

# Six Sigma and Logistics Process Improvement in the Construction Retail Industry.

## Seis Sigma y Mejora del Proceso Logístico en la Industria de Retail para Construcción.

Jaime Eduardo Gutiérrez -Ascón, Ingeniero<sup>1</sup>; Rubén Orlando Samanamud-Natividad, Ingeniero<sup>1</sup>; Lino Rolando Rodríguez -Alegre, Maestro<sup>1</sup>; Julio Fabián Amado-Sotelo, Ingeniero<sup>1</sup>; Máximo Darío Palomino-Tiznado, Maestro<sup>1</sup>; Ana Doris Magdalena Barrera-Loza, Doctora<sup>1</sup>; José Augusto Arias-Pittman, Doctor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Perú; [jgutierrez@unjfsc.edu.pe](mailto:jgutierrez@unjfsc.edu.pe), [samanamudruben@gmail.com](mailto:samanamudruben@gmail.com), [lrodriguez@unjfsc.edu.pe](mailto:lrodriguez@unjfsc.edu.pe), [jamado@unjfsc.edu.pe](mailto:jamado@unjfsc.edu.pe), [mpalominot@unjfsc.edu.pe](mailto:mpalominot@unjfsc.edu.pe), [abarrera@unjfsc.edu.pe](mailto:abarrera@unjfsc.edu.pe), [jarias@unjfsc.edu.pe](mailto:jarias@unjfsc.edu.pe)

**Abstract— Objective:** Apply Six Sigma to improve the logistics process of products in the construction retail industry. **Material and methods:** The research design is pre-experimental with two observations of applied type, longitudinal, explanatory and quantitative. The population of objects was conformed by the porcelain and ceramic line. Observation cards, historical database and simulation with Crystal Ball software were applied. **Results:** Six Sigma reduced the process time from 788.49 seconds to 616.08 seconds, which was simulated 10 000 times to determine the sigma level ( $\sigma$ ), registering the increase from 1.96 a 3.99. The forecast was made with ARIMA (1,0,0) to project the demand and apply the EOQ model, taking into account that The coefficient of variation of the demand was 0.07548. The order quantity and the reorder point, after simulating 15 situations of 10 000 times with Opt Quest, were 5800 and 600 units respectively, thus registering a decrease in S/. 29 144 to S/ 26 460. The new distribution of the warehouse was improved by reducing displacements from 41.05 to 31.78 meters. Deliveries improved errors from 2.36 to 0.97 per order. **Conclusion:** The application of Six Sigma improves the logistics process of products in the construction retail industry.

**Key words:** Computer simulation, Logistics, Quality management.

**Resumen: Objetivo:** Aplicar Seis Sigma para mejorar el proceso logístico de los productos en la industria minorista de la construcción. **Material y métodos:** El diseño de la investigación es pre-experimental con dos observaciones de tipo aplicado, longitudinal, explicativo y cuantitativo. La población de objetos estuvo conformada por la línea de porcelana y cerámica. Se aplicaron fichas de observación, base de datos histórica y simulación con el software Crystal Ball. **Resultados:** Seis Sigma redujo el tiempo del proceso de 788,49 segundos a 616,08 segundos, el cual fue simulado 10 000 veces para determinar el nivel sigma ( $\sigma$ ), registrando el incremento de 1,96 a 3,99. El pronóstico se realizó con ARIMA (1,0,0) para proyectar la demanda y aplicar el modelo EOQ, teniendo en cuenta que El coeficiente de variación de la demanda fue de 0,07548. La cantidad de pedido y el punto de reorden, luego de simular 15 situaciones de 10 000 veces con OptQuest, fueron 5 800 y 600 unidades respectivamente, registrando así una disminución de S/. 29 144 a S/ 26 460. La nueva distribución del almacén se mejoró reduciendo los desplazamientos de 41,05 a 31,78 metros. Las entregas mejoraron los errores de 2,36 a 0,97 por pedido. **Conclusión:** La aplicación de Seis Sigma mejora el proceso logístico de los productos en la industria minorista de la construcción.

**Palabras clave:** Simulación informática, Logística, Gestión de la calidad

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.789>  
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

### I. INTRODUCCIÓN

El sector de construcción y vivienda en el Perú se encuentra en expansión, teniendo en cuenta diferentes iniciativas estatales como el Fondo Mi Vivienda y el incremento del crédito hipotecario. De acuerdo a [1] la venta de viviendas en el departamento de Lima incrementará en 13.3% con respecto a las cifras del año 2018. Consiguientemente se tendrá también un incremento en la demanda de artículos para el hogar sobre todo en los negocios dedicados a la venta por menor. La industria de retail para construcción se dedica a este rubro, por lo que es importante conjugar esfuerzos dentro de la organización a fin de cumplir con los requerimientos de los clientes y la demanda creciente de los mismos.

