la figura 5.22, donde los datos se encuentran centrados aunque un poco cargados a la derecha de la especificación de 15 a 20 mm. El valor de Cpk es de 1.46, superior al deseado de 1.33 y el total de PPM existentes es de tan sólo 58.52.

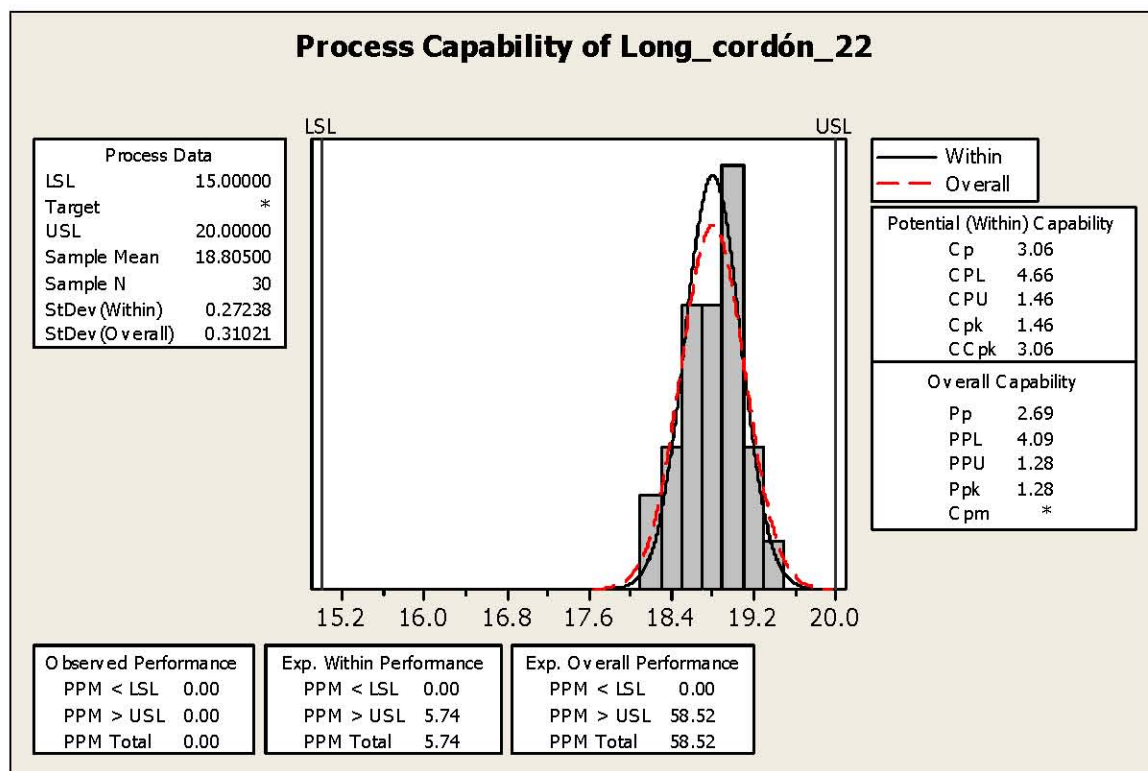


Figura 5.22 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 22 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.26 muestra un incremento del 96% en el valor del Cpk y un decremento del 67% en la variación del proceso.

Tabla 5.26 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #22.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #22					
LONG. CORDÓN #22	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	19.758	0.943	0.05	456, 868.00
Mejorado	15 - 20 mm	18.805	0.310	1.46	58.52
Diferencia (%)	-	-4.823%	-67.126%	96.575%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #23 se encuentra expresada en la figura 5.23, donde los datos se encuentran dentro de la especificación de 15 a 20 mm y el valor de Cpk es de 1.66.

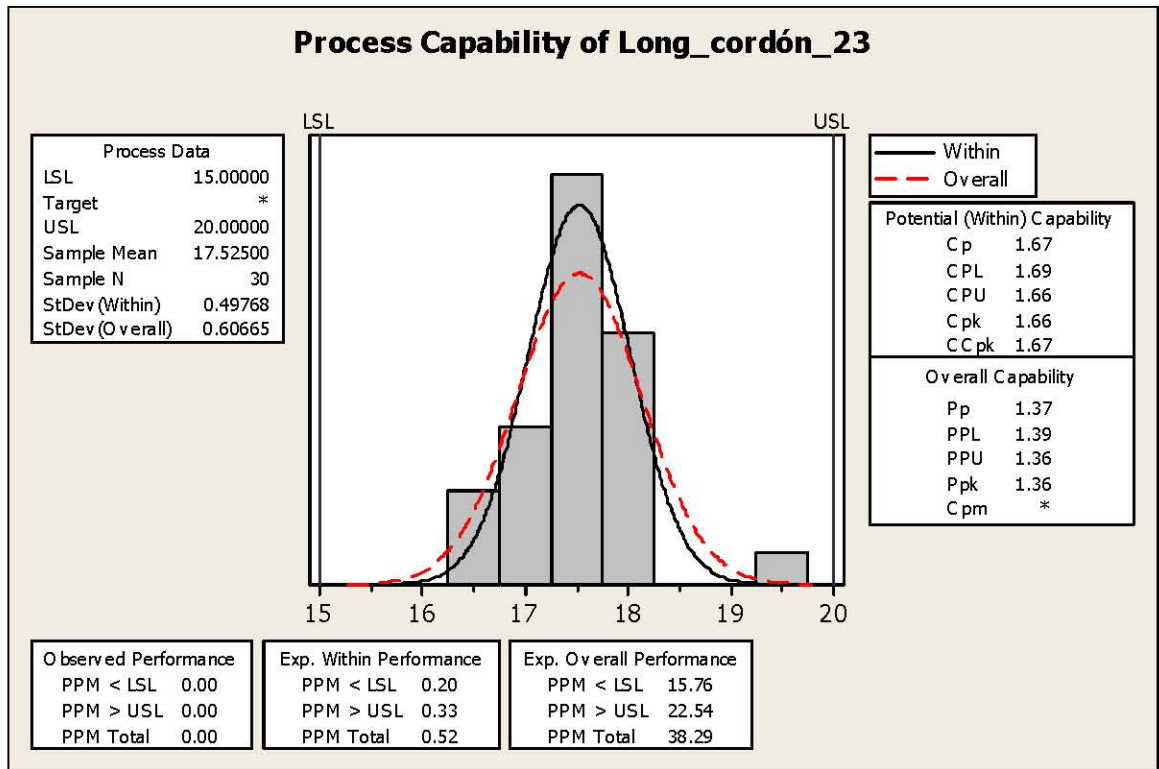


Figura 5.23 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 23 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.27 muestra un decremento en el total de PPM de 46, 012 a sólo 38.29 y verificando la optimización se muestra el incremento en el Cpk del 71% y la disminución en la variación del 42%.

Tabla 5.27 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #23.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #23					
LONG. CORDÓN #23	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	18.194	1.062	0.47	46, 012.08
Mejorado	15 - 20 mm	17.525	0.606	1.66	38.29
Diferencia (%)	-	-3.677%	-42.938%	71.687%	-

La figura 5.24 muestra la capacidad del proceso de la longitud del cordón #24, donde los datos están cargados al límite inferior (25 mm) de la especificación (25 a 30 mm). El Cpk es de 1.27 y hay un total de 234.05 PPM.

