

Automatización de Sistemas de Producción



Proyecto ARENA

*Modelado, simulación y análisis de planta de producción de
placas electrónicas*

Autores:

- Sergio León Doncel
- Álvaro García Lora
- Isaac Rodríguez García

Curso: 2022/ 2023

Titulación: 4º Curso, GIERM

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
ESTUDIO DE ENTIDADES Y RECURSOS NECESARIOS	1
PROCESO DE FABRICACIÓN.....	3
TRANSPORTE DE ENTIDADES	4
ESQUEMA DE MODELADO EN ARENA	5
ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MEJORA DE PRODUCCIÓN.....	8

Planta de producción de placas electrónicas

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de la asignatura consistirá en hacer un modelado simple de una planta de producción de placas electrónica en el software de ARENA, haciendo uso de las múltiples herramientas vistas en la asignatura.

A partir de éste, se realizarán simulaciones para estudiar indicadores productivos tales como la tasa de producción y el WIP.

Por último, con los datos obtenidos de las distintas simulaciones, se realizarán una serie de análisis estadísticos para identificar los cuellos de botella, intentar aumentar la producción con posibles cambios y mejoras en la fábrica, así como reducción de costes.

ESTUDIO DE ENTIDADES Y RECURSOS NECESARIOS

Dado que no se dispone de una planta real de la cuál extraer datos, se realiza un estudio inicial del funcionamiento típico de una planta de este estilo, en el que se ve necesario definir lo siguiente:

-Entidades:

A la entrada de la fábrica, se contará con módulos *Create* que modelarán la llegada de vehículos de suministro. Por planificación, se presupone que estos llegan cada 20 minutos para tener certeza de la disponibilidad constante de los componentes necesarios para la fabricación de nuestra placa electrónica.

Por otro lado, a lo largo de la producción se contará con módulos *Match* en los cuáles se realiza la espera de distintas entidades para dar como resultado una diferente, combinación de las anteriores. A continuación, se muestran las distintas entidades con las que contamos:

<u>Entrada</u> (Productos necesarios)	Tiempo de llegada (minutos)
Packs de Condensadores	20
Packs de Resistencias SMD	20
Placas Base	20
Microprocesadores encapsulados	20
Sensores ambientales	20
Acelerómetros	20
Cajas	22

<u>Intermedias</u>	<u>Salida</u> (Producto final)
Placas unidas	Placas empaquetadas
Sensores	

-Recursos:

Para cada uno de los procesos necesarios para obtener el producto final y asegurar la calidad del producto, utilizaremos una serie de recursos:

	<i>Capacidad</i>	<i>MTBF (minutos)</i>	<i>MTTR (minutos)</i>	<i>Proceso asignado</i>	<i>Coste(€/h)</i>
<i>Unidades de descontaminación</i>	1	Inf	0	Descontaminación	50
<i>Descargadores</i>	1	EXPO(45)	5	Descarga preventiva	10
<i>Máquinas de placa caliente</i>	1	Inf	0	Proceso Soldadura	70
<i>Operarios de testeo</i>	1	Inf	0	Test Ambiental / Test Fuerzas	10
<i>Operarios de validación</i>	1	Inf	0	Validación	15
<i>Operarios de reparación</i>	1	Inf	0	Reparación	8

	<i>Capacidad</i>	<i>Uds. procesadas antes del fallo</i>	<i>MTTR (minutos)</i>	<i>Proceso asignado</i>	<i>Coste(€/h)</i>
<i>Empaquetadora</i>	1	EXPO(10)	EXPO(30)	Empaquetado	10

Se presupone que se cuenta con unidades nuevas, por lo que se desprecia el tiempo entre fallos suponiéndolo infinito, a excepción de los descargadores y la empaquetadora. Estas 2 fueron adquiridas de segunda mano, por lo tanto, dada su antigüedad son propensas a fallar.

Con los datos que han sido facilitados por sus fabricantes, se sabe que, de media, los descargadores se sobrecalientan cada 5 horas, y suelen necesitar un tiempo de descanso de aproximadamente 5 minutos, volviendo a estar operativas. Como se trata de una pausa, la entidad que estaba procesando se acabará terminando de procesar cuando se recupere la máquina.

Por otro lado, la máquina empaquetadora suele quedarse bloqueada cada 10 unidades de placas finales que empaqueta, y el tiempo que se tarda en desbloquear suele ser de media hora. Al igual que para la máquina anterior, en caso de fallo durante el procesamiento de una entidad, no se desecha, sino que se esperará a la reparación de la máquina para continuar su procesado.

PROCESO DE FABRICACIÓN

A partir de los componentes de entrada descritos en el punto anterior, nuestra planta debe ser capaz de producir un producto final que cumpla con unos estándares de calidad. Para conseguir esto, se dispone de los siguientes procesos:

-Descontaminación: A través de las unidades de descontaminación, se asegura que los componentes (condensadores, resistencias y placas base) que acaban de ser recibidos estén preparados para su soldadura en la placa. Para esto, es muy importante que cualquier impureza detectada sea eliminada, ya que si no, podría causar que el producto final no funcionase correctamente.

-Descarga preventiva: A pesar de recibir los packs de condensadores en bolsas antiestáticas, es crítico que estos vengán descargados, ya que si no habría un riesgo de seguridad importante. Dado que el tiempo que ocuparía su medición de carga es similar al dedicado para su descarga, independientemente de sus estados de carga, se les aplica el proceso a todos.

-Test ambiental: Para asegurar que los sensores que se montan en la placa funcionen, se les somete a una prueba donde se comprueba si sus valores de medición están dentro del umbral especificados por el proveedor. El resultado de este test puede ser tanto satisfactorio, en cuyo caso se continuaría con su uso para la producción, o negativo, por lo que se tendría que desechar. Se supone que la tasa de acierto en esta prueba es del 95%.

-Test Fuerzas: A los acelerómetros recibidos, se les aplica unas determinadas fuerzas G y se comprueba que sean capaces tanto de soportar dichas fuerzas como de dar una medición correcta (dentro del umbral deseado). En este caso, la tasa de acierto es también del 95% y, nuevamente, si el sensor no es capaz de superar la prueba, es desechado a la espera de uno nuevo.

-Proceso Soldadura: Tras la salida desde el módulo *Match* de la entidad *PlacaUnion*, será necesario que todos los componentes, micro y sensores ya listos para su integración, sean soldados en la propia placa base.

