

# **Mejoras al Sistema Operacional de Compañía Privada para el Proyecto de Limpieza de Líneas Sanitarias en el Área Metropolitana**

*Itzia I. Santiago Colón*

*Maestría en Ingeniería en Ingeniería de Manufactura*

*Mentor: Rafael Nieves, PharmD.*

*Departamento de Ingeniería Industrial y Sistemas*

*Universidad Politécnica de Puerto Rico*

**Abstracto** – Mejoras en el proceso operacional de limpieza de líneas sanitarias para la compañía del sector privado utilizando metodologías conocidas en el área de innovación de procesos. Se busca identificar mejoras a establecerse en el proceso de operación al utilizar herramientas de análisis de resultados para la optimización del proceso. Esta nueva metodología para aplicarse en la compañía privada brindará reducciones financieras al igual que en el tiempo de finalización de las tareas a ejecutarse para el cumplimiento de metas establecidas. Brindará mayores oportunidades de empleo y la satisfacción de este y futuros clientes será alcanzada.

**Términos Claves** — Autoridad de Acueductos y Alcantarillados, DMAIC, Sistema Sanitario, Six Sigma.

## **DECLARACIÓN DEL PROYECTO**

Durante el huracán María que enfrentó Puerto Rico, muchas de las tuberías sanitarias del país sufrieron obstrucción por materiales desconocidos en conjunto con la falta de mantenimiento al sistema. Este evento causó muchas inundaciones en especial al área metropolitana (figura 1). Al investigar el asunto, la agencia de protección ambiental conocida por sus siglas, EPA, le solicitó a la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) que la limpieza de las tuberías era requerida inmediatamente. La AAA para cumplir con este requisito debido a su falta de personal para ejecutar las tareas contrató a una compañía del sector privado para proveer el servicio. Durante el transcurso del proyecto es evidente que la compañía privada no cuenta con un sistema operacional adecuado para cumplir con las metas establecidas al inicio del proyecto y cuenta con varias áreas de oportunidad para mejoras.



**Figura 1**

**Inundaciones Área Metropolitana tras Huracán María [1]**

## **Descripción de la Investigación**

El enfoque de esta investigación es identificar áreas de mejoras en el proceso operacional para cumplir con metas establecidas en el proyecto de limpieza de líneas sanitarias en el área metropolitana de Puerto Rico. Se utilizarán metodologías conocidas en la industria para ayudar en el estudio de la operación actual y proveer soluciones, mejorando los niveles de eficiencia en el proceso. Estas mejoras buscan conseguir el desarrollo de un nuevo sistema operacional capaz de alcanzar las metas del proyecto dentro de los tiempos establecidos.

## **Objetivos**

El objetivo principal de esta investigación es encontrar mejoras en el proceso de limpieza de líneas sanitarias de la compañía privada para alcanzar un sistema operacional capaz de cumplir con las expectativas del proyecto. Estas nuevas estrategias como consecuencia ayudan a mejorar la organización, cumplimiento de metas diarias y comunicación entre los miembros del equipo de la compañía. La aplicación de la metodología logrará una mejora en la eficiencia general del proceso.

## **Contribuciones**

Este estudio identificará formas de que la compañía privada cumpla con las metas

establecidas por la AAA al inicio del proyecto a través de mejoras en el proceso operacional. Esta nueva metodología a ser aplicada en la compañía privada brindará reducciones financieras al proyecto al igual que en el tiempo de finalización de las tareas a ejecutarse. De igual forma, los análisis y resultados generados durante el estudio servirán de base para la compañía para desarrollar un sistema operacional eficaz a ser implementado en futuros proyectos. Este le brindará mayores oportunidades de empleo y la satisfacción del cliente será alcanzada.