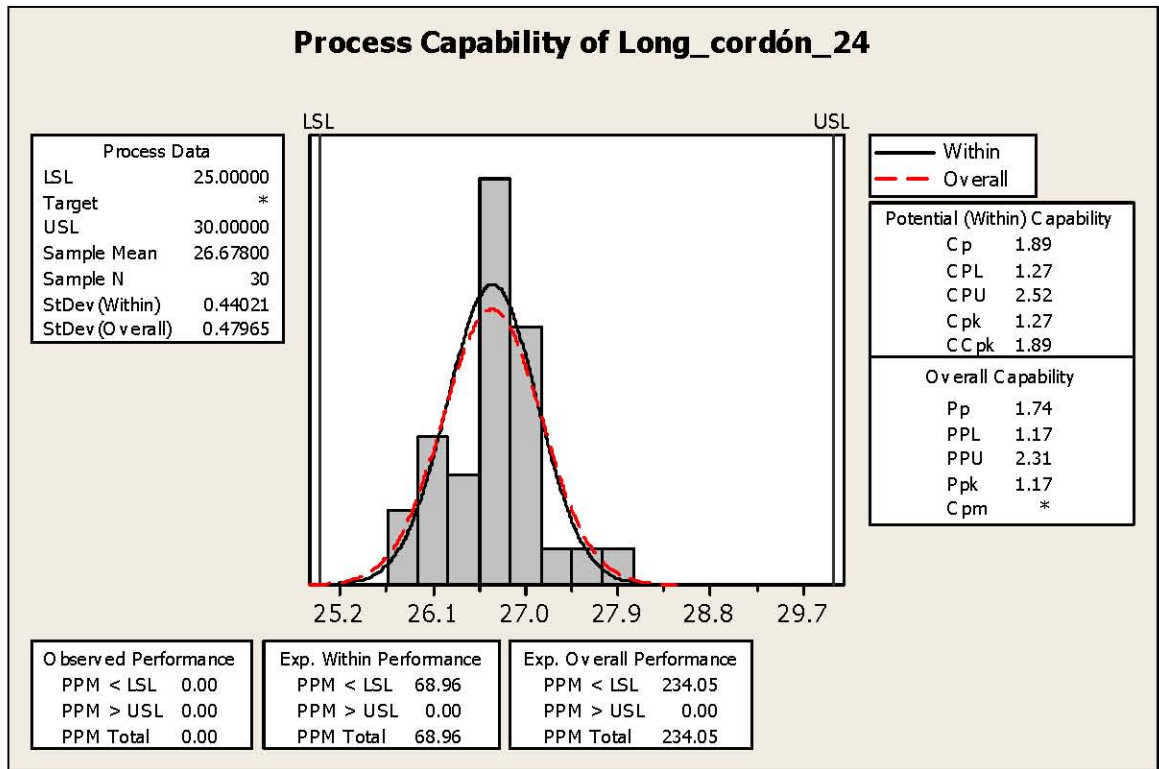


Figura 5.24 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 24 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.28 muestra la mejora en el Cpk del 53% y la reducción en la variación del 51% y el cambio en el total de PPM de 11, 514.25 a 234.05.

Tabla 5.28 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #24.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #24					
LONG. CORDÓN #24	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	25 - 30 mm	27.407	0.985	0.59	11514.25
Mejorado	25 - 30 mm	26.678	0.479	1.27	234.05
Diferencia (%)	-	-2.660%	-51.371%	53.543%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #25 se encuentra expresada en la figura 5.25 donde los datos se encuentran dentro de la especificación de 15 a 20 mm. Para este cordón el Cpk tiene un valor de 1.32 y el total de PPM es de 231.99

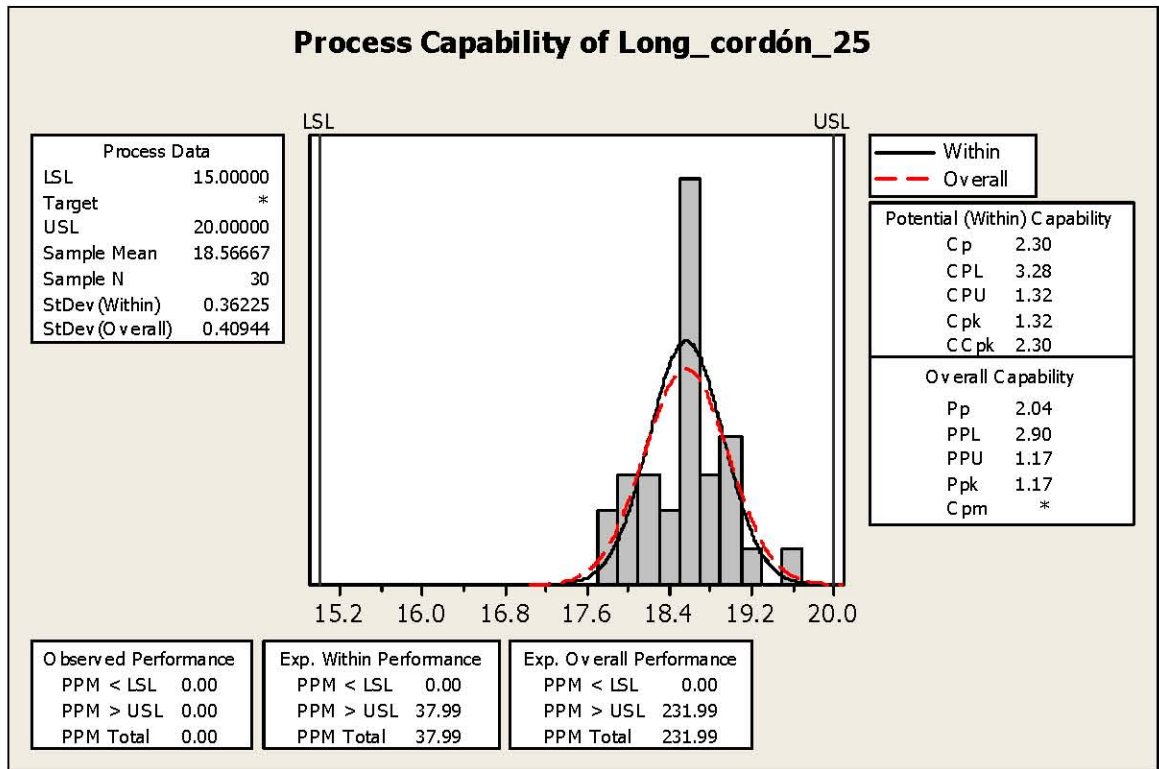


Figura 5.25 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 25 después de aplicar mejoras.

En el caso de la media y la desviación estándar se presenta un decremento del 7 y del 71% respectivamente como se muestra en la tabla 5.29. El Cpk cambió de un valor negativo de -0.09 a uno positivo de 1.32.

Tabla 5.29 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #25.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #25					
LONG. CORDÓN #25	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	20.046	1.422	-0.09	579, 289.00
Mejorado	15 - 20 mm	18.566	0.409	1.32	231.99
Diferencia (%)	-	-7.383%	-71.207%	106.8%	-

La figura 5.26 muestra la capacidad del proceso de la longitud del cordón #26 donde los datos se encuentran dentro de especificación (15 a 20 mm). El valor de Cpk es de 1.40 y el total de PPM es de 9589.09 con una variación de 0.80 mm.