Sumada a esta situación, el contexto post pandemia por COVID-19 a nivel mundial, representa grandes retos para las empresas, tal como afirma [2] “It has clearly demonstrated how fragile business is. It has created disruption in the supply chain both domestically and globally” (Ha demostrado claramente la fragilidad de los negocios. Ha creado una interrupción en la cadena de suministro tanto a nivel nacional como mundial) Lo que significa que el reto es mucho mayor para lograr cumplir con los requerimientos de los clientes y sobre todo la forma en que se ejecuta el servicio, tal como una de las conclusiones expuestas por [3] “How out-of-stock products and long waiting queues (both online and offline) reflect on consumers’ choices, sense of wellbeing, and affect toward the retailer” (Cómo los productos agotados y las largas colas de espera -tanto en línea como fuera de ella- se reflejan en las elecciones de los consumidores, su sensación de bienestar y su afecto hacia el minorista). Esta es pues, uno de los factores diferenciadores entre las organizaciones de servicio, por lo que se precisa de herramientas potentes para este tipo de ocasiones disruptivas, entre las cuáles se encuentran claramente una mejora de la gestión del proceso logístico y otra que permita generar escenarios ante la incertidumbre: La simulación. Los resultados que se obtienen a partir de la simulación de escenarios permiten identificar si una determinada metodología es adecuada o no en

las empresas y contribuye a una correcta toma de decisiones en un contexto de crisis, tal como concluye [4]

Uno de los principales esfuerzos que se consideran necesarios para la correcta atención de los clientes es entregar los productos que requiere en la cantidad, tiempo y lugar que necesite. En tal sentido, es primordial la función de la logística en este tipo de organizaciones de servicios, puesto que “Industrial production and logistics fulfil customer demands” [5] (La producción industrial y la logística satisfacen las demandas de los clientes) además ya [6] concluían que “We empirically investigate the relationship between logistics services and sales” (Investigamos empíricamente la relación entre los servicios logísticos y las ventas). Es necesario pues, lograr la mejora en el ámbito de la logística a fin de repercutir también en las ventas, que es el proceso principal de la empresa objeto de estudio.

Es por esto, que “Manufacturing and service organisations improve their processes on a continuous basis to have better operational performance” (Las organizaciones de fabricación y servicios mejoran sus procesos de forma continua para tener un mejor rendimiento operativo) [7]. En el caso de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME) están en la búsqueda de métodos que permitan mejorar el rendimiento de los sistemas en términos de calidad, costo y flexibilidad a fin de realizar una efectiva toma de decisiones [8]. Dentro de esta búsqueda se encuentran diversas metodologías y enfoques que permiten la mejora continua. Estrictamente en el campo de la logística, más concretamente en la gestión de la cadena de suministros, de acuerdo a [9] los enfoques orientados al cliente, proveedor y operaciones se alinean con la calidad a través de un marco organizacional reestructurado. Bajo este enfoque, las funciones de la logística se orientan hacia la consecución de la calidad y es un aspecto poco recurrente en las estrategias de las organizaciones, puesto al momento de no cometer defectos en producción, en el caso de industrias, se centra en una sola estrategia en lugar de un enfoque holístico para los óptimos globales [10]. En el caso de las organizaciones de servicio también es importante implementar metodologías que permitan tener un enfoque holístico, una de estas metodologías es el Seis Sigma.

La metodología Seis Sigma es potencialmente aplicable debido a la característica que tiene de identificar los problemas de variabilidad y dispersión de determinados indicadores o especificaciones en los procesos, procurar una mejora de procesos con base en el análisis de las causas de los defectos y controlar posteriormente esta implementación. De acuerdo con [11] “Performance improvement is a process to help team members meet or exceed the expectations of their customers” (La mejora del rendimiento es un proceso para ayudar a los miembros del equipo a cumplir o superar las expectativas de sus clientes); “Because most opportunities for improvement stem from identifying and correcting problems that arise during

the process, leaders should choose an appropriate methodology” [11] (Dado que la mayoría de las oportunidades de mejora provienen de la identificación y corrección de los problemas que surgen durante el proceso, los líderes deben elegir una metodología adecuada) El enfoque hacia el cliente es primordial en la aplicación de esta metodología.

Es en este caso, que combinando el enfoque holístico y las características del Seis Sigma que se plantea la aplicación en los inventarios, el almacenamiento y distribución de productos en la industria de retail para construcción, considerando que un mal manejo de información de la cadena logística disminuye la confianza entre proveedores y clientes, confundiendo también la toma de decisiones [12]. Tomando el caso de los inventarios, una mala planificación de las compras sin sustento de un modelo de gestión de inventarios puede crear dos escenarios: Mantener altos niveles de inventarios sin generar rotación de los productos y por ende incrementando los costos de mantenimiento de los mismos y de capital; y por otro lado, el desabastecimiento de determinado producto que el cliente requiere, lo que genera costo por ventas perdidas y en el peor de los casos la pérdida del cliente y por consiguiente la reputación de la organización se puede ver afectada [13][14]. Al ser entonces, las ventas el núcleo de las empresas de servicio de comercialización, el principal proceso es el de atención al cliente con la consecución de entrega de producto conforme al cliente. En este proceso, conformado a su vez por varias actividades, se producen también defectos como el mencionado con la planificación del inventario. A su vez, se suman las carentes distribuciones de espacios de almacenamiento, lo que influye negativamente en el tiempo de atención y la manipulación de los productos. Es por este sentido que, como se explicó anteriormente, se hace necesario la adopción de medidas que permitan eliminar los defectos ocasionados en la planificación de los inventarios, la distribución de espacios físicos y los procesos de despacho al cliente de productos.