-Validación: Tras la obtención de la placa final ya soldada, será necesario someterlo a una última prueba donde se compruebe que se cumplen los estándares de calidad fijados. Esta vez, en caso de que el resultado sea erróneo, no se desechará directamente, sino que se comprobará si es posible repararlo. Si finalmente tras este módulo *Decide* se comprueba como es imposible repararlo, se procederá a su desecho para reciclado con un módulo *Dispose*.

-Reparación: Si en el módulo *Decide* anterior se ha visto que la placa puede ser reparada, se someterá a un proceso de reparación, el cuál tras ser terminado, volverá a ser validado.

-Empaquetado: Con el producto final terminado y asegurando que se cumple el estándar de calidad, se procede a su empaquetado dentro de una caja para ser destinado al módulo *Dispose* en el cual se le dará salida a su transporte hasta el cliente final.

En la siguiente tabla se dispone de los tiempos que sigue cada uno de los procesos y sus tasas de fallo (ciertos procesos se presuponen ideales sin fallos para simplificar dadas las limitaciones de ARENA):

Proceso	Tiempo de procesado (minutos)	Tasa de fallo (%)
<i>Descontaminación</i>	Valor de variable t_{desc} (0.2 para condensadores, 0.15 para resistencias y 0.25 para placas base)	0
<i>Descarga preventiva</i>	Distr. normal de media 0.5 y desviación típica 0.1	0
<i>Test ambiental</i>	Distr. triangular de valor pico 0.4, mínimo de 0.3 y máximo de 0.5	95
<i>Test Fuerzas</i>	Distr. triangular de valor pico 0.4, mínimo de 0.3 y máximo de 0.5	95
<i>Proceso Soldadura</i>	Distr. triangular de valor pico 5, mínimo de 4 y máximo de 8	0
<i>Validación</i>	Distr. uniforme con mínimo de 10 y máximo de 15	Func. 75, rep. 50
<i>Reparación</i>	Distr. uniforme con mínimo de 1 y máximo de 20	0
<i>Empaquetado</i>	Distr. normal de media 0.15 y desviación típica 0.02	0

*Para validación, 75% de probabilidad de funcionar, 50 % probabilidad de ser reparable.

TRANSPORTE DE ENTIDADES

Para modelar la transferencia de entidades de un proceso a otro, se han añadido *estaciones* (lugar físico donde tiene lugar el proceso), unidas mediante cinta transportadora y vehículos de transporte. En la siguiente tabla se pueden ver las características de estas:

Nombre	ConveyorSensores	Car
<i>Tipo de transporte</i>	Conveyor	Transporter
<i>Estaciones comunicadas</i>	Sensores-Soldadura	Empaquetado-Transporte de salida
<i>Distancia(m)</i>	15	20 (ida y vuelta)
<i>Velocidad(m/min)</i>	5	5

Para el resto de los procesos, el tiempo de transferencia se supone despreciable.

La elección de uso de conveyor para el primer caso se debe a que la distancia es menor y el número de piezas a transportar mayor, mientras que para el segundo caso ocurre al contrario, por lo que es más conveniente el vehículo para ahorrar costes ya que el consumo de la cinta es superior al del vehículo.

ESQUEMA DE MODELADO EN ARENA

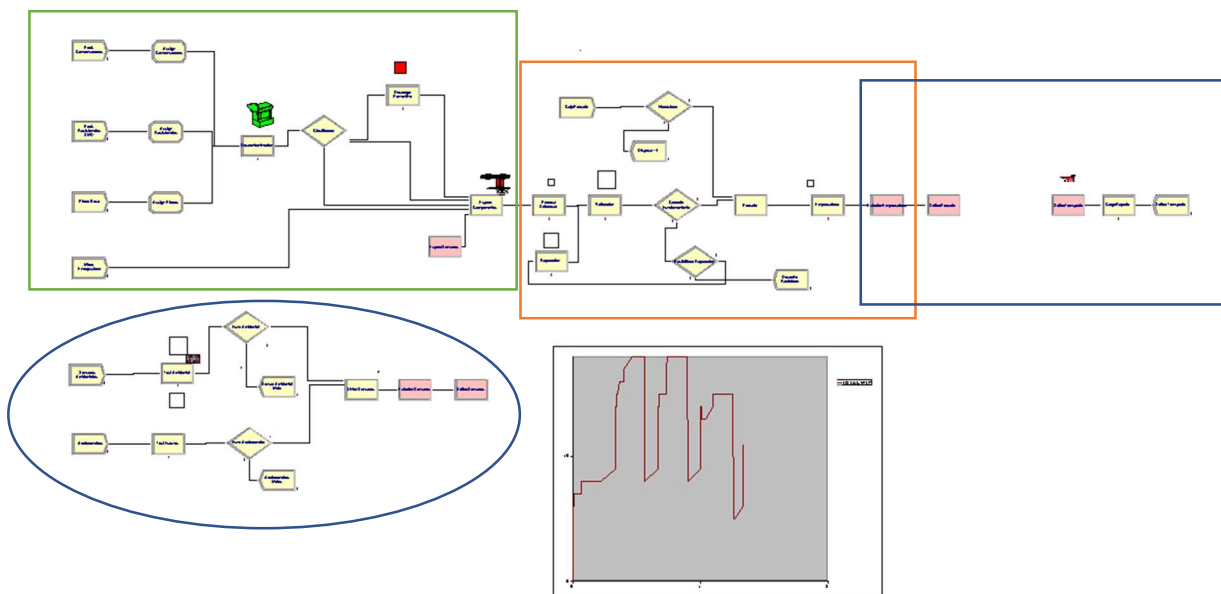
A modo de conclusión, nuestro modelo consta de una primera parte dividida en 2 ramas. En cada una de ellas, se recibe mediante módulos *Create* los materiales necesarios para la producción: resistencias SMD, condensadores, microprocesador encapsulado, sensor ambiental, acelerómetro y placa base.

Posteriormente, se le aplican los procesos necesarios, se transporta en el caso de los sensores de una estación a otra mediante una cinta, y con un módulo *Match* se consigue esperar a disponer de cada uno de ellos, lo necesario para continuar con el procesamiento, haciendo merge de estas ramas en una única.

Tras esto, se obtiene la entidad *PlacaUnion*, la cual se procesa para soldar y preparar el producto final. Se valida este producto, y en caso de no suplir su funcionalidad, se revisa si puede ser arreglada. Si no hay posibilidad, se desecha en el módulo *Dispose* DesechoReciclado. No obstante, si puede intentarse su reparación, se procede para posteriormente volver a validar.