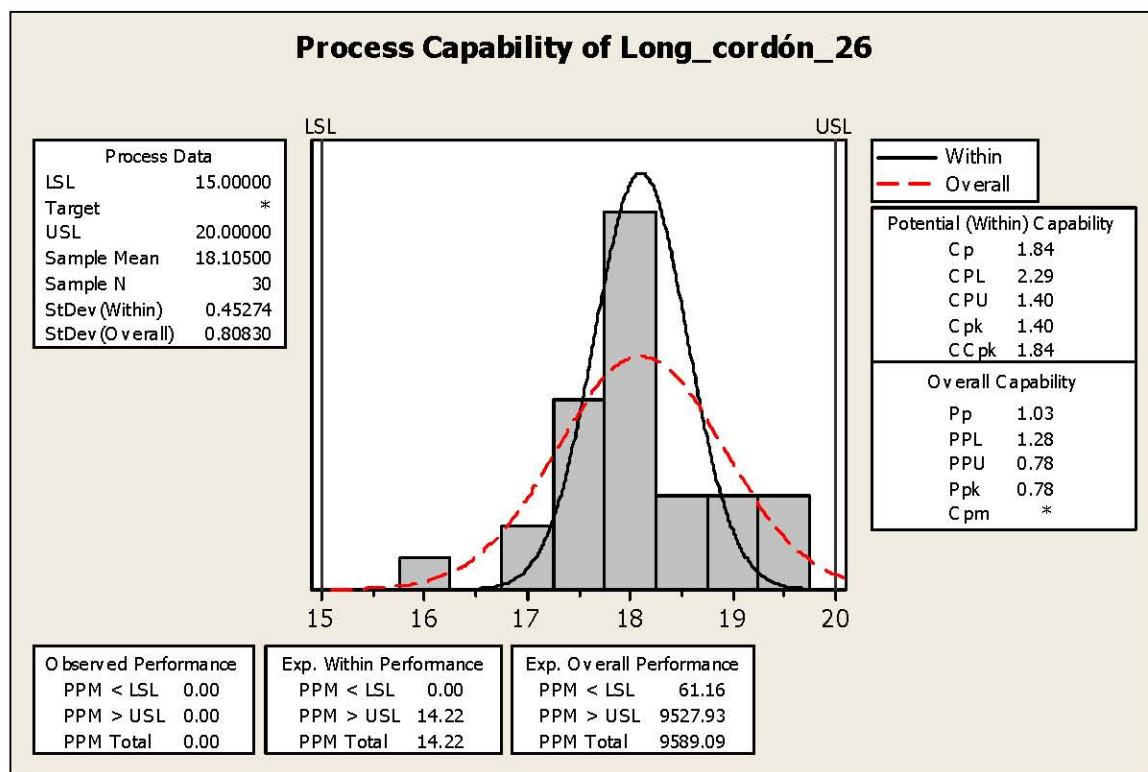


Figura 5.26 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 26 después de aplicar mejoras.

De acuerdo a la tabla 5.30 el Cpk se incremento un 81% y la variación (desviación estándar) se redujo un 54% respecto de la original.

Tabla 5.30 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #26.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #26					
LONG. CORDÓN #26	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	18.857	1.767	0.26	301, 555.00
Mejorado	15 - 20 mm	18.105	0.808	1.40	9, 589.09
Diferencia (%)	-	-3.988%	-54.273%	81.429%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #27 se encuentra expresada en la figura 5.27, donde los datos se encuentran centrados a la especificación de 20 a 25 mm. El valor de Cpk es satisfactorio con un valor de 2.34 y un total de PPM de 0.03.

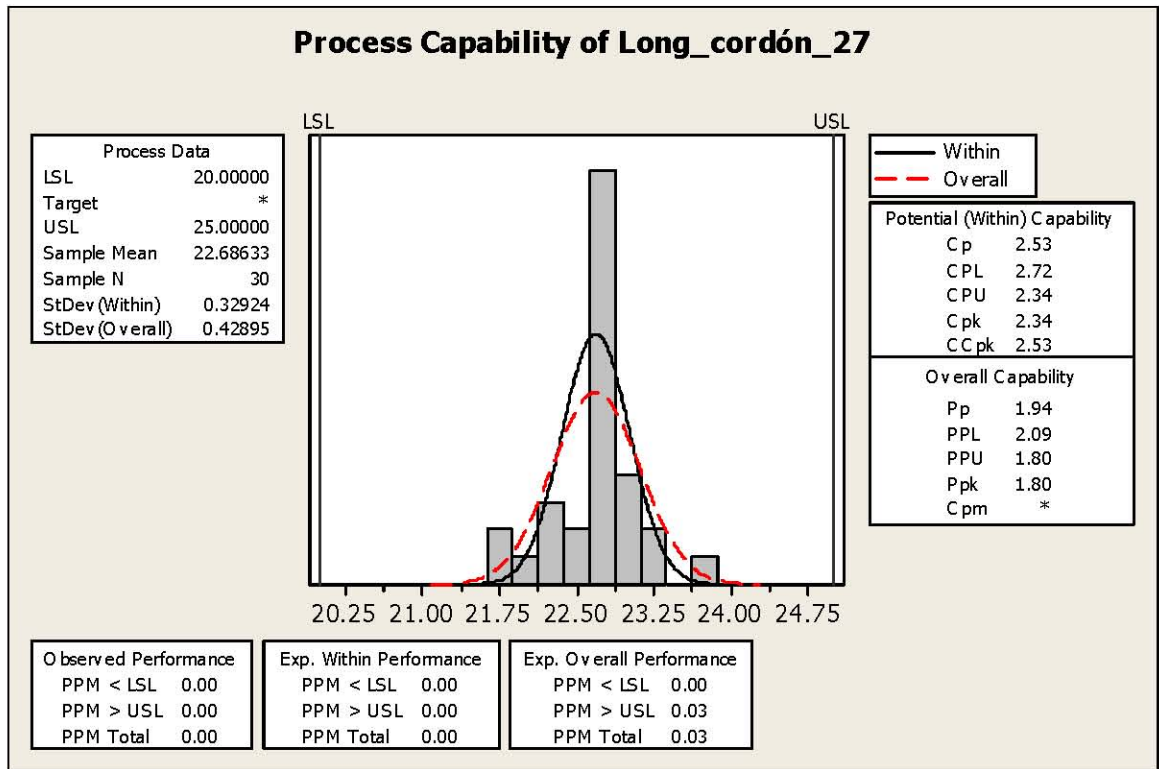


Figura 5.27 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 27 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.31 muestra como la variación se redujo un 72% después de aplicar las mejoras y el valor de Cpk cambió de un valor negativo de -0.12 a uno positivo de 2.34. Se destaca la mejora en el total de PPM de 607, 632.04 a tan sólo 0.03.

Tabla 5.31 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #27.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #27					
LONG. CORDÓN #27	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	20 - 25 mm	19.574	1.563	-0.12	607, 632.04
Mejorado	20 - 25 mm	22.686	0.428	2.34	0.03
Diferencia (%)	-	13.7%	-72.617%	105.1%	-

La figura 5.28 muestra la capacidad del proceso de la longitud del cordón #28, donde los datos se encuentran dentro de especificación (15 a 20 mm). El Cpk es satisfactorio con un valor de 1.34 aunque la variación es de 0.82 mm y hay un total de 17, 277.60 PPM.