## REVISIÓN DE LITERATURA

La empresa privada analizada durante este proyecto es una Industria establecida en 1961 especializada en brindar servicios eléctricos y de plomería a residencias, comercios e industrias. Estos servicios brindados 24 horas al día los 7 días de la semana incluyen servicios en el área de destape de plomerías, vaciados de pozos sépticos, trampas de grasa y alcantarillados y por último renta de baños portátiles. Uno de los servicios principales para la compañía lo es la limpieza y succión de las líneas del sistema sanitario. Estas requieren servicio debido a grasas y materiales que al llegar a las redes de alcantarillado se endurecen y progresivamente forman tacos de sebo que obstruyen las tuberías.

Una red de alcantarillado obstruida crea serios problemas que afectan la integridad de la tubería, pero también generan riesgos para la salud pública. Es por ello que la limpieza de líneas de alcantarillado es un tema que debe interesar a los encargados de mantenimiento en comunidades, grandes empresas, ayuntamientos y fincas, así como a los ciudadanos y propietarios de viviendas en cualquier ciudad o área rural. La falta de limpieza de líneas de alcantarillado causa problemas como desbordamiento de aguas residuales en vías públicas, contaminación del medio ambiente y proliferación de enfermedades.

Una red obstruida, por lo general ofrece señales previas al bloqueo completo. Entre ellas:

- Sonidos burbujeantes que provienen de la tubería.
- Agua que no desciende por los canales de desagüe a velocidad normal.
- Malos olores provenientes de los desagües.
- Retorno de aguas residuales.

La compañía cuenta con equipos complejos, desde camiones de chorro de agua a alta presión hasta serpientes de alcantarillado eléctrico, a camiones cisterna con remolque de tractor equipados con bombas de vacío (figura 2). El equipo está especialmente diseñado para combatir el bloqueo de aguas residuales más difícil. La varilla de limpieza se extiende a más de 1000 pies a través de tuberías de 6 "a 36" de diámetro y gira a varias velocidades, eliminando el difícil bloqueo en cuestión de minutos.



**Figura 2**  
**Camión Cisterna**

Los camiones de presión de chorro de agua industriales utilizados (figura 3) producen un chorro de agua con 3000 libras de presión por pulgada cuadrada. Esta corriente se dirige hacia adelante, hacia los lados y hacia atrás, lo que permite una cobertura total para expulsar la suciedad, los residuos y los sedimentos a través del sistema y dejar las tuberías en condiciones de funcionamiento limpio. El sistema de chorro de agua industrial ha demostrado ser una herramienta invaluable en grandes complejos comerciales y sitios industriales donde las tuberías se extienden largas distancias. El sistema maneja tuberías de 6 "a 36" de diámetro [2].



**Figura 3**

**Camión de Agua de Alta Presión**

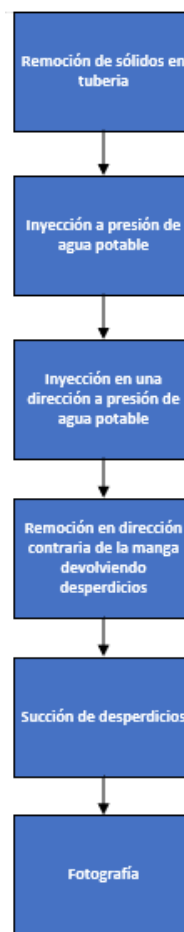
El sistema de presión de chorro de agua portátil se utiliza para limpiar las trampas de grasa dentro de su sistema de plomería. Este servicio es especialmente importante para los restaurantes, hoteles e industrias relacionadas con la alimentación, donde se están aplicando regulaciones muy estrictas con respecto a la eliminación de grasas. De igual manera, se mantiene una flota de camiones de vacío, cada uno con bombas de vacío a bordo para eliminar los sólidos y líquidos de su tanque séptico. Los camiones de vacío permiten el mantenimiento programado de su sistema de tanque séptico, que incluye recogida y transporte, limpieza y desodorización. Los camiones tienen capacidades que van desde 2,200 a 4,000 galones, más los camiones cisterna son capaces de cargar de 8,000 a 10,000 galones para asegurar un transporte adecuado y completo de sus desechos sépticos [2].

