

## ***Reducción de Desperdicio en el Proceso de una Pizzería***

*Yadira Santiago Rosado  
Maestría de Ingeniería en Ingeniería de Manufactura  
Mentor: José A. Morales, Ph.D.  
Departamento de Ingeniería Industrial y Sistemas  
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

---

**Resumen** — *Este proyecto se realizó en una pequeña pizzería en el pueblo de Ponce. Como parte del proyecto se observó y evaluó el proceso operacional de este comercio. Se identificaron desperdicios definidos en el sistema de lean manufacturing. Y se trabajó para reducir estos desperdicios. Se utilizó la herramienta de diagrama de espaguetti. El diagrama de espaguetti fue clave en el proceso de identificación de desperdicio y evaluación de alternativas. Se evaluaron las distintas alternativas y se hicieron pruebas piloto para asegurar el resultado de cada alternativa a ser recomendada. En conclusión, se le recomendaron dos alternativas al dueño de la pizzería. Una alternativa que utiliza los recursos ya poseídos y una alternativa que requiere de una inversión. Además se le recomendó como proyecto futuro una aplicación para automatizar las ordenes.*

**Palabras Claves** — *Círculo de Deming, Diagrama de Espaguetti, Kaizen, Lean Manufacturing.*

### **INTRODUCCIÓN**

Este proyecto tiene como objetivo mejorar un proceso. Para esto se escogió una pizzería operada por su propio dueño. Se busca maximizar la eficiencia del proceso de preparación de la pizza y reducir el tiempo que los clientes esperan por su orden. Al maximizar la eficiencia del proceso, estaremos mejorando las condiciones de trabajo del empleado. Y al reducir el tiempo de espera, esperamos tener clientes más satisfechos y que esto cause un aumento en las ventas, que es la meta de todo negocio.

### **LITERATURA**

A continuación, se presenta la revisión de literatura para este proyecto.

#### **Kaizen**

El término kaizen es de origen japonés. Es una palabra compuesta por “kai” y “zen”. Kai significa modificaciones y zen significa “para mejorar”. [1] En otras palabras podemos definir kaizen como modificaciones o cambios para mejorar. También se le conoce como proceso de mejora continua. Se puede pensar erróneamente que para mejorar un proceso hace falta hacer una gran inversión. Pero la metodología kaizen se enfoca en pequeños cambios donde la inversión sea mínima. En un proceso de mejora continua se busca la optimización de los recursos existentes. “La metodología Kaizen nos enseña a no subestimar el impacto de lo simple. La suma de pequeños aportes constituye una gran mejora” [1]. La filosofía de kaizen puede ser utilizada en situaciones en que se quiere redistribuir áreas, optimizar el tiempo de un proceso, optimizar el ciclo de un producto, mejorar la calidad de un producto, mejorar el orden y la limpieza de las áreas, reducir los gastos operacionales, reducir los desperdicios.

En la implementación de la metodología kaizen se aplican cuatro principios fundamentales que son: optimización de recursos actuales, rapidez para la implementación de soluciones, criterio de bajo o nulo costo, y participación activa de los operadores en todas las etapas.

#### **Círculo de Deming**

El círculo de Deming es una herramienta que se usa cuando se quiere implementar un sistema de mejora continua. También se le conoce como el ciclo PDCA. Este sistema se compone de cuatro etapas

cíclicas. Las etapas del círculo de Deming son: planificar, hacer, verificar y actuar. El nombre de PDCA se forma de la primera letra de cada etapa por sus nombres en inglés. Como todo sistema cíclico, una vez se complete la cuarta fase, se vuelve a comenzar el proceso. De esta forma es un sistema de mejoramiento continuo.



**Figura 1**  
Ciclo PDCA de Mejora Continua [2]

La primera fase es planificar. En esta primera fase se analiza la situación actual, se identifica cuál es el problema o áreas en las que se puede mejorar. Y se establece el objetivo que se quiere alcanzar. También se establecen las herramientas o método que se utilizará para alcanzar el objetivo.

La segunda fase es hacer o ejecutar. Esta es la fase de acción y cambio en el área de trabajo. Utilizando las herramientas seleccionadas en la fase anterior, se crea una propuesta de mejoras de implementación rápida y que tendrá el mayor impacto en el objetivo que se quiere mejorar. En la mayoría de los casos conviene realizar una prueba piloto antes de hacer cambios definitivos que requieran un gasto económico.