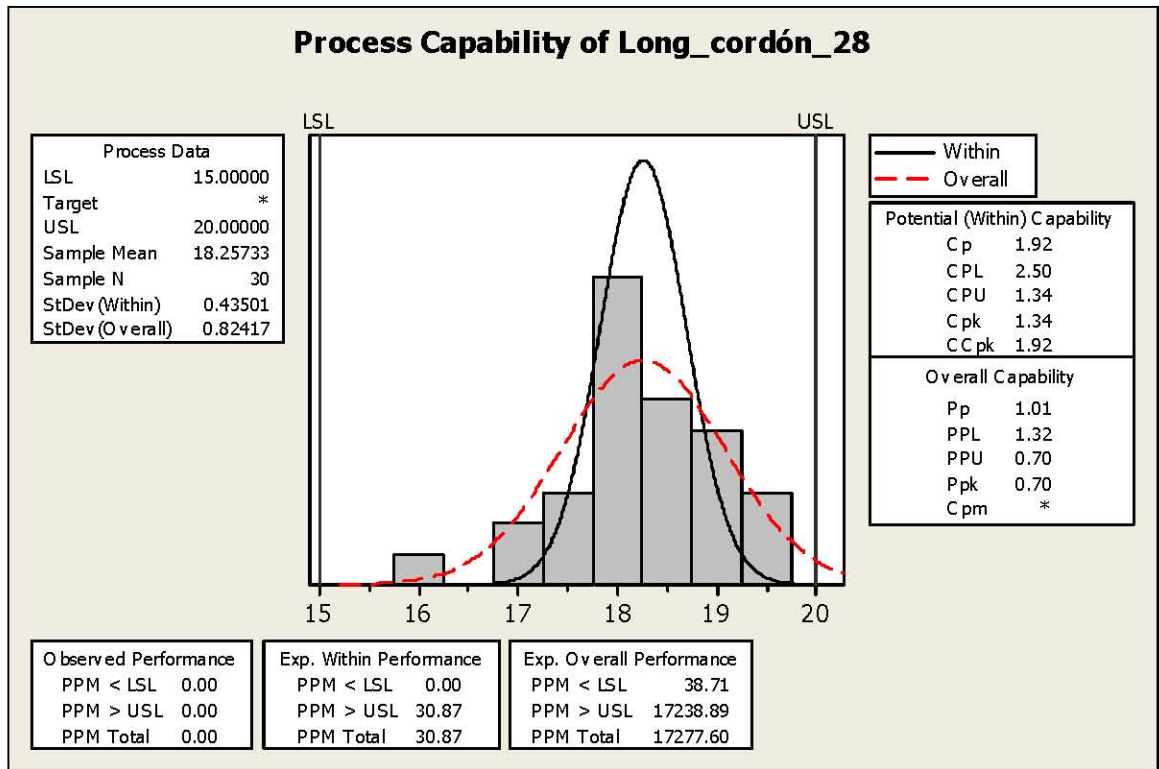


Figura 5.28 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 28 después de aplicar mejoras.

Respecto a los valores originales la desviación estándar y la media se redujeron un 97 y 0.5% respectivamente. Se destaca el cambio en el Cpk de un valor de 0.37 a uno de 1.34 como se muestra en la tabla 5.32.

Tabla 5.32 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #28.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #28					
LONG. CORDÓN #28	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	18.351	1.630	0.37	249, 124.00
Mejorado	15 - 20 mm	18.257	0.824	1.34	17, 277.60
Diferencia (%)	-	-0.515%	-97.816%	72.388%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #29 se encuentra expresada en la figura 5.29, donde todos los datos se encuentran dentro de especificación (15 a 20 mm) sin embargo estos están sesgados al límite superior (20 mm). El Cpk tiene un valor de 0.91 y el total de PPM es de 48, 755.

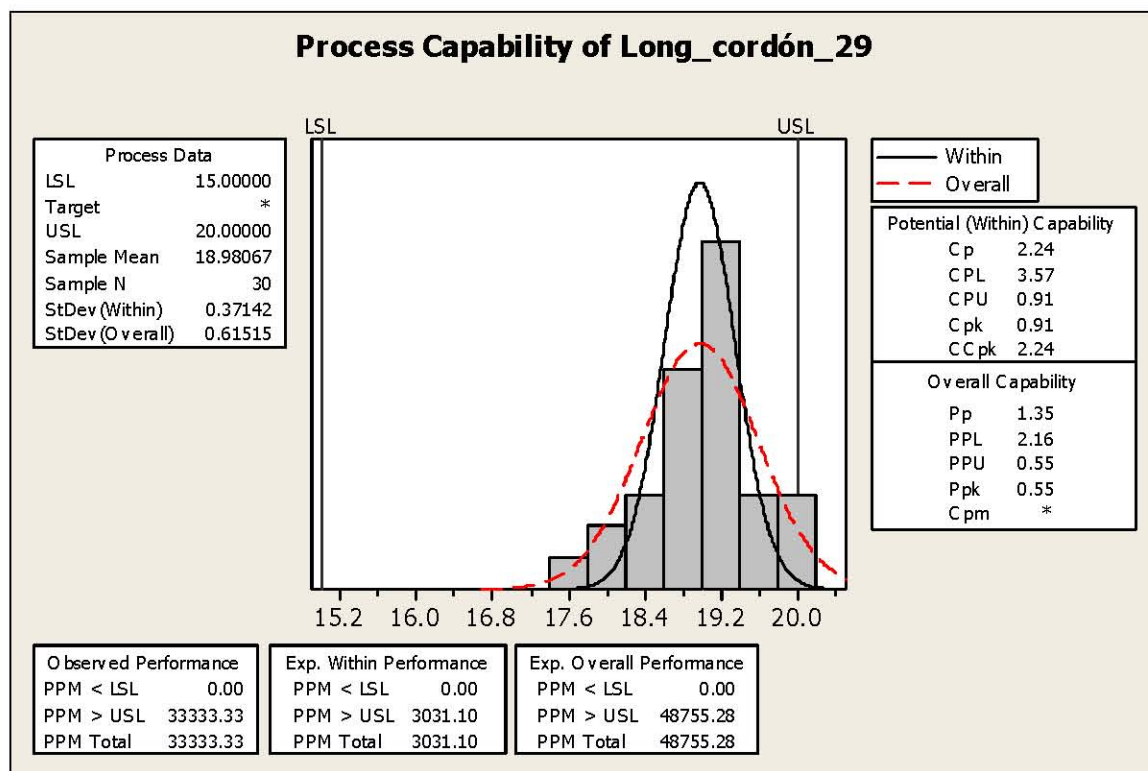


Figura 5.29 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 29 después de aplicar mejoras.

De acuerdo a la tabla 5.33 la media y la desviación estándar tuvieron un decremento del 11 y del 77% respectivamente en base a los valores originales.

Tabla 5.33 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #29.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #29					
LONG. CORDÓN #29	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	21.460	2.708	-0.17	713, 696.97
Mejorado	15 - 20 mm	18.980	0.615	0.91	48, 755.28
Diferencia (%)	-	-11.556%	-77.290%	118.7%	-

La figura 5.30 muestra la capacidad del proceso para la longitud del cordón #30, donde los datos están sesgados al límite superior (25 mm) de la especificación. El Cpk tiene un valor de 0.68 y la desviación estándar es de 0.77 mm con un total de PPM de 41, 178.