Por último, se vuelve a esperar a disponer de *PlacaUnion* y *Caja* para empaquetar el producto y transportarlo mediante un vehículo a la salida con el módulo *Dispose* SalidaTransporte.

Como resultado, queda el siguiente esquema:



Focalizando en cada una de las partes descritas previamente:

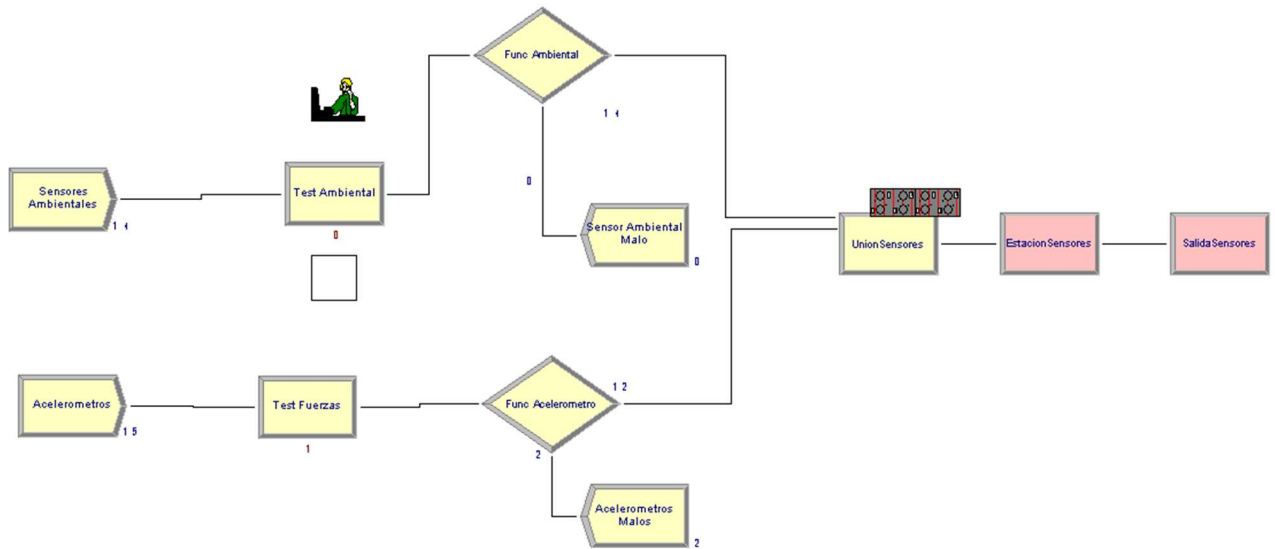


Imagen ilustrando rama de sensores

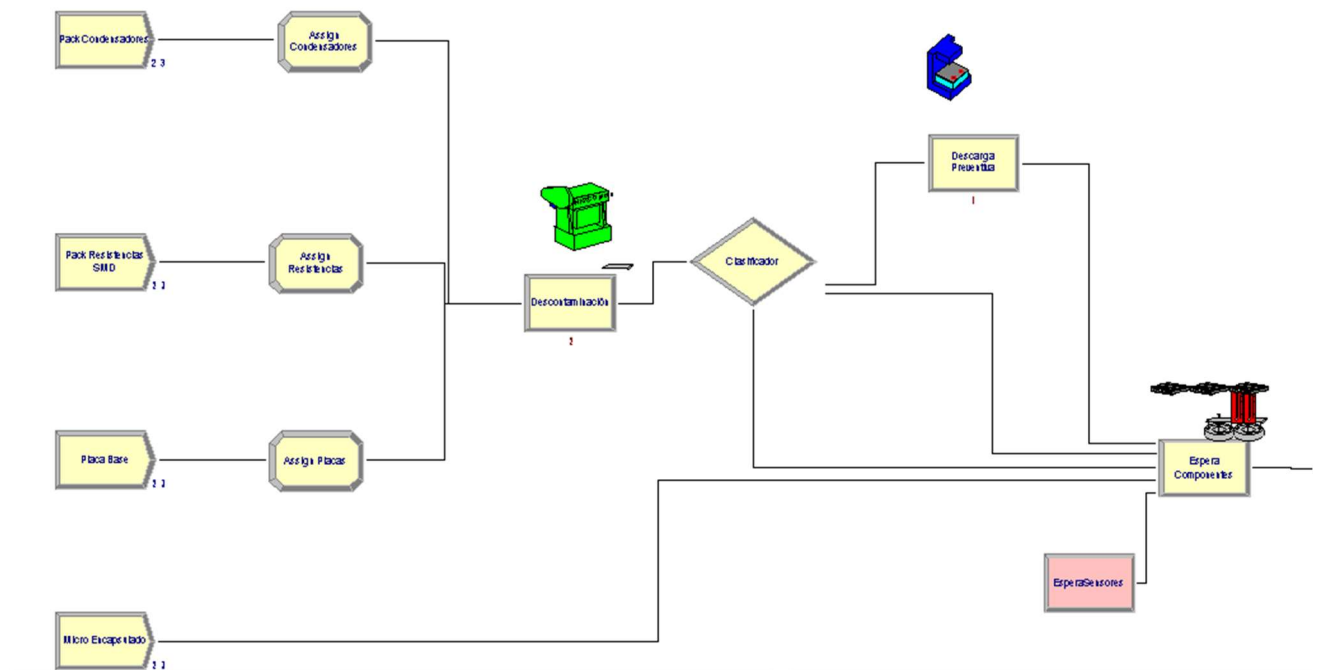


Imagen ilustrando rama de componentes básicos y procesos de preparación

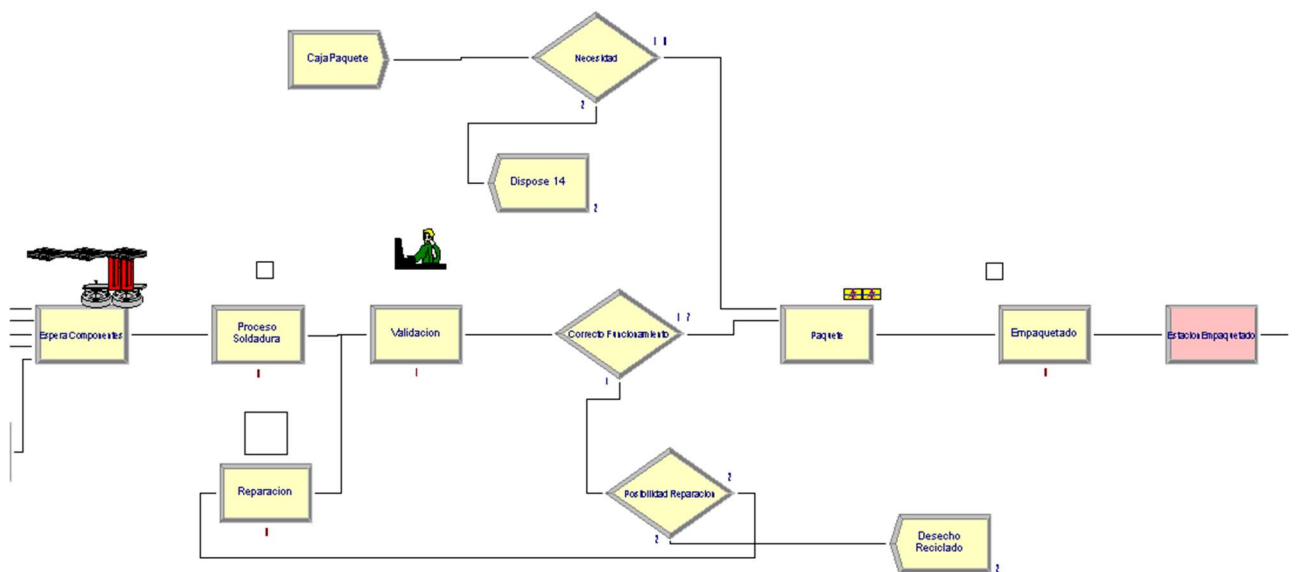


Imagen ilustrando rama principal de procesado



Imagen ilustrando rama salida de producto final

Además, como puede verse en las imágenes anteriores, también se ha animado la simulación asignando diferentes imágenes a cada entidad o transporte utilizado. Incluso se ha utilizado una gráfica para poder visualizar el WIP durante la simulación, de manera que ayude a no superar el límite.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA MEJORA DE PRODUCCIÓN

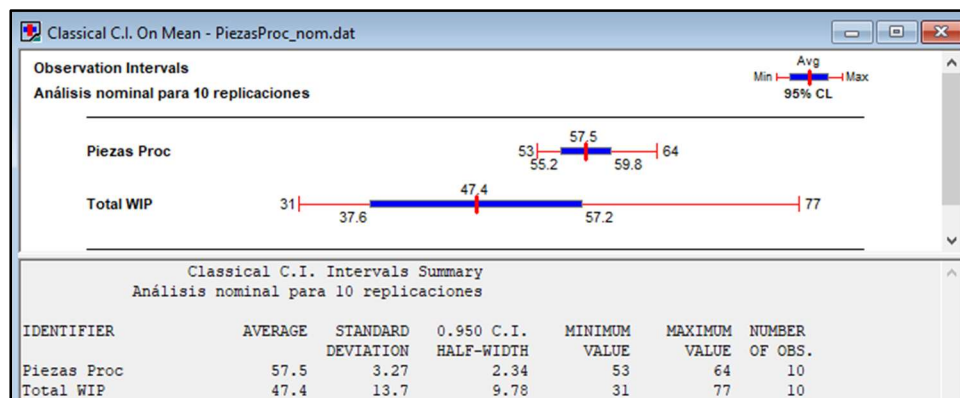
Finalmente, se realizan varios análisis estadísticos con el objetivo de mejorar el rendimiento y la rentabilidad del sistema de producción. Para ello, usaremos *Output Analyzer*, trabajando tanto con coeficientes estadísticos como con comparaciones de las simulaciones de varias opciones.