Por último cabe mencionar que los programas de mejora de procesos implementados por las organizaciones, desarrollan un ambiente de creatividad basado en la mejora del flujo de información entre los participantes de la implementación [15]. Por lo que es necesario promover la participación de los colaboradores en el contexto de la implementación de mejoras a fin de generar ideas creativas para la solución de los problemas. Por otra parte, se debe asegurar también un correcto flujo de información con sustento en base de datos históricos de las organizaciones. Este es un inconveniente que se ve a menudo en las PYMES, puesto que no cuentan con los registros necesarios y que complica también la adopción de diversas estrategias a futuro. Es importante considerar los métodos de pronóstico “for both demand and order- fulfillment planning” (para la planificación de la demanda y el

cumplimiento de los pedidos) [16] sobre todo en las organizaciones dedicadas a la comercialización de productos a fin de alinear las estrategias de acuerdo a los resultados que estas proyecciones brindan con base en datos históricos.

Una de las utilidades de tener en consideración son las estrategias basadas en el flujo de información especialmente el conocimiento de la demanda en las organizaciones. Ya en el año 2008, se evidenció esta necesidad mediante el estudio del impacto que tenían los cambios de la demanda en las organizaciones, específicamente poniendo a prueba la agilidad de sus inventarios [17]. En la presente investigación, se demuestra también la importancia de contar con un pleno conocimiento de la demanda a fin de manejar los niveles de inventario y, plantear acciones con respecto al pronóstico que se haga de la misma con el empleo del software Crystal Ball, ya que la simulación se convierte en un gran aporte en la toma de decisiones en el marco de la implementación de acciones de mejora [18].

El método de investigación es implementar el Seis Sigma a través de la metodología Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar (DMAIC) en las actividades logísticas de la línea de porcelanatos y cerámicos de la industria de retail para construcción. Comparando los resultados pre y post test de las actividades involucradas en el proceso logístico de la organización.

Se logró disminuir el tiempo de proceso de 788.49 a 616.08 segundos. Al aplicar la prueba de  $t_{Student}$  para muestras relacionadas, se obtuvo un valor del estadístico  $t_{Student}$  de 3.295 que es mayor que el  $t_{crítico}$  de 1.645. Por lo que se concluye con un nivel de confiabilidad del 95% que la aplicación del Seis Sigma mejora significativamente el proceso logístico de la industria de retail para construcción.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación es tipo aplicada y enfoque cuantitativo. El diseño que se siguió es explicativo, en el modelo pre experimental con dos observaciones. Las variables que se han estudiado han sido: Seis Sigma como variable independiente con sus dimensiones del proceso DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar) y como variable dependiente el proceso logístico con sus dimensiones de inventarios, almacenamiento y distribución.

La hipótesis general fue: La aplicación de Seis Sigma mejora el proceso logístico de productos en la industria de retail para construcción. El objetivo general fue: Aplicar Seis Sigma para mejorar el proceso logístico de productos en la industria de retail para construcción.

Para recolectar la información de la empresa se analizaron los registros de la empresa en relación a las ventas, movimientos en los almacenes y registros contables. Estos datos se procesaron de acuerdo a la dimensión, en el caso de los inventarios se realizó el cálculo del modelo de inventarios

con el software WinQSB para posteriormente simular los resultados con Oracle Crystal Ball y optimizarlo con la herramienta Opt Quest. En el caso del layout de almacén se empleó también el software WinQSB. El nivel sigma se calculó con Oracle Crystal Ball.

Lo primero que se realizó fue acopiar la información con respecto al ingreso por ventas de los productos que comercializa la empresa para determinar la familia que se iba a analizar. Como producto del análisis de Pareto se encontró que las líneas de porcelanato y cerámico representan el 60% acumulado del total por ingreso de ventas en el período de diciembre del 2018 a noviembre del 2019. Por lo que la población objeto está compuesta de órdenes de venta de porcelanato y cerámico en una semana. El cálculo de la muestra ajustada fue de 36 órdenes de venta para realizar el análisis con el DMAIC y los indicadores del proceso logístico de las variables de investigación.

Luego de esto, se calcularon los para cada dimensión orientados a las líneas de porcelanato y cerámico en la industria de retail para construcción. Posteriormente, con la aplicación de las fases del DMAIC se obtuvieron los resultados post test, con los cuáles se realizaron las pruebas de hipótesis de diferencia de medias entre los resultados antes (Pre test) y después (Post test) de la implementación.

## III. RESULTADOS

### D1: Definir

Para realizar esta primera fase, se caracterizó el proceso logístico y la contribución que tiene con el proceso de ventas como procesos misionales de la empresa. Debido pues, que la organización debe proveer a sus clientes los productos que solicitan en el tiempo, calidad y cantidad adecuadas es importante que el proceso logístico, y cada una de las actividades que lo componen, se realicen orientados hacia lo que requiere el cliente, tanto interno como externo.

Para poder determinar cuáles son estos requerimientos de los clientes, se deben identificar primero quiénes son estos actores; por lo que se realizó un diagrama SIPOC para conseguir este fin.