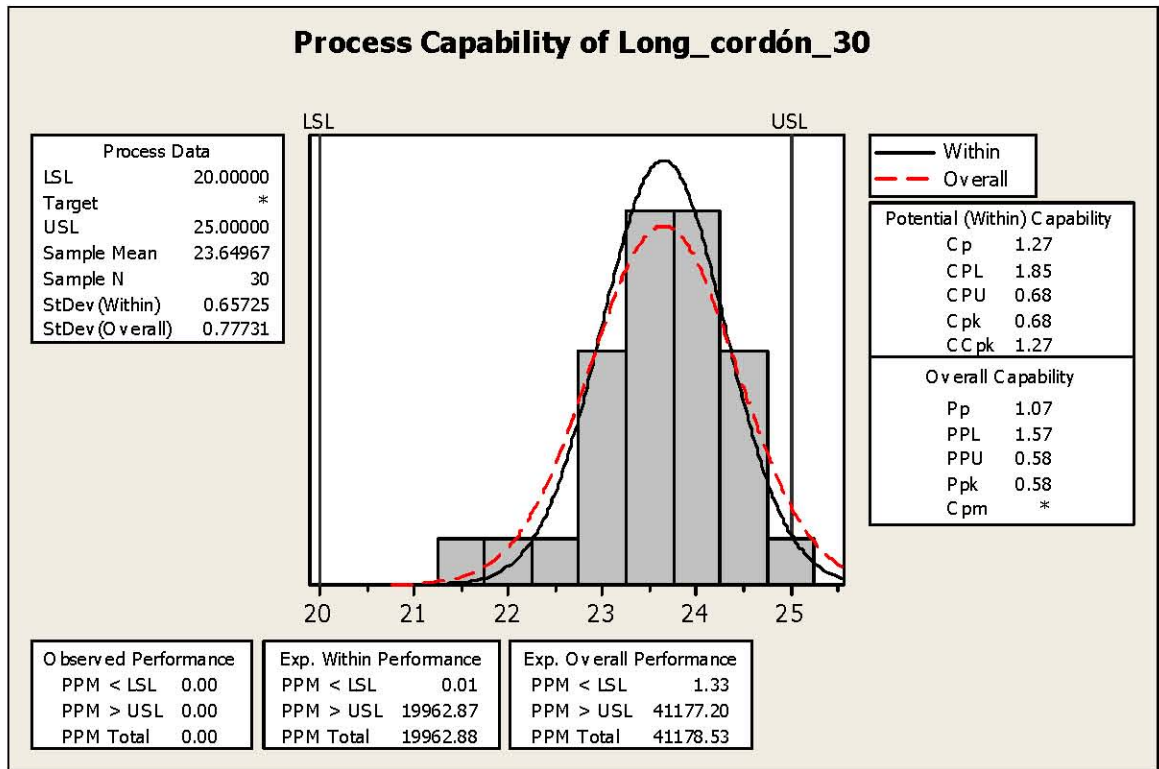


Figura 5.30 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 30 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.34 muestra el decremento del 50% en la variación y el cambio en el total de PPM de 545, 802 a 41, 178.53. Aunque se registró mejoras en la longitud de este cordón aún el valor de Cpk (0.68) es inferior a 1.33.

Tabla 5.34 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #30.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #30					
LONG. CORDÓN #30	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	20 - 25 mm	19.615	1.560	-0.03	545, 802.00
Mejorado	20 - 25 mm	23.649	0.777	0.68	41, 178.53
Diferencia (%)	-	17.1%	-50.192%	104.4%	-

La capacidad del proceso de la longitud del cordón #31 expresada en la figura 5.31, muestra que los datos se encuentran prácticamente centrados en el rango de especificación de 15 a 20 mm. El total de PPM es de 3.40 y el valor de Cpk asciende a un valor de 1.78, superior al mínimo deseado (1.33).

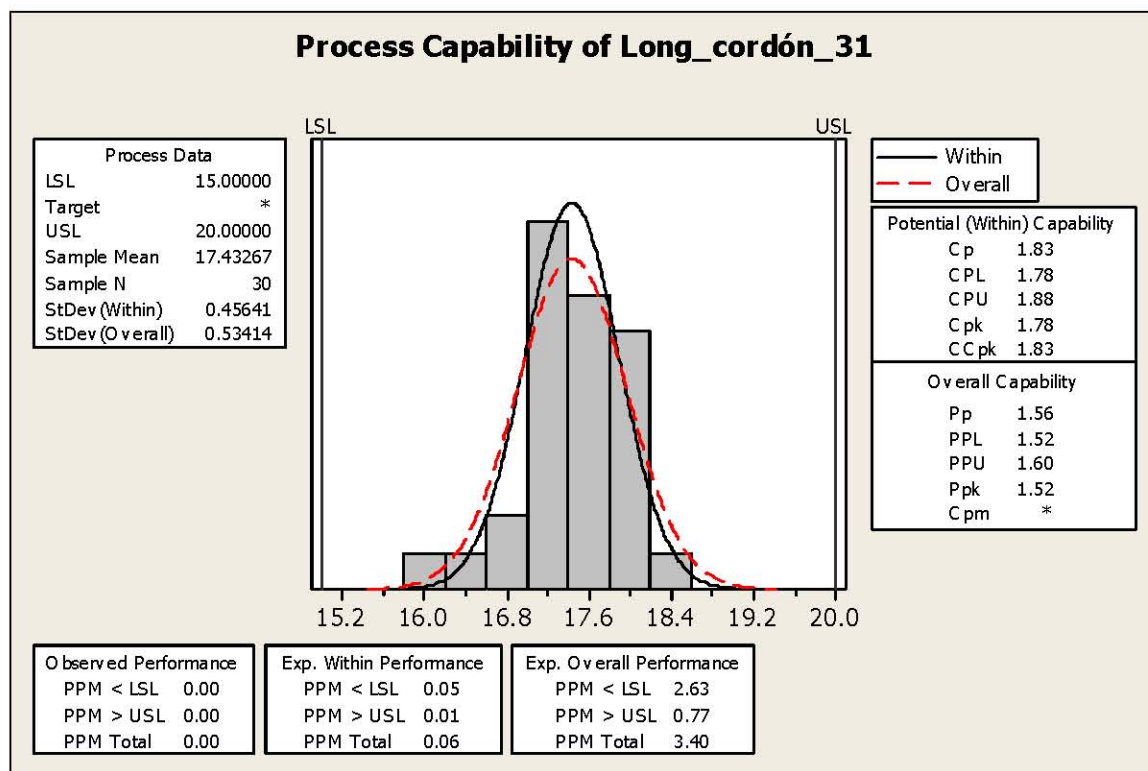


Figura 5.31 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 31 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.35 muestra un cambio drástico en el total de PPM de 129, 512 a tan sólo 3.40 y un decremento en la variación del 65% respecto al valor original.

Tabla 5.35 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #31.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #31					
LONG. CORDÓN #31	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	15 - 20 mm	18.104	1.532	0.52	129, 512.65
Mejorado	15 - 20 mm	17.432	0.534	1.78	3.40
Diferencia (%)	-	-3.712%	-65.144%	70.787%	-

La capacidad del proceso para la longitud del cordón #32 se encuentra expresada en la figura 5.32, donde los datos están cargados a la izquierda del rango especificado (20 a 25 mm). El valor de Cpk es de 1.18 y la desviación estándar es de 0.56 mm. En el caso del total de PPM la cifra asciende a 3, 290.