- PIEZAS PROCESADAS Y WIP

En primer lugar, estudiaremos el número de piezas procesadas (placas totales fabricadas) de media y el WIP medio de la fábrica (teniendo en cuenta el número total de las distintas entidades en proceso).

Se simula que la fábrica trabaja 24 horas consecutivas para hacer un estudio sobre la productividad máxima diaria.

A partir de un análisis nominal (10 replicaciones realizadas) obtenemos los resultados necesarios para determinar el número de replicaciones a realizar con vistas a obtener un *half-width* inferior al 10% del valor medio.

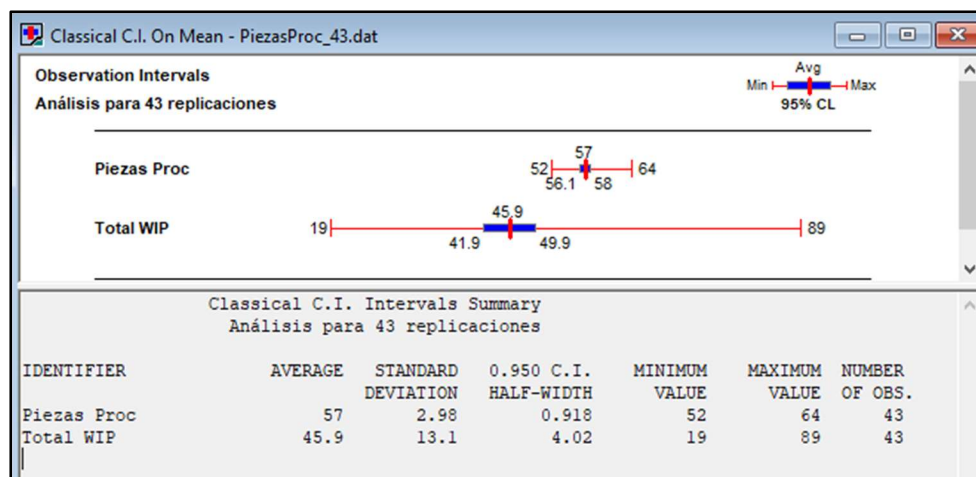


A partir del *half-width* obtenido, se calcula el número de replicaciones necesario para ambos estudios, y nos quedaremos con el mayor de ambos, para ser más restrictivos:

Piezas procesadas: $n = n_0 * (h_0^2 / h^2) = 10 * (2.34^2 / 5.75^2) = 1.66 \rightarrow 2$ replicaciones

Total WIP: $n = n_0 * (h_0^2 / h^2) = 10 * (9.78^2 / 4.74^2) = 42.57 \rightarrow 43$ replicaciones

Por tanto, realizaremos los análisis con 43 replicaciones.