TABLA 1  
DIAGRAMA SIPOC DE LA INDUSTRIA DE RETAIL PARA CONSTRUCCIÓN

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
*Gerencia General	Requerimiento de material	Comprar materiales	Orden compra	Área contable
*Celima-Trébol, tienda mayorista	Artículos	Almacenar y custodiar materiales	Inventario de materiales	Ejecutivos de ventas
*Ejecutivos de ventas	Proforma	Realizar la venta	Orden de venta	Encargado despacho
Encargado de despacho	Orden de despacho	Despachar mercadería	Artículos despachados	Tienda minorista, usuario final



inventarios de la muestra de objetos. Estos costos están determinados por el costo de ordenar y costo de mantener inventarios, los que permitieron elaborar el modelo de gestión de inventarios adecuado. En la tabla se muestra el resultado de los costos.

TABLA 4  
COSTOS ASOCIADOS AL INVENTARIO

Tipo de costo asociado al inventario	Monto
Costo de ordenar	2 774.90 soles/orden de compra
Costo de mantener inventario	0.38 soles/unidad

Con estos datos se desarrolló el modelo de gestión de inventarios que se presenta en la propuesta de mejora.

D3: Analizar

Uno de los resultados que se obtuvo de la simulación del tiempo de ciclo del proceso con el software Crystal Ball es el gráfico de análisis de sensibilidad de contribución en la varianza. En la Fig. 3 se muestra el gráfico y se tiene como principales actividades que generan mayor contribución al tiempo de ciclo a la búsqueda de materiales y a la generación de orden de venta con un 47.4% y un 26.1% respectivamente, por lo que el análisis va a ir orientado hacia estas dos actividades.

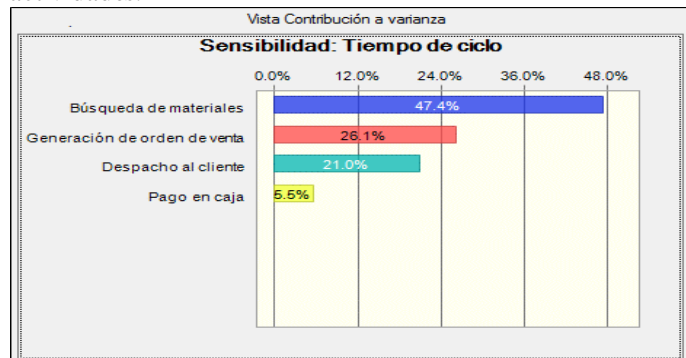


Fig. 3. Análisis de sensibilidad

Entre las herramientas para el análisis de las actividades, se encontró que el Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) representaba gran utilidad para la determinación posterior de los controles, por lo que se aplicó en las siguientes actividades: Recepción de materiales, almacenamiento propiamente dicho, control de inventarios y despacho al cliente. Los resultados de

los números prioritarios de riesgo (NPR) según Fig.4

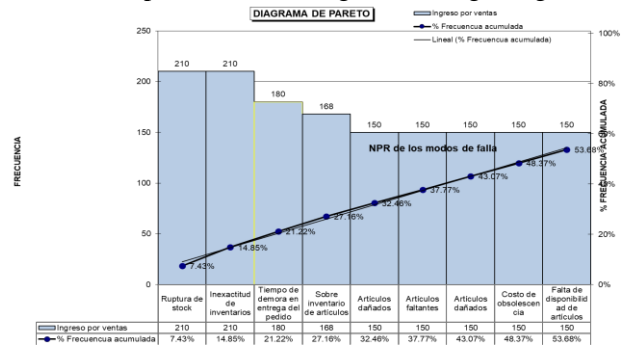


Fig. 4. Diagrama Pareto de resultados del AMEF

Según los resultados, se observó que los principales modos de falla hacían referencia al hecho de no contar con un modelo de gestión de inventarios (Ruptura de inventarios, inexactitud de inventarios, sobre inventario, costo de obsolescencia) y al almacenamiento de los productos (Tiempo de demora y condición de los artículos). Ahora, a fin de complementar los datos para el inicio del planteamiento de las acciones de mejora, se analizaron las dos actividades que más aportaban al tiempo de ciclo a través de gráficos de control, las cuales se muestran en las Fig. 5 y Fig. 6

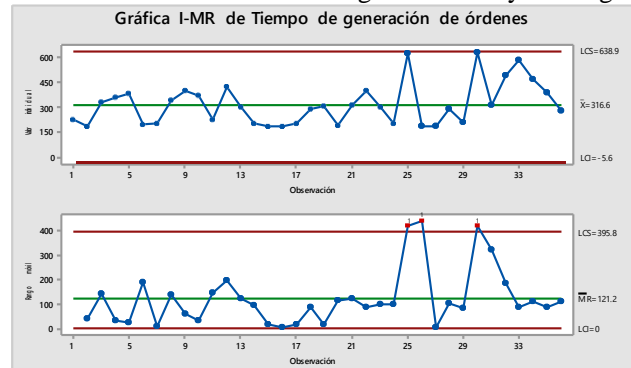


Fig. 5. Gráficas de control de tiempo de generación de órdenes de venta

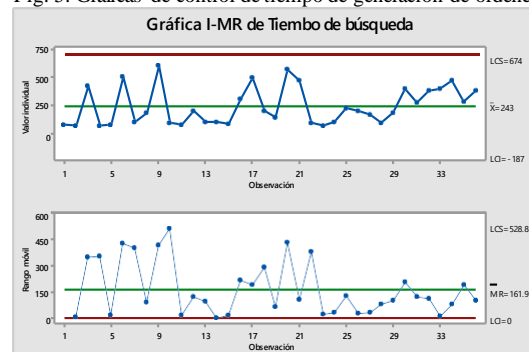


Fig. 6. Gráficas de control del tiempo de búsqueda.