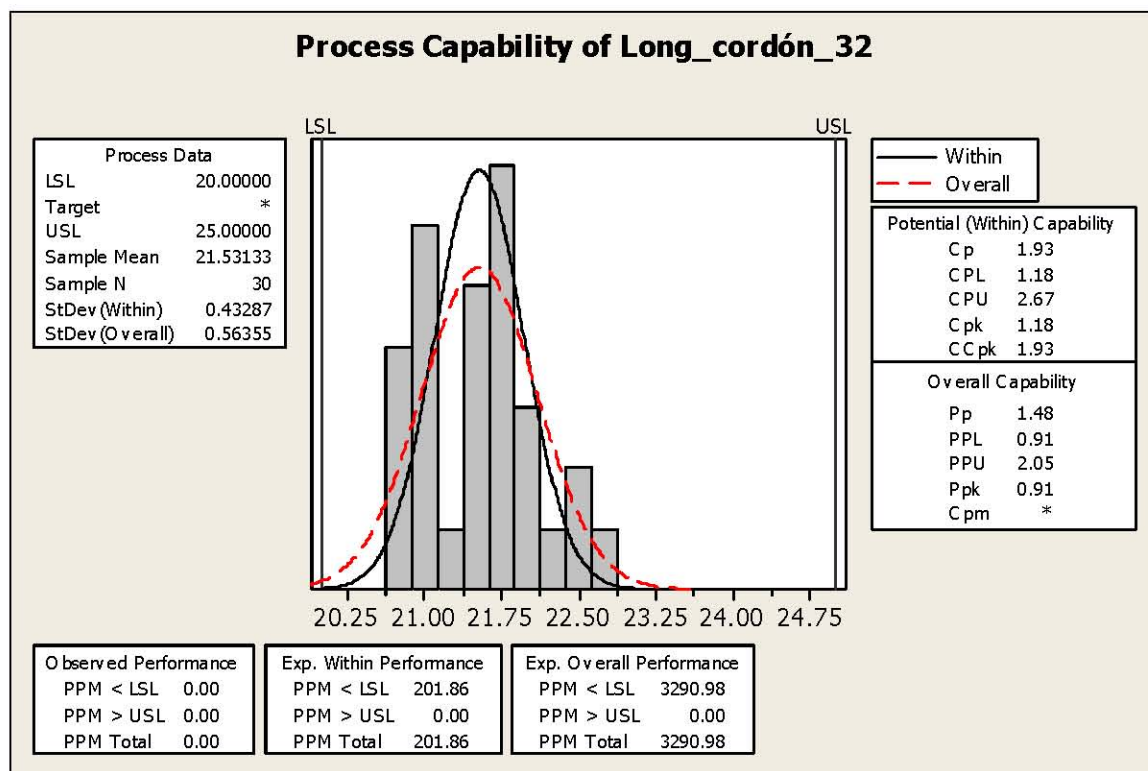


Figura 5.32 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 32 después de aplicar mejoras.

Se destaca el incremento del 55% en el valor del Cpk y la reducción del 43% en la variación según se muestra en la tabla 5.36.

Tabla 5.36 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #32.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #32					
LONG. CORDÓN #32	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	20 - 25 mm	22.000	0.991	0.53	23, 024.84
Mejorado	20 - 25 mm	21.531	0.563	1.18	3, 290.98
Diferencia (%)	-	-2.132%	-43.189%	55.085%	-

La figura 5.33 muestra la capacidad del proceso de la longitud del cordón #33 donde los datos se encuentran centrados a la especificación de 30 a 35 mm y existe una variación (desviación estándar) de 0.54 mm. El valor de Cpk es de 1.24 y el total de PPM asciende a sólo 5.13.

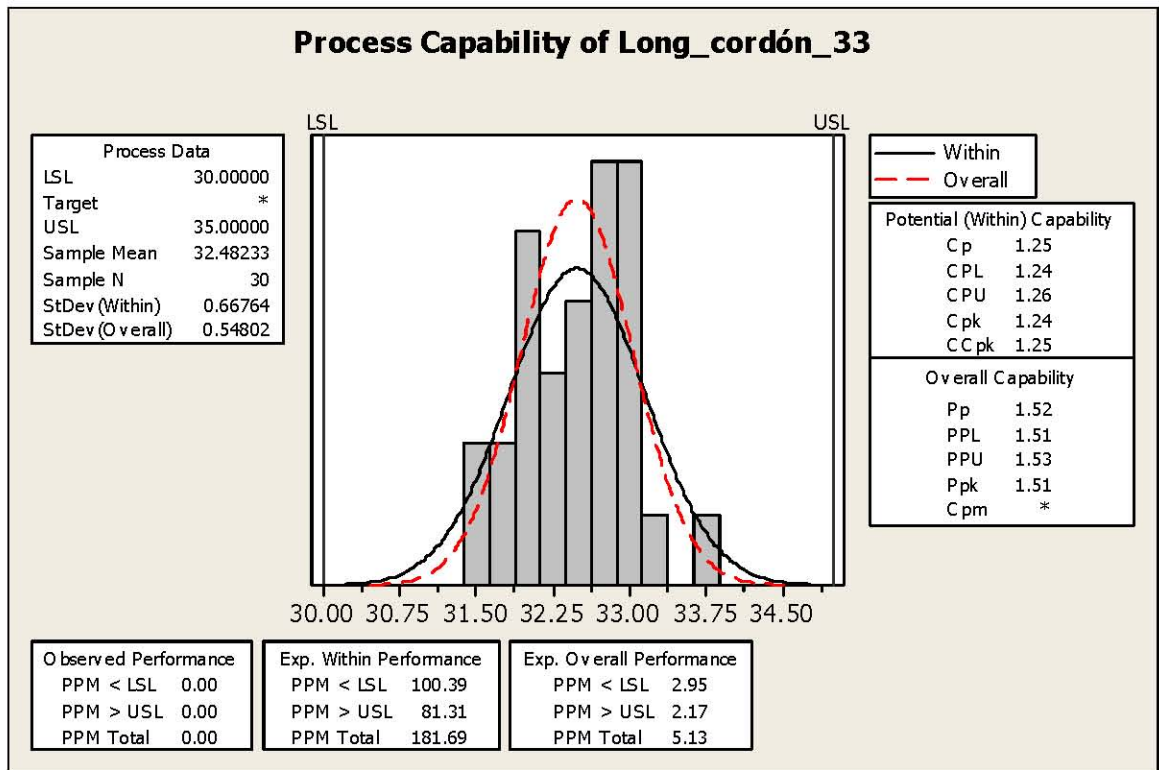


Figura 5.33 Gráfica de la capacidad del proceso para la longitud del cordón 33 después de aplicar mejoras.

La tabla 5.37 muestra el decremento del 43% en la variación del proceso y el cambio drástico de 906, 597 a 5.13 en el total de PPM.

Tabla 5.37 Cambios porcentuales en los indicadores de la longitud del cordón #33.

COMPARACIÓN PORCENTUAL EN LOS INDICADORES DE LA LONG. DEL CORDÓN #33					
LONG. CORDÓN #33	INDICADORES				
	Especificación	Media (mm)	Desv. Estándar (mm)	CpK	Total PPM
Original	30 - 35 mm	28.718	0.971	-0.52	906, 597.92
Mejorado	30 - 35 mm	32.482	0.548	1.24	5.13
Diferencia (%)	-	11.6%	-43.563%	141.9%	-

Una vez obtenidas las capacidades de proceso para cada uno de los cordones y comparar los indicadores originales con los mejorados, se observa como prácticamente hubo mejoras en todas las longitudes de los cordones. Es claro que algunos cordones aún no cumplen con el objetivo de un valor de Cpk superior a 1.33; sin embargo, dadas las limitaciones en el presupuesto de las pruebas realizadas, se destaca lo satisfactorio de los resultados.

Cabe señalar que los valores propuestos para la velocidad de la alimentación de hilo, el voltaje y la velocidad de aplicación de soldadura dieron resultados positivos en la longitud de los cordones y se obtienen los resultados en la penetración en la lámina, para terminar de verificar la mejora.

5.2 Verificación en la penetración de la lámina

De acuerdo al capítulo 4 de esta tesis, es necesario comprobar que al aplicar los cordones de soldadura al sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6 existió una penetración mayor a 0.2 mm en la lámina de la pieza. Los resultados se obtienen por pruebas destructivas de laboratorio descritas en el capítulo 4 y para verificar la optimización se consulta la tabla 5.38 para verificar si cumple con la penetración > 0.2 mm.

De acuerdo con la tabla 5.38 se comprueba que todos los cordones cumplen con la penetración deseada y hay algunos donde la penetración es mucho mayor a lo deseado, pero de acuerdo al departamento de calidad de SIU, es mejor para la empresa tener un valor tan sobrado en la penetración ya que se trata de cordones de seguridad que en case de fallar sería mayor el costo por la falta de garantía en el producto.

Se destaca que esta prueba en la penetración de la lámina corresponde a una pieza escogida aleatoriamente de las 30 piezas producidas para verificar la mejora. No se presenta los resultados de las 30 piezas respecto a la penetración por el costo y el tiempo necesario que

conlleva realizar las pruebas. La aceptación en el cambio de los parámetros (voltaje, velocidad de aplicación de soldadura y velocidad de alimentación de hilo) depende de los resultados en la penetración de la lámina, por lo que la aplicación en la empresa no se dará en tiempo inmediato, sino que conlleva analizar la penetración de las 29 piezas restantes, para la obtención total de los resultados.