- ESTUDIO DE COSTES ACTUALES

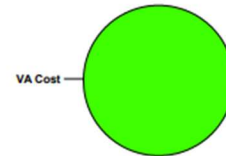
Teniendo en cuenta el coste asociado a cada uno de los recursos de la planta (coste energético, salarios, ...) podemos saber cual es el coste unitario de cada placa.

Replications: 43 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

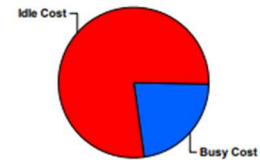
All Entities

	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	935
Wait Cost	0
Total Cost	935



All Resources

	Average
Busy Cost	935 *
Idle Cost	3,215
Usage Cost	0



Total Cost	4,150
------------	-------

* these costs are included in Entity Costs above.

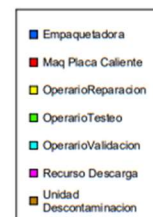
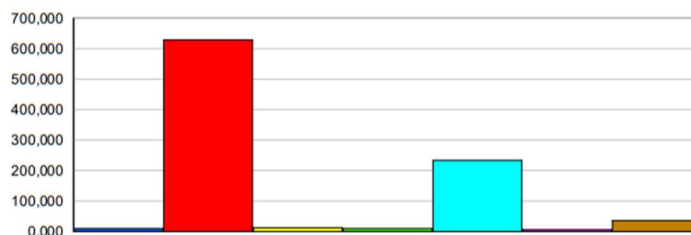
System

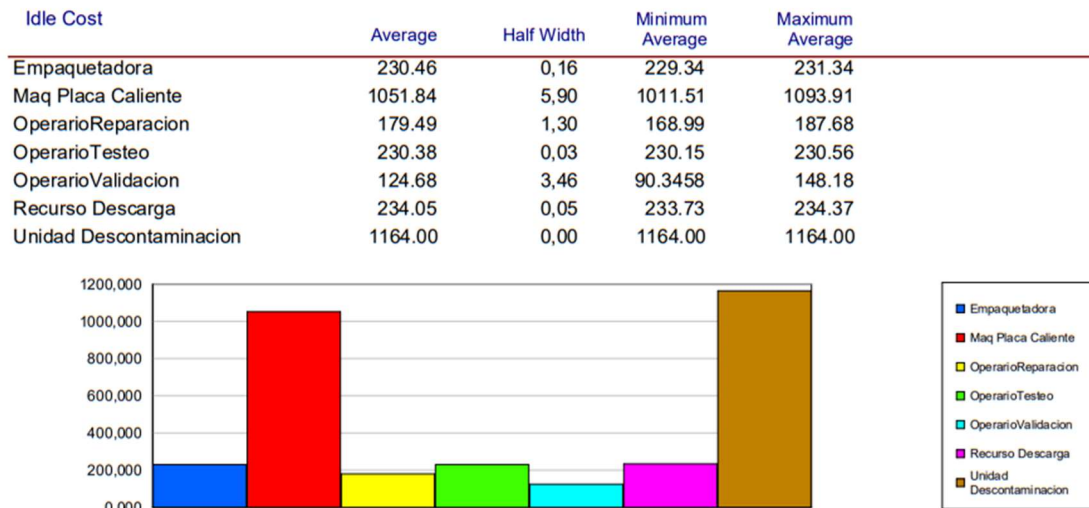
	Average
Total Cost	4,150

El coste distribuido en las diferentes máquinas y operarios es el que se muestra:

Cost

Busy Cost	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Empaquetadora	9.5368	0,16	8.6567	10.6620
Maq Placa Caliente	628.16	5,90	586.09	668.49
OperarioReparacion	12.4850	1,30	4.3205	23.0120
OperarioTesteo	9.6200	0,03	9.4386	9.8521
OperarioValidacion	233.33	3,44	209.79	267.68
Recurso Descarga	5.9540	0,05	5.6311	6.2671
Unidad Descontaminacion	36.0000	0,00	36.0000	36.0000





Las placas totales fabricadas:

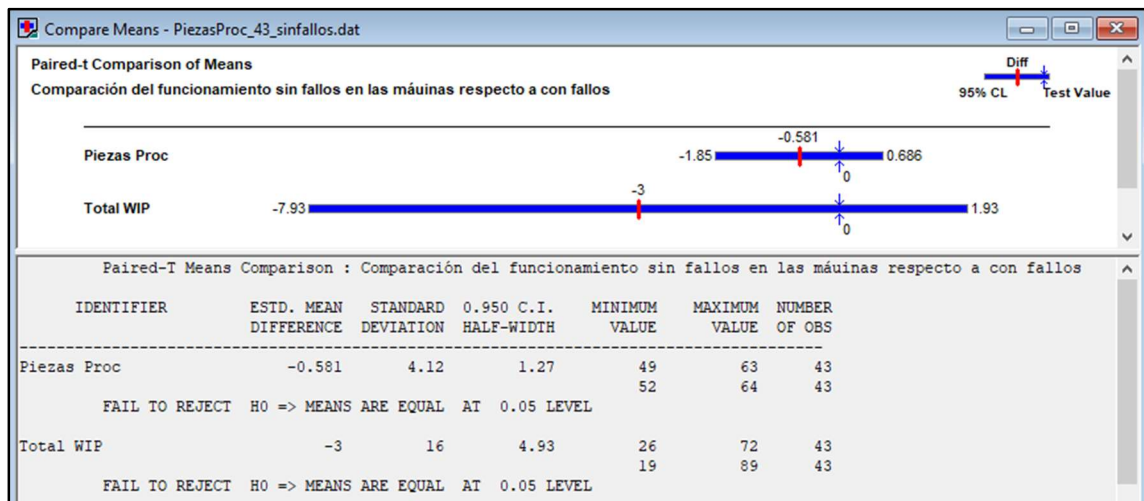
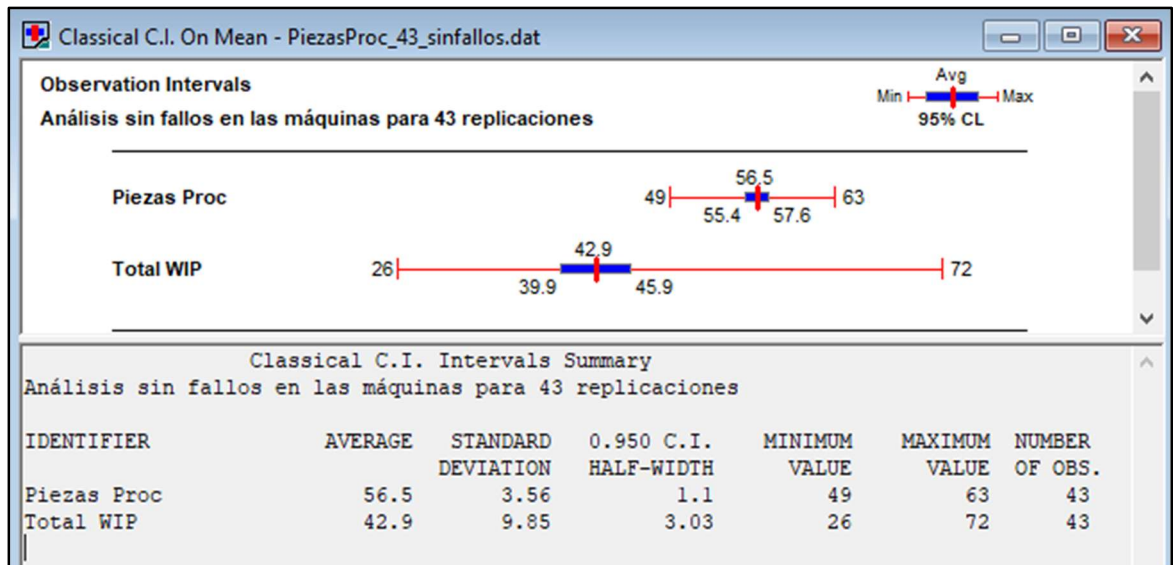
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Acelerometro	69.5814	0,53	65.0000	71.0000
Caja	62.9070	0,43	61.0000	66.0000
Micro	65.8605	0,60	62.0000	70.0000
Pack2Cond	0.00	0,00	0.00	0.00
Pack3Res	0.00	0,00	0.00	0.00
Packs de Condensadores	65.8605	0,60	62.0000	70.0000
Packs de Resistencias SMD	65.8605	0,60	62.0000	70.0000
PlacaEmpaquetada	57.1628	0,95	52.0000	64.0000
Placas base	65.8605	0,60	62.0000	70.0000
PlacaUnion	65.8605	0,60	62.0000	70.0000
SensorAmbiental	69.4651	0,60	64.0000	71.0000
Sensores	65.8605	0,60	62.0000	70.0000