La tercera fase es verificar o comprobar. En esta etapa se monitorea que realmente se están obteniendo los resultados esperados. Esta es la fase donde se mide si realmente se logró el objetivo planteado en la primera fase.

La cuarta fase es actuar. En esta cuarta fase ya se ha comprobado que los resultados obtenidos de los cambios realizados son satisfactorios y se procede a estandarizar para mantener el nivel de optimización alcanzado. En el caso de que se haya hecho una prueba piloto como parte de la segunda

etapa, este es el momento en el que se ejecutan los cambios definitivos.

El círculo no termina con la cuarta fase, ya que es una herramienta cíclica y siempre se puede encontrar áreas de mejora en un proceso de mejoramiento continuo.

### **Lean Manufacturing**

Lean manufacturing es un término anglosajón que se traduce como manufactura esbelta o manufactura ajustada. Lean Manufacturing es una filosofía que se enfoca en mejoramiento continuo y optimización del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no añadan valor al producto. La principal filosofía de lean manufacturing radica en la premisa de que todo puede hacerse mejor. [3] Lean manufacturing identifica ocho tipos de desperdicios. Se le llama desperdicio a actividades que le cuesta dinero a quien fabrica el producto; pero que no hace al producto más atractivo al cliente, o en otras palabras, son actividades por las cuales los clientes no estarían interesados en pagar un precio mayor. Estos desperdicios son:

- Sobreproducción
- Tiempo de espera
- Transporte
- Exceso de procesado
- Inventario
- Movimiento
- Defectos
- Potencial humano subutilizado

Para mejor comprensión de los estos desperdicios, daré una breve explicación de cada uno. El primero es sobreproducción y se refiere a producir un producto antes de que haya una orden de este producto. Una empresa u organización que aplique lean manufacturing debería ajustar su producción a la demanda. El Segundo desperdicio es tiempo de espera. Y se refiere al tiempo en el que no se están utilizando los recursos porque el material a procesarse está en una etapa anterior. El tercer desperdicio es transporte y se refiere al movimiento innecesario de materiales de una operación a otra sin

ser requeridos [4]. El quinto desperdicio es el inventario y este se crea cuando se sobreproduce productos. Estos productos almacenados ocupan espacio físico y esto constituye un costo para quien lo mantiene. El sexto desperdicio es el movimiento y este tiene dos elementos, el movimiento humano y el movimiento de las máquinas, dichos movimientos están relacionados con la ergonomía del lugar donde se trabaja, afectando así a la calidad y la seguridad. El séptimo desperdicio es defectos y se refiere a productos o servicios incorrectos o incompletos. Estos productos requieren una corrección o reparación. Y estas reparaciones envuelven material, tiempo o energía adicional. El octavo desperdicio es el potencial humano subutilizado y se da cuando no se toma en cuenta o se utiliza la experiencia, el conocimiento o la creatividad de los empleados. Todos estos desperdicios causan un gasto a la organización o empresa que crea el producto; pero ninguno de ellos hace el producto más valioso para el cliente.

### **Diagrama de Espaguetti**

El diagrama de espaguetti es una herramienta que se usa para analizar un proceso. Específicamente esta herramienta es útil para identificar desperdicio de movimiento. El movimiento innecesario es uno de los desperdicios definidos en la filosofía de lean manufacturing. Este diagrama es una representación visual o dibujo del área de trabajo que se quiere analizar. Para hacer este dibujo es importante que las dimensiones de todas las estaciones de trabajo estén a escala. Luego de haber realizado el dibujo con todas sus estaciones de trabajo, se procede a observar todos los movimientos que hacen los operadores. Y esos mismos movimientos son marcados en el dibujo trazando líneas que representen el flujo de operadores y material entre cada estación de trabajo. El dibujo con todas sus líneas representando los movimientos de los operadores es lo que se le conoce como el diagrama de espaguetti. Y este nombre lo obtiene porque por lo general las líneas se entrelazan similar a los fideos en un espaguetti.