En las observaciones de las actividades se encontraron los principales inconvenientes: El inventario virtual no coincidía con el inventario físico o en todo caso no se contaba con la cantidad en inventario de determinados artículos, los materiales se encontraban mal ubicados en el almacén, lo que generaba retrasos en la búsqueda y demoras con el sistema. Puesto que uno de los principales problemas es la falta de un modelo de gestión de inventarios y se necesita determinar la naturaleza de la demanda, se realizó el análisis de la variabilidad de la misma en el período de diciembre del 2018 a noviembre del 2019 de acuerdo a la ecuación de Peterson Silver.

$$CV = \left[ \frac{\sum_{t=1}^n D_t^2}{\left( \sum_{t=1}^n D_t \right)^2} \right] - 1 \tag{2}$$

El coeficiente de variación de la demanda fue de 0.07548 que al ser menor que 0.25 se asumió como una demanda constante y por consiguiente se eligió el modelo del lote económico EOQ para la determinación del modelo de gestión de inventarios. Para el desarrollo de este modelo era necesario calcular la proyección de la demanda para el mes de diciembre del 2019 según los datos históricos. Esto se realizó con la herramienta Predictor del software Crystal Ball, lo que se muestra en la Fig.7.



Fig. 7. Proyección de la demanda

El mejor método de pronóstico seleccionado por la herramienta Predictor fue el ARIMA (1,0,0) cuya ecuación para el presente modelo está determinado por la siguiente ecuación.

$$y_t = 0.1649y_{t-1} + \epsilon_t \tag{3}$$

Siendo el valor para el mes de diciembre del 2019 de 1158.92 unidades de porcelanato y cerámico, teniendo como límites inferiores y superiores con confiabilidad del 95% de: 541.21 y 1776.63 unidades respectivamente. Con esta información se realizó posteriormente el EOQ.

D4: Mejorar

Se determinó que el formato que genera mayores ingresos por ventas de los porcelanatos y cerámicos era el de 60x60 cm, con una participación del 51.09% por lo que se eligió para el desarrollo del modelo EOQ, el que se calculó con el software WinQSB. El resultado fue S/. 2.290.63 y para un año es de S/. 27 487.56 teniendo en cuenta que el punto de reorden fue de 622 unidades y la cantidad de pedido de 6 028 unidades. Este es el costo que se va a comparar con la salida de la simulación, teniendo en cuenta la información semanal de movimiento del inventario y considerando que siguen una distribución normal. Como se aprecia en la Fig. 8 el costo total anual promedio luego de desarrollar el modelo EOQ y simularlo 10 000 veces es de S/.26 987 con una certeza del 95.10% que este costo se encuentre entre S/.26 362 y S/27 490.

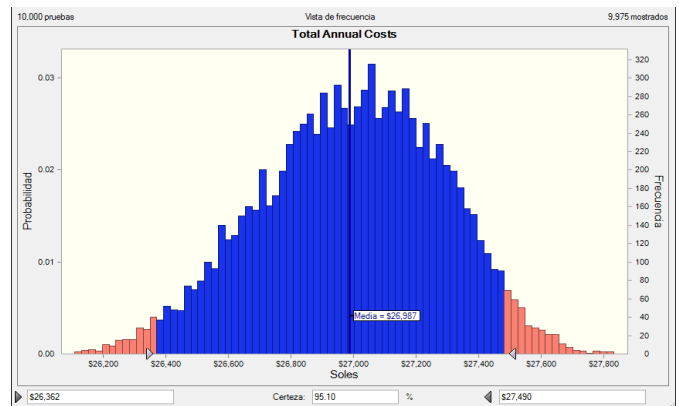


Fig. 8. Simulación del costo total anual

Se decidió luego de obtener la salida optimizar la cantidad de pedido (Q) y el punto de reorden (R) a fin de minimizar el costo total relacionado a los inventarios. La optimización se alcanza según la ecuación (4)

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{n=52} (C_n(Q,R) / n) \tag{4}$$

La minimización del costo total anual, se calculó empleando el promedio de los costos semanales que representaban los datos ingresados para la simulación anterior. Crystal Ball ofrece una herramienta Opt Quest, según Fig.9 la misma que generó 15 escenarios con las 10 000 simulaciones a fin de obtener una nueva cantidad de pedido de 5 800 unidades y punto de reorden de 600 unidades del formato de porcelanato y cerámico. Esto representó un costo total anual promedio de S/. 26 987