Por tanto, el coste medio del producto es de 72.8 €. Teniendo en cuenta que cada placa la vendemos por 100 € el beneficio máximo diario asciende a 1550€ aproximados.

- MEJORA DE MAQUINARIA

Como hemos visto, nuestra fábrica cuenta con maquinaria de segunda mano que tiene fallos que a priori puede provocar una limitación en el número de piezas totales procesadas y una acumulación de piezas que puede aumentar el WIP. Se plantea la posibilidad de mejorar tanto la empaquetadora como la máquina de descarga de condensadores comprando unas nuevas idealmente que no tengas averías en el desarrollo de la producción.

Los resultados obtenidos tras realizar este estudio son los que pueden verse a continuación:



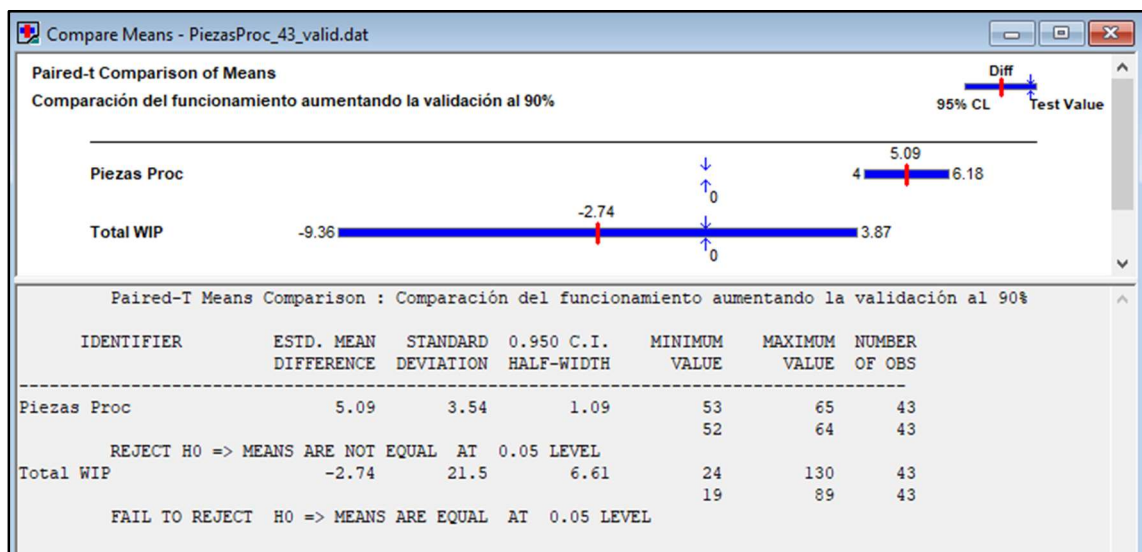
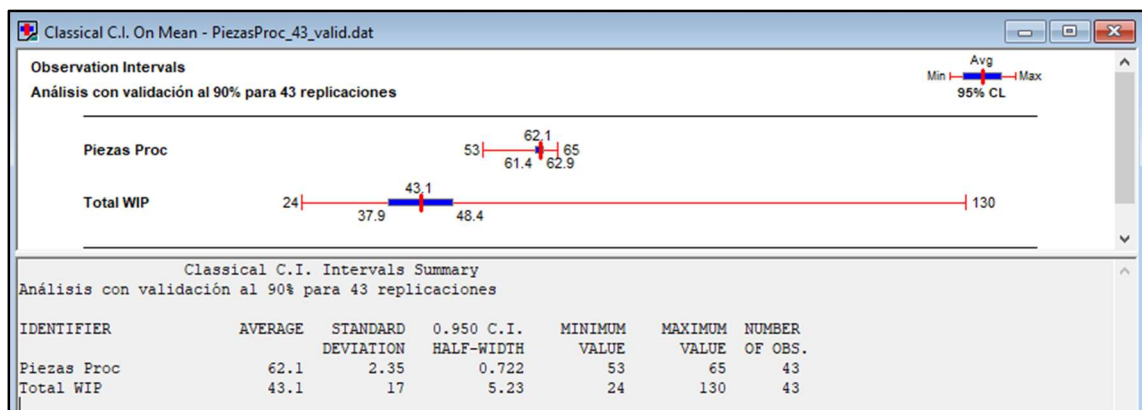
El hecho de comprar máquinas nuevas no supone una mejora clara de la producción ya que como vemos, el intervalo de confianza de la comparación realizada entre caso con fallos y sin fallos incluye al cero. Esto se traduce en que no podemos asegurar en que sea mejor ni peor. Por este motivo la decisión a tomar sería la de no realizar una inversión en maquinaria nueva y continuar trabajando con la actual con fallos.