## **METODOLOGÍA DE PROYECTO**

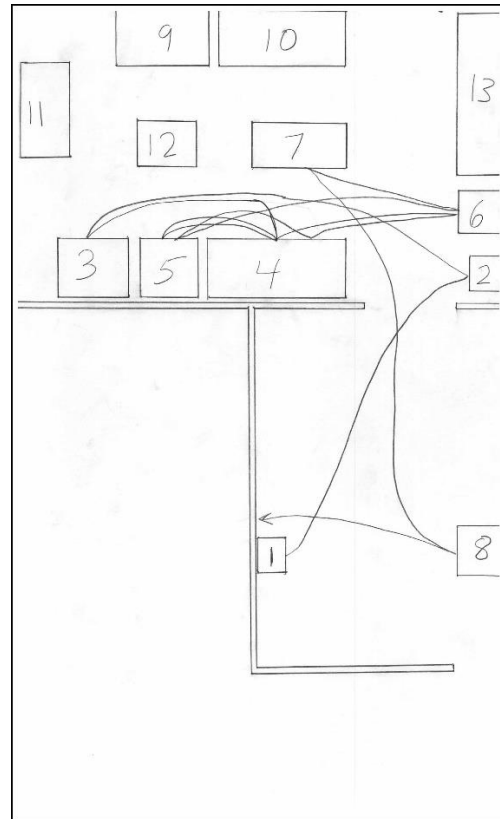
Para mejorar el proceso de esta pizzería vamos a basarnos en la teoría de kaizen que resalta que pequeños cambios pueden tener un gran impacto en el resultado. Y que no es necesario realizar grandes inversiones para lograr mejorar un proceso. Además vamos a usar la metodología del círculo de Deming para ejecutar los cambios.

La primera etapa del círculo de Deming es Planificar. Y esta etapa se realizó observando todo el proceso de la pizzería desde que inician sus operaciones hasta que cierran. Se observó que el proceso de la pizzería envuelve tres fases. Estas fases son antes de abrir al público, una vez abiertos al público y luego de su cierre. La primera fase es antes de que abran al público, y en esta fase se realizan algunos preparativos previos a recibir clientes. Estos preparativos incluyen precalentar el horno, molido de queso, cortar cebolla y pimienta, rellenar envases con sus respectivos toppings (queso, pepperoni, salchicha italiana, setas, bacon, cebolla y pimienta). Las operaciones de la tercera fase, una vez se cierra la pizzería consta preparar masas que serán utilizadas en la creación de las pizzas que serán vendidas al siguiente día. En esta etapa también se hace la limpieza de todo el lugar incluyendo cocina, utensilios y salón comedor. Y la segunda etapa es la que envuelve el mayor tiempo, es cuando la pizzería está abierta al público. En esta etapa es que se concentra todo el movimiento comercial. Se puede decir que la pizzería tiene un proceso simple ya que ofrece pocos productos y tiene un solo empleado. Los productos ofrecidos se limitan a pizza y refrescos. Venden 3 tamaños de pizza y ofrecen refrescos en lata o padrino. Las pizzas son confeccionadas al momento de ser ordenadas. No mantienen inventario de pizzas listas, por lo que el cliente espera a que su pizza sea confeccionada. De las observaciones pudimos identificar un exceso de movimiento de parte del operador. Así que se decidió analizar con más detalle estos movimientos, ya que el exceso de movimiento es uno de los desperdicios identificados en la filosofía de lean manufacturing. Para hacer el análisis de estos

movimientos se decidió usar el diagrama de espagueti. Se hizo un dibujo que abarca todo el establecimiento y contiene todas las estaciones de trabajo representadas a escala. Los productos más vendidos en esta pizzería son la pizza grande de Pepperoni con un padrino de refresco. Por lo tanto se decidió analizar los movimientos realizados para la preparación de esta orden. La figura 2 muestra el diagrama de espagueti de esta pizzería. Cada estación está identificada con un número. La estación que representa cada número está definida en la tabla 1. De la figura 2 podemos ver que el operador tiene que hacer muchos movimientos innecesarios porque las estaciones no están cercanas o no tienen el mejor acomodo. El objetivo propuesto es disminuir estos movimientos innecesarios. Y se establece como hipótesis que podemos reducir al menos un minuto de movimientos innecesarios. Se hicieron varios dibujos para encontrar la mejor opción para minimizar estos movimientos innecesarios. Y luego de haber trazado diferentes alternativas. Se escogieron dos de ellas. Una de ellas no requiere ninguna inversión. En la primera alternativa se usan los mismos recursos que se tienen. Sin embargo, existe una alternativa que considero la mejor opción y que requiere la adquisición de un equipo adicional. Este equipo es una unidad refrigerada para preparación de pizza, mejor conocida como “pizza prep”. La pizza prep es un equipo usado en la mayoría de las pizzerías. Es muy útil ya que cuenta con refrigerador en la parte inferior donde se guardan las masas, cuenta con compartimentos donde se guardan los toppings que necesitan ser refrigerados y además tiene una tabla donde se estira la masa y se le ponen los ingredientes. Como parte del proyecto me di a la tarea de investigar los precios de estas unidades. Hice una búsqueda de esta unidad en clasificados online el día 19 de enero de 2020 y encontré unidades nuevas y similares en \$3,395 y \$3,795.