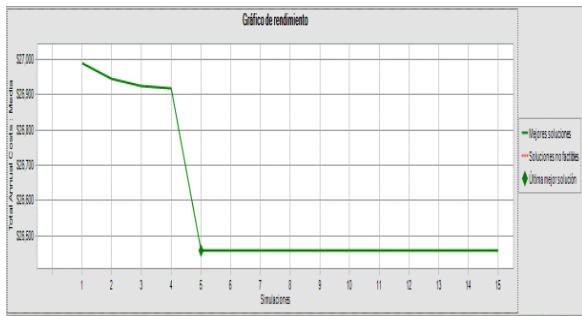


Fig. 9. Optimización del EOQ con Opt Quest

Otro de los aspectos relevantes que se identificó en los pasos anteriores, es que el tiempo de búsqueda de materiales se incrementaba por el hecho de no contar con una adecuada distribución de los materiales en el almacén. Para mejorar la situación, se empleó el software WinQSB logrando nueva distribución sectorizada de los artículos. Se estudiaron entonces las órdenes de venta y los movimientos de producto de acuerdo a los registros de entradas y salidas en el sistema de la empresa. Con el apoyo de una representación de coordenadas del almacén, se ingresó la información del flujo de materiales entre cada estación. Esto permitió obtener las distancias euclidianas entre cada uno de los sectores del almacén y analizar la cantidad de metros recorridos para la atención de las órdenes de venta que eran objeto de estudio. Con esto se obtuvo que en la situación inicial se recorrían 1 477.83 metros para la atención de las 36 órdenes de venta. Posteriormente, se diseñaron dos nuevos escenarios del layout con el intercambio de dos y tres estaciones respectivamente. El layout con dos intercambios obtuvo el menor recorrido, con 1 143.96 metros para la atención de todas las órdenes. Ahora, considerando que la velocidad promedio del recorrido es de 4 km/h y la optimización del recorrido, se ahorran 0.834675 horas por cada trabajador del almacén, lo que significa un ahorro del \$/5.21 por cada persona que realiza la función de almacenar los artículos.

Producto de las mejoras alcanzadas en cada una de las dimensiones anteriores (Inventario, almacenamiento y distribución), se alcanza la mejora global del proceso logístico de la empresa expresado en el tiempo de proceso. Además, por medio de la simulación realizada en la dimensión DMAIC se lograron resultados dinámicos. El tiempo de ciclo post test, luego de las mejoras, se redujo el tiempo de ciclo promedio del proceso a 616.08 segundos, lo que representó un 21.87% de mejora. De la misma forma, se logró una mejora del nivel sigma y por consiguiente de los defectos por millón de oportunidades, siendo inicialmente el  $Z_{st1}(\sigma_1)$  de 1.96 y luego de la implementación se alcanzó 3.99; esto quiere decir que se logró una mejora del 103.57%. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos para cada uno de los indicadores de la variable del proceso logístico.

TABLA 5  
INDICADORES DEL PROCESO LOGÍSTICO

Variable	Pre test	Post test	Brecha
Tiempo de proceso	788.49 s	616.08 s	21.87%
Costos de inventarios	S/. 29 144	S/. 26 460	9.21%
Desplazamiento	41.05 m	31.78 m	22.59%
Errores por orden	2.36	0.97	58.82%

### Contrastación de hipótesis

$H_0$ : La aplicación de Seis Sigma no mejora el proceso logístico de productos en la industria de retail para construcción.  $H_1$ : La aplicación de Seis Sigma mejora el proceso logístico de productos en la industria de retail para construcción.

Nivel de significancia del 5% donde  $\alpha=0.05$

Criterio de decisión: se rechaza la  $H_0$  si:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$

Valor crítico del estadístico de prueba

$$t_{\text{crítico}}(g; \alpha) = t_{\text{crítico}}(35; 0.05) = 1.645$$

Valor calculado del estadístico de prueba

$$t_{\text{calculado}} = (\bar{x} - \mu) / (s_d / \sqrt{n}) \quad (5)$$

Donde:

$\bar{x}$ : media muestral

$\mu$ : media poblacional

$s_d$ : desviación estándar de las diferencias

$n$ : tamaño de la muestra

$$t_{\text{calculado}} = (788.49 - 616.08) / (313.95 / \sqrt{36}) = 3.295$$

Puesto que el  $t_{\text{calculado}}$  (3.295) es mayor que el  $t_{\text{crítico}}$  (1.645) cae en la región de rechazo, se acepta la  $H_1$  y se rechaza la  $H_0$ . Por lo tanto, se concluye que la aplicación de Seis Sigma mejora el proceso logístico de productos en la industria de retail para construcción.

Para la primera hipótesis específica se obtuvo lo siguiente:

$H_0$ : La aplicación de Seis Sigma no reduce el inventario de productos en la industria de retail para construcción.

$H_1$ : La aplicación de Seis Sigma reduce el inventario de productos en la industria de retail para construcción.

Nivel de significancia del 5% donde  $\alpha=0.05$

Criterio de decisión: se rechaza la  $H_0$  si:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$

Valor crítico del estadístico de prueba

$$t_{\text{crítico}}(g; \alpha) = t_{\text{crítico}}(53; 0.05) = 1.645$$

Valor calculado del estadístico de prueba

$$t_{\text{calculado}} = (3\ 779.07 - 2\ 602.19) / (2\ 884.53 / \sqrt{54}) = 2.998$$

Puesto que el  $t_{\text{calculado}}$  (2.998) es mayor que el  $t_{\text{crítico}}$  (1.645) cae en la región de rechazo, se acepta la  $H_1$  y se rechaza la  $H_0$ . Por lo tanto, se concluye que la aplicación de Seis Sigma reduce el inventario de productos en la industria de retail para construcción. De igual manera se obtuvo para las hipótesis específicas referidas a: Seis Sigma y almacenamiento y Seis Sigma y distribución. Para lo cual el Seis Sigma mejora estas dos actividades del proceso logístico.