Tabla 5.38 Penetración en la lámina de la pieza verificando la propuesta de mejora.

Penetración en la lámina de acuerdo al número de cordón	
No. De cordón	Penetración en la lámina (mm)
1	0.660
2	0.357
3	1.200
4	0.785
5	0.642
6	0.500
7	0.785
8	0.789
9	0.567
10	0.767
11	0.875
12	0.500
13	0.303
14	0.670
15	1.750
16	0.675
17	1.928
18	0.750
19	0.464
20	1.500
21	0.482
22	0.821
23	0.678
24	0.745
25	0.346
26	0.435
27	0.289
28	1.100
29	0.967
30	0.308
31	0.489
32	0.523
33	0.473

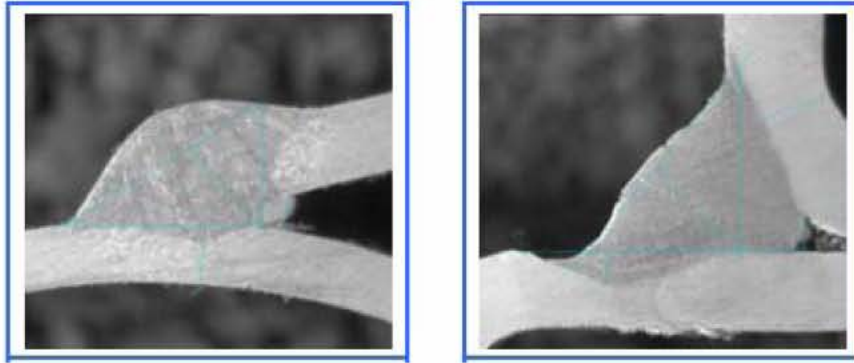


Figura 5.34 Ejemplo de penetración en la lámina de la pieza antes de aplicar mejoras en dos de los 33 cordones aplicados al sub-ensamble inferior.

La figura 4.34 muestra la penetración en la lámina para dos de los 33 cordones aplicados al sub-ensamble inferior antes de aplicar cambios a los parámetros de soldadura (voltaje, velocidad de alimentación de hilo y velocidad de aplicación de soldadura). La figura 4.35 muestra la penetración en la lámina de los dos cordones mostrados en la figura 4.34, solo que en la figura 4.35 se muestran después de cambiar los parámetros de soldadura. Como se logra observar en la figura 4.35 los dos cordones muestran evidencia de la penetración de la soldadura en la lámina y esto puede corroborarse con la figura 4.34 donde al comparar se logra apreciar la similitud en la penetración de la lámina de la pieza y así se verifica la mejora.

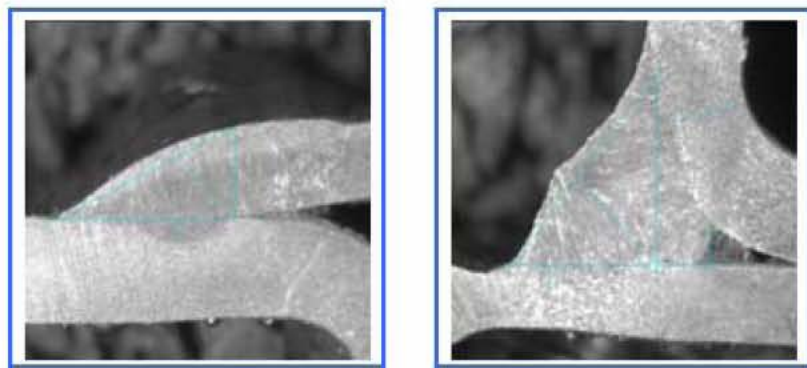


Figura 5.35 Ejemplo de penetración en la lámina de la pieza después de aplicar mejoras en dos de los 33 cordones aplicados al sub-ensamble inferior.

5.3 Verificación en la optimización de los recursos de soldadura.

Es necesario verificar los cambios obtenidos en el peso de los cordones para cuantificar la optimización obtenida al momento de aplicar mejoras.

Tabla 5.39 Lecturas realizadas al peso de las piezas (30) sin y con soldadura, para conocer el peso de cordones de soldadura (33) para verificar mejoras.

Δ DE PESO DE LAS PIEZAS ANTES Y DESPUÉS DE SER SOLDADAS.			
No. De pieza	Peso del sub-ensamble SIN soldadura (kg)	Peso del sub-ensamble CON soldadura (kg)	Peso cordones (N)
Pieza_1	25.849	26.281	0.402
Pieza_2	25.859	26.242	0.343
Pieza_3	25.859	26.281	0.383
Pieza_4	25.859	26.134	0.255
Pieza_5	25.849	26.193	0.343
Pieza_6	25.849	26.222	0.373
Pieza_7	25.928	26.203	0.275
Pieza_8	25.879	26.222	0.343
Pieza_9	25.849	26.183	0.334
Pieza_10	25.898	26.242	0.343
Pieza_11	25.849	26.252	0.402
Pieza_12	25.879	26.173	0.294
Pieza_13	25.889	26.222	0.334
Pieza_14	25.898	26.183	0.284
Pieza_15	25.849	26.163	0.314
Pieza_16	25.879	26.389	0.510
Pieza_17	25.874	26.203	0.329
Pieza_18	25.885	26.216	0.330
Pieza_19	25.885	26.225	0.340
Pieza_20	25.876	26.222	0.347
Pieza_21	25.928	26.216	0.288
Pieza_22	25.898	26.301	0.402
Pieza_23	25.908	26.320	0.412
Pieza_24	25.859	26.193	0.334
Pieza_25	25.859	26.212	0.353
Pieza_26	25.908	26.291	0.383
Pieza_27	25.879	26.271	0.392
Pieza_28	25.898	26.252	0.353
Pieza_29	25.898	26.261	0.363
Pieza_30	25.879	26.271	0.392

Como se muestra en la tabla 5.39 se cuantificó el peso de los cordones después de ser soldadas las piezas, ya con las mejoras propuestas y de acuerdo a los datos obtenidos se saca la gráfica de la figura 5.36.