- MEJORA DE LAS MÁQUINAS DE PLACAS CALIENTE

Se nos plantea la posibilidad de mejorar la calidad de soldado usando otra marca de máquinas de placa caliente, lo cual se traduce en una reducción de la tasa de error que presentan las placas en el proceso de validación, ya que la mayoría de los fallos encontrados en nuestra fábrica suelen ser por un soldado no correcto.

En este caso, por tanto, se estima cual sería la producción media si la probabilidad de superar el testeo en la validación aumentara del 75% al 90%.

Los resultados obtenidos comparados con la planta actual son los siguientes:

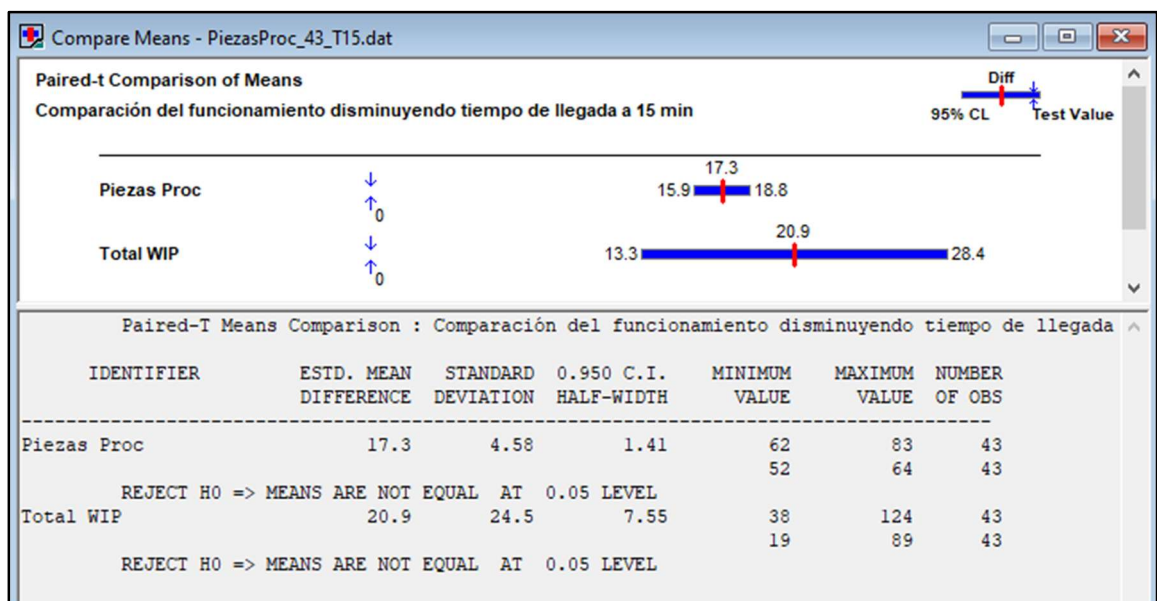
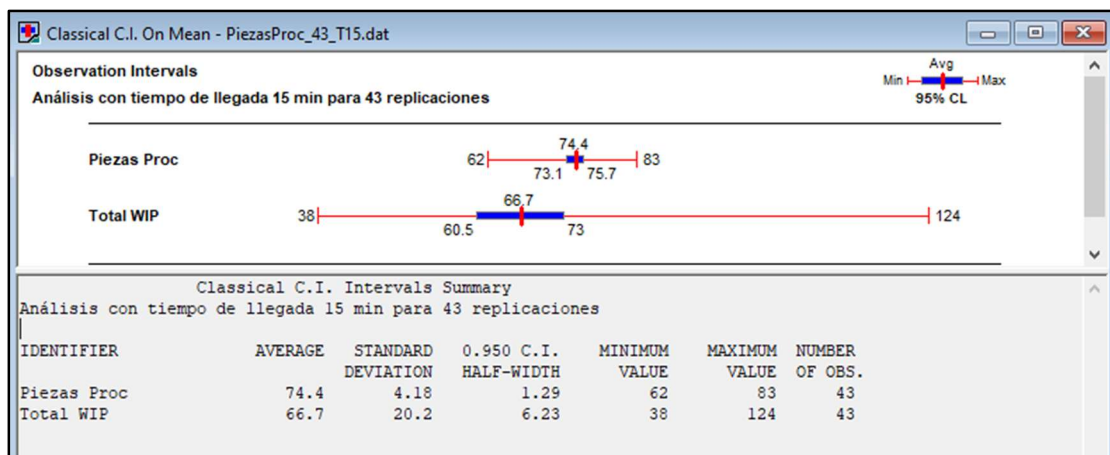


Como podemos observar, se consigue un aumento del número de placas fabricadas de en torno a 5 piezas (entre 4 y 6 piezas). Por este motivo sería oportuno cambiar la marca de las máquinas que se usan ya que se consigue un aumento notable de la producción que sería rentable a largo plazo.

- CAMBIO EN PLANIFICACIÓN DE ENTREGA DE COMPONENTES

Se ha observado que en la fábrica muchos de los recursos presentan una utilización que podría mejorar ya que se encuentran ociosos esperando a la llegada de nuevos componentes para realizar sus tareas en ocasiones. Por este motivo planteamos la posibilidad de modificar la planificación disminuyendo los tiempos, suministrando de esta forma mayor cantidad de componentes al sistema.