Aunque se analizaron varias distribuciones, en este artículo solo se mostrarán las dos opciones recomendadas. La figura 3 muestra el diagrama de espagueti de la alternativa que no requiere ninguna

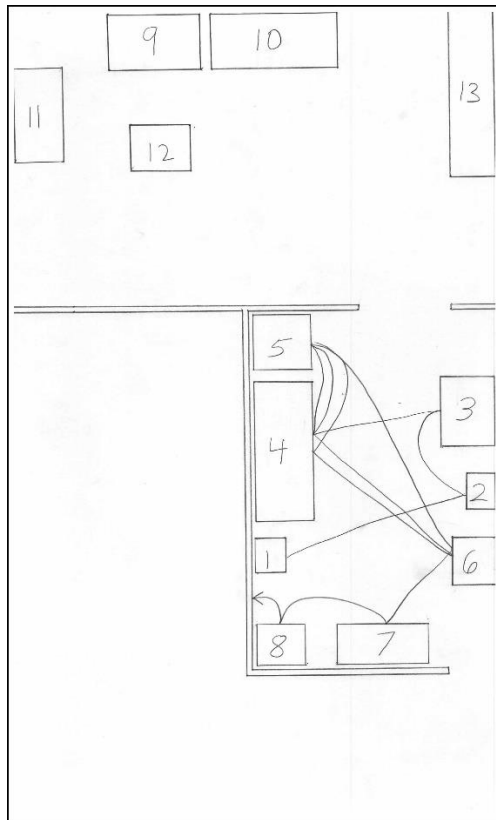
inversión. Esta alternativa usa los recursos poseídos al momento.



**Figura 2**  
**Diagrama de Espagueti de Proceso Actual**

**Tabla 1**  
**Leyenda de Números para Diagrama de Espagueti**

Número	Nombre de Estación
1	caja registradora
2	lavamanos
3	nevera donde se guardan las masas
4	mesa de trabajo
5	nevera donde se guardan los toppings
6	horno de pizza
7	mesa de corte y empaque
8	nevera de refrescos
9	área de batidora y molido de queso
10	fregadero
11	tablillas de almacenamiento
12	mesa para preparar masas
13	tablillas de almacenamiento
14	unidad refrigerada para preparación de pizza conocida como "pizza prep" (solo presente en la figura 4)



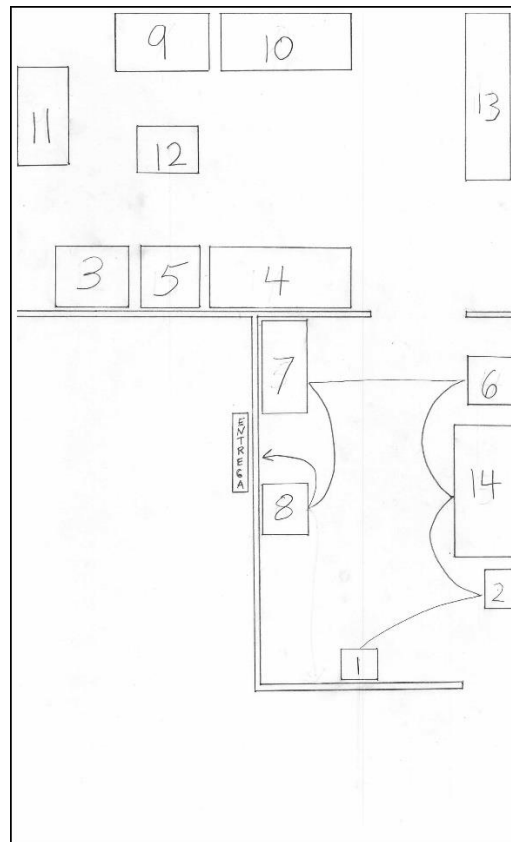
**Figura 3**  
**Alternativa que No Requiere Inversión**

La figura 4 muestra la segunda alternativa. Esta alternativa requiere una inversión de aproximadamente \$3,500 si se adquiere un equipo nuevo. En la figura cuatro es evidente que hay muchos menos movimientos y que el proceso es mucho más eficiente.