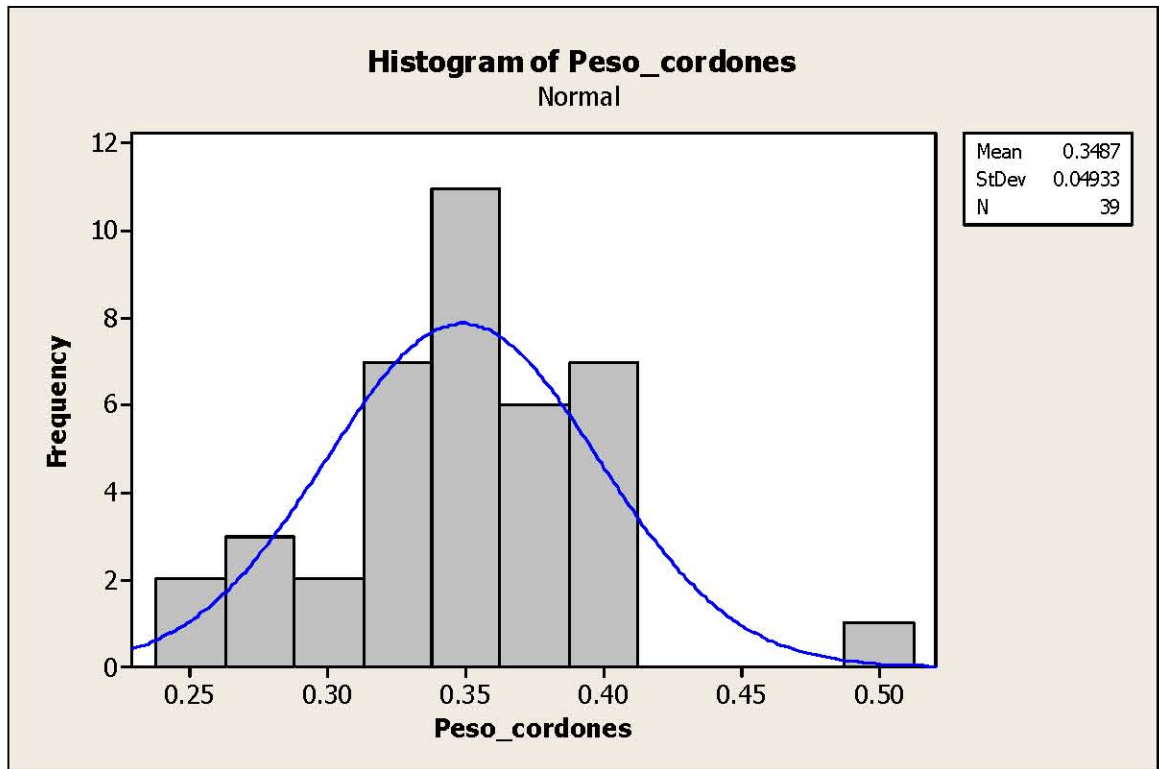


Figura 5.36.- Histograma del peso de los cordones de soldadura (N) después de aplicar mejoras al proceso.

De acuerdo a la gráfica de la figura 5.36 se obtuvo una mejora del 27% respecto a la media del peso de los cordones originales (0.486 N) mostrada en la figura 3.88.

Al igual que en el peso de los cordones, se realizó una recolección de datos para el nuevo tiempo ciclo de cada una de las 30 piezas y sólo se obtiene un histograma de los datos y no la capacidad del proceso, debido a que el rango de 150 a 156 segundos original queda obsoleto, debido a que la media del nuevo tiempo ciclo se encuentra 8 segundos debajo del límite inferior anterior. La tabla 5.40 muestra los datos para el nuevo tiempo ciclo de subensamble inferior del asiento trasero del SU-V6 después de aplicar mejoras al proceso.

Tabla 5.40 Lecturas realizadas al tiempo ciclo del proceso después de aplicar mejoras.

Tiempo ciclo del proceso (segundos)			
No. De pieza	Tiempo ciclo	No. De pieza	Tiempo ciclo
Pieza_1	143.50	Pieza_16	141.81
Pieza_2	142.66	Pieza_17	142.01
Pieza_3	141.99	Pieza_18	141.24
Pieza_4	142.33	Pieza_19	142.50
Pieza_5	143.88	Pieza_20	141.06
Pieza_6	143.70	Pieza_21	141.24
Pieza_7	142.78	Pieza_22	140.78
Pieza_8	142.79	Pieza_23	142.33
Pieza_9	143.55	Pieza_24	143.69
Pieza_10	142.49	Pieza_25	141.28
Pieza_11	144.50	Pieza_26	142.79
Pieza_12	143.87	Pieza_27	143.01
Pieza_13	142.67	Pieza_28	143.07
Pieza_14	143.34	Pieza_29	143.04
Pieza_15	143.33	Pieza_30	144.44

Como se ve en la figura 5.37 la media del tiempo ciclo cambió de 152.96 segundos a 142.7 segundos, que equivale a una mejora del 6.7% respecto del valor original.

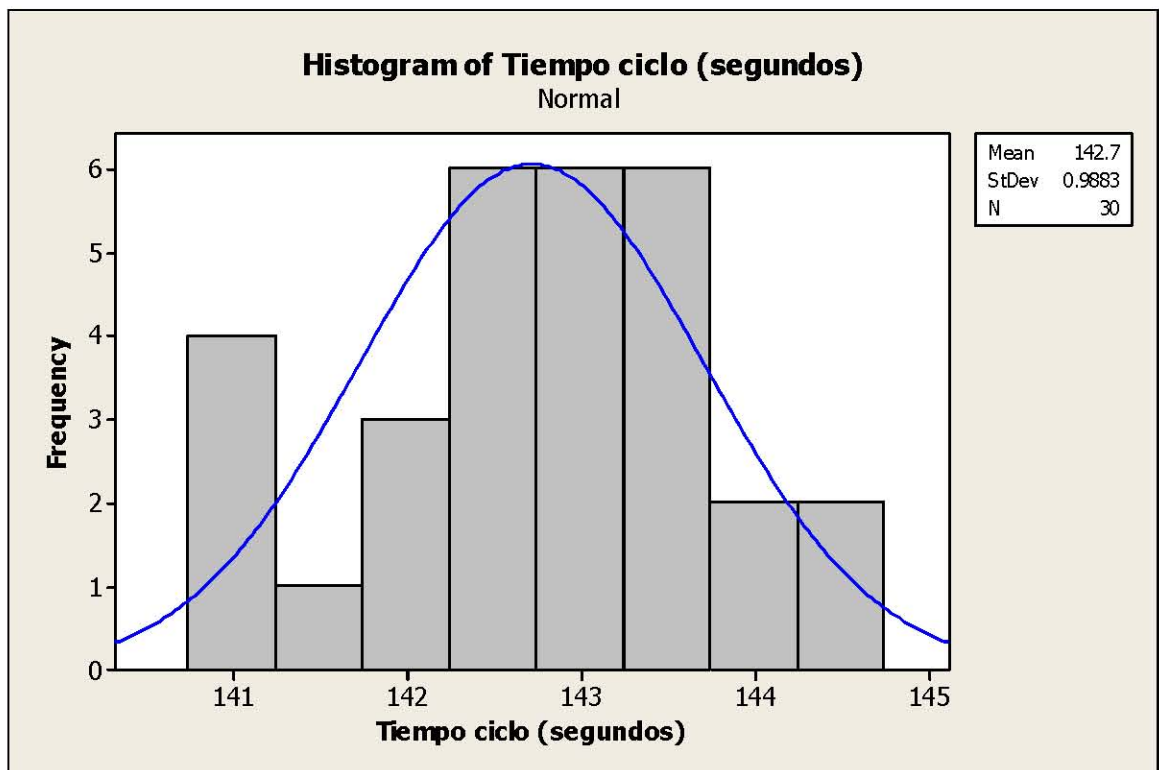


Figura 5.37.- Histograma del tiempo ciclo (seg) después de aplicar mejoras al proceso.

5.4 Cuantificación de ahorros económicos

De acuerdo al capítulo 2 de esta tesis actualmente se producen 21 piezas por hora del sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6. El consumo promedio original de micro-alambre es de 49.5 gramos por pieza que equivale a un costo de 7 centavos de dólares. El costo de micro-alambre por hora es de 1.475 dólares para producir un total de 21 piezas. Si un día laboral normal es de 17.5 horas efectivas y al año se labora un total de 296 (aproximadamente) días el consumo anual de hilo es de 5,384 kg que equivale a 7,640.00 *dólares anuales*.

De acuerdo con la propuesta de mejora el consumo de hilo por operación se espera reducir un 27% respecto del valor original por tanto este proyecto en caso de ser llevado a la práctica espera tener un ahorro en consumo de micro-alambre igual a:

2,062.80 dólares anuales

A su vez se espera tener un beneficio extra al impactarse el tiempo ciclo y de acuerdo al nuevo tiempo ciclo obtenido después de aplicar mejoras al proceso se espera obtener 2 piezas más por hora que equivale a 35 piezas por día. En total con el nuevo tiempo ciclo se espera un beneficio igual a:

10,360 piezas extras anuales

Este beneficio no es cuantificable en término de ahorro pero si es cuantificable en las áreas de producción y logística.