Los resultados de reducir en 5 minutos la llegada de estos son los que se muestran:

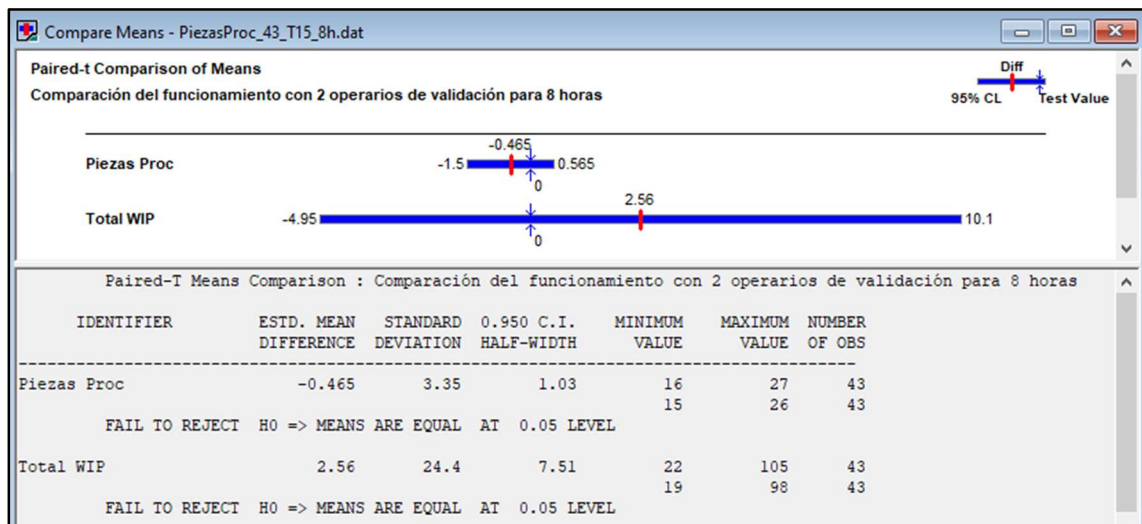
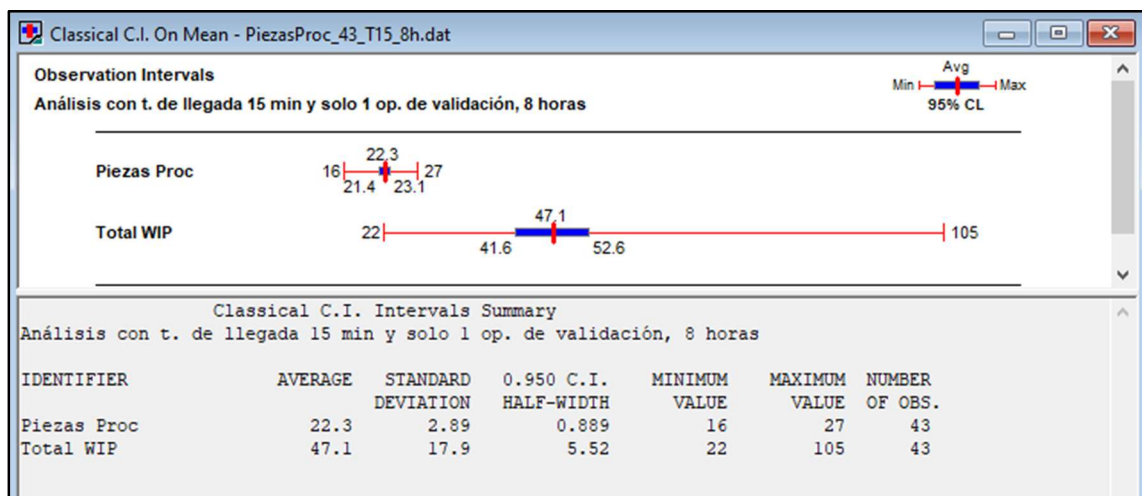
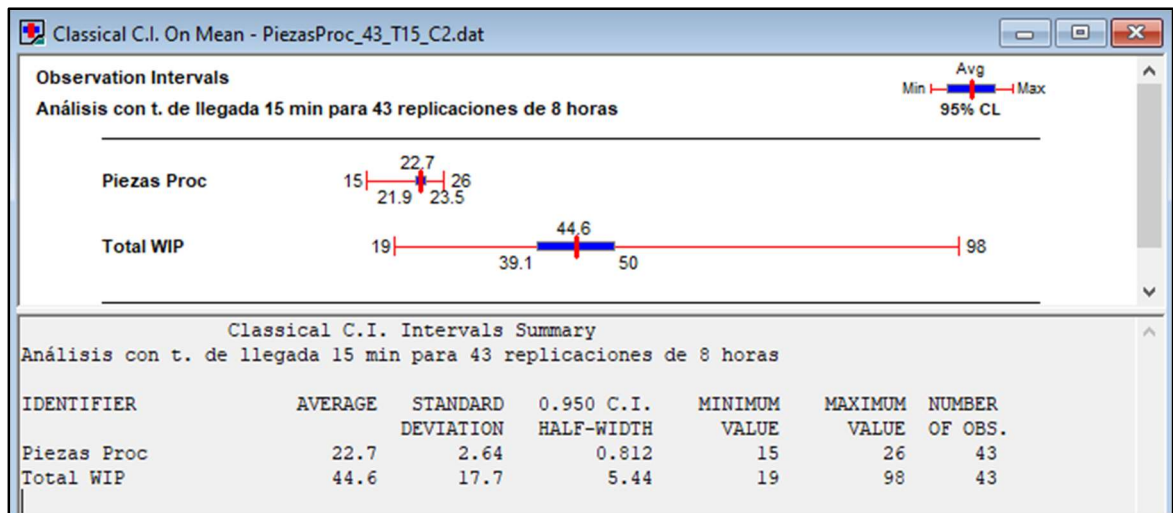


Podemos afirmar que la nueva planificación es más apropiada para la fábrica ya que consigue aumentar el número de piezas producidas en torno a las 17 unidades respecto al caso original. También aumenta el WIP total, como era de esperar.

- REDUCCIÓN DE COSTE MANO DE OBRA

Se considera inicialmente que se dispone de dos operarios para realizar el testeo de los sensores antes de incluirlos al sistema. Sin embargo, se plantea la posibilidad de reducir a uno el número de trabajadores, para así reducir costes si es que no afecta a la producción.

Se realiza el análisis en este caso para un tiempo de 8 horas con un tiempo de llegada de los componentes de 15 minutos, tal y como se decidió en el apartado anterior. Los resultados son los siguientes:



Por tanto, como el intervalo de confianza incluye al 0, no se puede afirmar que la producción vaya a verse disminuida al reducir el número de operarios. Además, el valor diferencial mínimo de piezas producidas es de 1.5 cada 8 horas, por lo que, comparado con el sueldo de un trabajador, en el peor de los casos seguiría resultando rentable para la empresa. Por ello, se decide prescindir de uno de los operarios.