La próxima etapa del círculo de Deming es hacer o ejecutar. Como parte de esta etapa se hicieron las evaluaciones de cada alternativa incluyendo el estado actual para poder comparar. Se hizo un tipo de prueba piloto donde por cada alternativa se hicieron diez simulaciones de un orden de pizza grande de pepperoni con un padrino de refresco. Para hacer las simulaciones se colocaron mesas representando las distintas áreas de trabajo y se procedió a medir el tiempo que le toma al operador desplazarse a través de las distintas estaciones de trabajo.

La cuarta fase es actuar. Aquí se harán los cambios definitivos luego de haber verificado los

resultados en la fase 3. Los cambios que se harán dependerán de la decisión del dueño de pizzería.



**Figura 4**  
**Alternativa que Requiere Inversión**

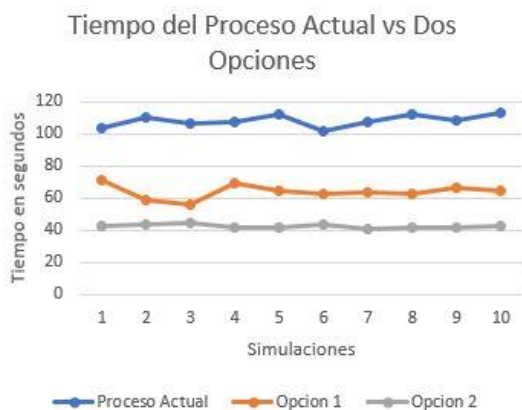
## ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para la próxima etapa de verificación se usan los datos de la prueba piloto para corroborar que los resultados fueron los esperados. En este caso el objetivo propuesto fue reducir los movimientos y lo medimos tomando el tiempo que le tomó al operador desplazarse por las estaciones de trabajo según los diagramas de espagueti mostrados en las figuras 2, 3 y 4. Los resultados de la prueba piloto se detallan en la tabla 2. En esta tabla podemos observar como cada una de las dos alternativas recomendadas es más eficiente que el proceso actual en términos de tiempo y movimiento.

**Tabla 2**  
**Datos Obtenidos de Diez Simulaciones**

Simulación	Proceso Actual (segundos)	Opción 1 (segundos)	Opción 2 (segundos)
1	104	71	43
2	110	59	44
3	106	56	45
4	107	69	42
5	112	65	42
6	102	63	44
7	107	64	41
8	112	63	42
9	108	66	42
10	113	65	43

De las diez simulaciones podemos decir que el proceso actual tiene un promedio de 108 segundos. Mientras que la alternativa de la figura 3 tiene un promedio de 64 segundos. Y por último la alternativa de la figura 4 tiene un promedio de 43 segundos. Entonces con la alternativa 1 estaremos reduciendo un promedio de 44 segundos. Y con la alternativa dos estaremos reduciendo un promedio de 65 segundos. De los datos obtenidos de las simulaciones, queda verificado que con cualquiera de las dos alternativas habrá un impacto positivo en el proceso. Los datos de las simulaciones están presentadas gráficamente en la figura 5.



**Figura 5**  
**Gráfica de los Tiempos de los Diagramas de Spaguetti**

Se hizo una prueba de hipótesis comparando el proceso actual con la opción 2 que es la opción recomendada. Los resultados de la prueba de

hipótesis están mostrados en la figura 6. También se hizo la prueba de varianza, los resultados de esta prueba están mostrados en la figura 7. De los resultados mostrados en ambas figuras, podemos decir que se mejoró tanto en tiempo como en varianza.