#### IV. CONCLUSION

Con respecto al problema general, se aplica la metodología Seis Sigma para la mejora del proceso logístico en la industria de retail para construcción. Esto se logra mediante la implementación del ciclo DMAIC en el que a partir de determinadas herramientas se desarrollan las acciones de mejora que permiten, en primer término, disminuir el tiempo de ciclo promedio del proceso de 788.49 a 616.08, lo que representa una disminución del 21.87%. Los resultados obtenidos en el post test, se simulan 10000 veces concluyendo así que con un 99.37% de certeza se asegura que el proceso se culmine antes de los 900 segundos que es el estándar establecido por la gerencia. Esta diferencia sí resulta significativa, puesto que al aplicar la prueba de  $t_{\text{Student}}$  para muestras relacionadas, se obtiene un valor del estadístico  $t_{\text{calculado}}$  de 3.295 que es mayor que el  $t_{\text{crítico}}$  de 1.645. Por lo que se concluye con un nivel de confiabilidad del 95% que la aplicación del Seis Sigma mejora significativamente el proceso logístico de la industria de retail para construcción. De la misma forma, se logra una mejora del nivel sigma y por consiguiente de los defectos por millón de oportunidades, siendo inicialmente el  $Z_{\text{st1}}$  ( $\sigma_1$ ) de 1.96 y luego de la implementación se alcanzó  $Z_{\text{st2}}$  ( $\sigma_2$ ) 3.99 equivalente a 6426 DPMO. Concordante con [8] quien encuentra que la agilidad de los inventarios está positivamente asociada con una serie de métricas de rendimiento financiero durante los períodos de crisis y distingue entre excesos y los déficits de inventario descubriendo que durante la crisis, ambos están asociados a un menor rendimiento financiero; crisis que son resueltas por intermedio de gestión de la calidad por tanto, la aplicación de métricas en el proceso logístico aportan beneficios económicos a la empresa. Igualmente [7] concluye afirmando que las organizaciones de fabricación y servicios mejoran sus procesos de forma continua para tener y mayor rendimiento operativo utilizando Lean Seis Sigma para mejorar sus procesos y tomar decisiones más seguras y predecibles en cada fase de Lean Seis Sigma como una fase superior al proceso Seis Sigma. Finalmente [9] muestra la importancia de la gestión de la cadena de suministro como un componente del proceso logístico y un importante constructo organizativo con una influencia directa positiva y significativa en los resultados de la organización.

#### *Aportaciones teóricas*

Esta investigación considera a criterio contribuciones teóricas de importancia clave como la contribución a la literatura al integrar Seis Sigma y el proceso logístico ofreciendo un marco organizativo con una importantísima poder de predicción que nos permite la simulación estocástica de los resultados organizativos.

Los resultados de este estudio muestran un marco a manera de propuesta rebatible con un bajísimo coeficiente de variación de solo el 7.5% como resultado de la gestión de la calidad con ajuste Seis Sigma y además, una gestión del pronóstico que proyecta la demanda con arreglo ARIMA (1,0,0) para una simulación dinámica estocástica de diez mil veces.

En este estudio, el papel del constructo de Seis Sigma y sus dimensiones y la mejora consecuente del proceso logístico, tiene una influencia significativa estadísticamente en la categoría de resultados del proceso logístico.

Por último, contribuye a la literatura sobre la integración de Seis Sigma y proceso logístico al integrarlos en un marco organizativo centrado en la calidad tras aplicar los componentes DMAIC y la logística. Esta investigación puede contribuir a configurar el futuro de los marcos investigativos integrando herramientas de la nueva Revolución Industrial 4.0 como Minería de Datos, Big Data y Machine Learning en la toma de decisiones minimizando el riesgo en la toma de decisiones.

#### *Aportaciones prácticas*

Esta investigación destaca que, aunque la Gestión de Seis Sigma como herramienta de calidad a través de sus componentes o dimensiones del proceso DMAIC en términos de teoría previa, se ha desarrollado un nuevo marco que muestra explícitamente el constructo y su potencial efecto en la logística al procesar con menor probabilidad el riesgo de las decisiones empresariales, tomadas con enfoque dinámico de la simulación estocástica probando miles de veces los escenarios de la demanda. Igualmente es posible ejecutar pronósticos para evaluar y medir los parámetros industriales de transformación o comercialización con mayor exactitud minimizando el riesgo de pérdidas de recursos.



Los resultados de la evaluación comparativa de las variables, permitirá a las organizaciones en general comprender las aportaciones y rendimiento de constructos con eje central en la calidad dentro de nuevas propuestas organizativas. De esta manera, migramos de los procesos de toma de decisiones analíticas simples, para ingresar al nuevo escenario de las organizaciones actuales que están adoptando nuevas tecnologías digitales para las evaluaciones y mediciones, cuyos resultados contribuyen a la toma de decisiones en tiempo real.

La información extraída en este estudio; esperamos, mejorará la toma de decisiones, estableciendo el umbral del riesgo del cual deben alejarse los funcionarios tomadores de decisiones y lograr el liderazgo.