Hypothesis Test Results		
Miu	108.10	42.80
Std. Dev.	3.6	1.2
X Bar	108.1	42.80
N	10	10
T exp	53.82	
V	11.0	
Pvalue	0.0000	
Alpha	0.05	
<i>Miu A is more than Miu B</i>		

**Figura 6**  
**Resultados de la Prueba de Hipótesis de Promedio**

Hypothesis Test Results		
	A	B
Sigma	3.6347	1.2293
V	9	9
F exp	8.74	
Pvalue	0.002	
Alpha	0.05	
<i>Variance A is more than Variance B</i>		

**Figura 7**  
**Resultados de la Prueba Hipótesis de Varianza**

## CONCLUSIÓN

Haciendo referencia a la hipótesis establecida, podemos concluir que con la alternativa dos se cumple la hipótesis de reducir el tiempo de movimientos en al menos un minutos. Pues con la alternativa dos se reduce un minuto con 5 segundos. Los resultados de este proyecto fueron discutidos con el dueño de la pizzería, quien quedó muy impresionado con el estudio hecho usando el diagrama de espaguetti. Se discutieron las dos alternativas recomendadas, que fueron las que significaban menos movimiento de todas las alternativas evaluadas. En conclusión, la mejor

alternativa es la presentada en la figura 4, pero queda a discreción del dueño hacer la inversión que requiere esa alternativa. Sin embargo no importa cuál alternativa seleccione el dueño, se estará minimizando la cantidad de movimientos innecesarios. Y con la reducción de movimientos innecesarios se logrará un tiempo de espera más corto para los clientes que esperan por su pizza. Pero el mayor impacto es que se estará mejorando las condiciones de trabajo del pizzero y este tendrá menos agotamiento.

## TRABAJO FUTURO

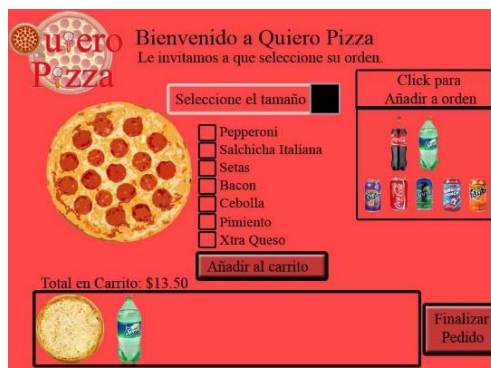
Dado que el proceso de mejoramiento debe ser continuo, se identificaron otras áreas para mejorar y que no fueron cubiertas en el alcance de este proyecto. Se deja dos recomendaciones para el futuro. La primera recomendación es hacer una evaluación del área trasera donde se decidió que solo se trabajará la preparación que cubre la fase en que la pizzería está cerrada.

La segunda recomendación es que a medida que los ingresos de la pizzería vayan aumentando se obtenga una aplicación de autogestión, una aplicación que funcione en una tableta y que se ubique cercano a la caja registradora. En esta aplicación el cliente podría hacer su orden y pagar si usa tarjeta de crédito o débito. La orden hecha por el cliente podría ser vista desde otra tableta que se ubique frente a la mesa de trabajo del pizzero. El pizzero solo tendría que ir a cobrar en caso de que el pago sea hecho en efectivo.

Esta aplicación agilizaría el proceso de preparación de pizza ya que permitiría al pizzero continuar confeccionando y entregando pizzas sin necesidad de interrumpir sus labores para tomar una orden. La figura 8 muestra un prototipo que se preparó para presentarle la idea al dueño de la pizzería y dejarle la recomendación.

## REFERENCIAS

- [1] B. Salazar, “Kaizen: mejora continua”, *IngenieríaIndustrialOnline.com*, 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/kaizen-mejora-continua/>. [Recuperado el 14 de diciembre de 2019].
- [2] E. García, “El ciclo de Deming: La gestión y mejora de procesos”, *Equipo Altrán*, Nov 10, 2016. [En línea]. Disponible: <https://equipo.altran.es/el-ciclo-de-Deming-la-gestion-y-mejora-de-procesos/> [Recuperado el 28 de diciembre de 2019].
- [3] B. Salazar, “Lean Manufacturing”, *IngenieríaIndustrialOnline.com*, 2016. [En línea] Disponible: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>. [Recuperado el 21 de diciembre de 2019].
- [4] Fundación Wikimedia, Inc, “Lean manufacturing”, *Wikipedia. La enciclopedia libre*, Nov 15, 2019. [En línea] Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing](https://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing). [Recuperado el 11 de enero de 2020].



**Figura 8**  
Aplicación de Autogestión Recomendada