### Limitaciones y futuras investigaciones

Creemos que nuestros indicadores son perfectamente representativos de los componentes o dimensiones para medir el nivel Seis Sigma; pero, hay distintos parámetros a considerar como formas alternativas de operacionalización de las dimensiones que podrían aportar hallazgos diferentes confirmatorios como contextualizar ítems o reactivos de la literatura existente.

Consideramos que esta investigación emplea datos transversales que se ponen a prueba en el modelo de investigación planteando hipótesis después de proponer un marco organizativo. Sin embargo, para futuras investigaciones se sugiere que se entrevisten a los dueños del problema desde los proveedores, pasando por los colaboradores, funcionarios, hasta los clientes finales a fin de evaluar de manera integral como es que la mejora de la calidad, permite evaluar cuantitativamente el proceso logístico y cualitativamente la percepción del buen servicio recibido por el cliente.

Aunque, consideramos que la muestra es eficaz para este estudio, creemos que futuros estudios que diseñen muestras de tamaño diferente y enfoques más amplios, ayudarán a confirmar y delimitar mejor las restricciones referidas a la aplicabilidad de los actuales resultados.

### REFERENCIAS

[1] CAPECO, “Hoja 1 de 1,” 27/08/2019, 2019.  
 [2] J. Sheth, “Business of business is more than business: Managing during the Covid crisis,” *Ind. Mark. Manag.*, vol. 88, no. May, pp. 261–264, 2020, doi: 10.1016/j.indmarman.2020.05.028.  
 [3] E. Pantano, G. Pizzi, D. Scarpi, and C. Dennis, “Competing during a pandemic? Retailers’ ups and downs during the COVID-19 outbreak,” *J. Bus. Res.*, vol. 116, pp. 209–213, 2020, doi:

10.1016/j.jbusres.2020.05.036.  
 [4] D. Ivanov, “Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case,” *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 136, no. March, p. 101922, 2020, doi: 10.1016/j.tre.2020.101922.  
 [5] S. Winkelhaus and E. H. Grosse, “Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 1, pp. 18–43, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1612964.  
 [6] J. Luo, Y. Rong, and H. Zheng, “Impacts of logistics information on sales: Evidence from Alibaba,” *Nav. Res. Logist.*, no. February 2019, pp. 1–24, 2020, doi: 10.1002/nav.21884.  
 [7] S. Gupta, S. Modgil, and A. Gunasekaran, “Big data in lean six sigma: a review and further research directions,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 3, pp. 947–969, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1598599.  
 [8] S. Mittal, M. A. Khan, J. K. Purohit, K. Menon, D. Romero, and T. Wuest, “A smart manufacturing adoption framework for SMEs,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 5, pp. 1555–1573, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1661540.  
 [9] X. Peng, V. Prybutok, and H. Xie, “Integration of supply chain management and quality management within a quality focused organizational framework,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 2, pp. 448–466, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1593548.  
 [10] F. Psarommatas, G. May, P. A. Dreyfus, and D. Kiritsis, “Zero defect manufacturing: state-of-the-art review, shortcomings and future directions in research,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 1, pp. 1–17, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1605228.  
 [11] A. Dawson, “A Practical Guide to Performance Improvement: Implementation of Systematic Methodologies,” *AORN J.*, vol. 110, no. 1, pp. 40–48, 2019, doi: 10.1002/aom.12723.  
 [12] J. Yang, F. Meng, S. Huang, and Y. Cui, “Process capability analysis for manufacturing processes based on the truncated data from supplier products,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–17, 2019, doi: 10.1080/00207543.2019.1675916.  
 [13] G. Demirel, B. L. Maccarthy, D. Ritterskamp, A. R. Champneys, and T. Gross, “Identifying dynamical instabilities in supply networks using generalized modeling,” *J. Oper. Manag.*, vol. 65, no. 2, pp. 136–159, 2019, doi: 10.1002/joom.1005.  
 [14] L. He, Y. Rong, and Z. J. M. Shen, “Product Sourcing and Distribution Strategies under Supply Disruption and Recall Risks,” *Prod. Oper. Manag.*, vol. 29, no. 1, pp. 9–23, 2020, doi: 10.1111/poms.13065.  
 [15] S. T. Collins and T. R. Browning, “It worked there, so it should work here: Sustaining change while improving product development processes,” *J. Oper. Manag.*, vol. 65, no. 3, pp. 216–241, 2019, doi: 10.1002/joom.1010.  
 [16] A. Narayanan, F. Sahin, and E. P. Robinson, “Demand and order-fulfillment planning: The impact of point-of-sale data, retailer orders and distribution center orders on forecast accuracy,” no. February, pp. 1–19, 2019, doi: 10.1002/joom.1026.  
 [17] M. Udenio, K. Hoberg, and J. C. Fransoo, “Inventory agility upon demand shocks: Empirical evidence from the financial crisis,” *J. Oper. Manag.*, vol. 62, no. August, pp. 16–43, 2018, doi: 10.1016/j.jom.2018.08.001.  
 [18] A. Goienetxea Uriarte, A. H. C. Ng, and M. Urenda Moris, “Bringing together Lean and simulation: a comprehensive review,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 1, pp. 87–117, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1643512.