Como parte de la estrategia planteada para el cumplimiento de los requisitos del proyecto, cada línea trabajada debe ser aprobada por un miembro del equipo de AAA. Para cumplir con este requisito se utiliza una cámara especializada en toma de imágenes en alcantarillados para la determinación de una limpieza exitosa.

La figura 4 presenta el flujograma de operaciones a realizarse durante la limpieza de las líneas sanitarias.

La compañía privada cuenta con una división completamente dedicada al trabajo del proyecto. El personal asignado para realizar las tareas diarias es dirigida por un gerente de proyecto que cuenta de igual forma con una asistente de proyecto para comunicar y visitar los áreas a limpiarse que se

encuentran en el enfoque del proyecto. Ambos tienen a su cargo un equipo compuesto de supervisores en cada punto de trabajo, empleados encargados para dirigir el tránsito, camionero y asistente del camión de agua a alta presión, camionero del camión de agua potable y encargado de la cámara. A este conjunto de personas se le conoce como brigadas. Al inicio del proyecto se estableció que un total de tres brigadas estarían disponibles para trabajar de forma continua en el proyecto.



**Figura 4**

**Flujograma de Operaciones**

## METODOLOGÍA

La metodología a ser empleada durante el desarrollo de este proyecto es conocida por sus siglas DMAIC. DMAIC es una estrategia de calidad basada en datos que se utiliza para lograr mejoras a los procesos [3]. Es una parte integral de la iniciativa Six Sigma, pero en general puede

implementarse como un procedimiento de mejora de la calidad independiente o como parte de otras iniciativas de mejora de procesos como Lean.

DMAIC es utilizado por un equipo de proyecto que intenta mejorar un proceso existente. Esta metodología proporciona estructura porque cada fase del proceso contiene tareas y herramientas que llevarán al equipo a encontrar una solución eventual. Si bien DMAIC puede ser secuencial, no es estrictamente lineal. El proceso alienta a los equipos de proyecto a retroceder a los pasos anteriores si se necesita más información.

La palabra *DMAIC* es un acrónimo que significa definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Representa las cinco fases que componen el proceso (figura 5):

- **Definir:** El proyecto comienza con la creación de una carta del equipo para identificar a los miembros del equipo, seleccionar el proceso que el equipo mejorará y definir claramente el objetivo del proyecto. El equipo del proyecto identificará los aspectos críticos para la calidad para ayudar a medir el impacto que el problema tiene en el cliente. Esta fase se completa cuando el equipo crea un mapa de proceso que incluye las entradas y salidas del proceso.
- **Medir:** Esta fase incluye la creación y ejecución de un plan de recopilación de datos que proporciona datos confiables y significativos. Los datos indican cómo se está realizando el proceso y ayudan a identificar al villano en la narrativa de Six Sigma: la variación. Después de este punto, los esfuerzos del equipo del proyecto se centran en eliminar o reducir la varianza tanto como sea posible..
- **Analizar:** Una vez que se ha cuantificado el rendimiento del proceso, la fase de análisis ayuda a identificar las posibles causas de los problemas. Un mapa de subprocesos puede ayudar a identificar los problemas en el proceso y las herramientas como ANOVA y el análisis de regresión pueden ayudar a reducir estos problemas a las causas principales. En

esta fase, el equipo puede cuantificar el beneficio financiero de resolver el problema.

- **Mejorar:** Una vez que se descubre la causa raíz del problema, la fase de mejora se centra en encontrar una solución permanente al problema. Aquí es donde la creatividad del equipo del proyecto entra en juego para encontrar una respuesta a un problema de proceso de larga data. El equipo luego prueba una solución propuesta en un programa piloto para probar si la solución es efectiva y financieramente viable.
- **Controlar:** En esta fase, el equipo del proyecto documenta la nueva solución que han creado para que pueda transmitirse a los propietarios de procesos. El equipo del proyecto implementa la solución de acuerdo con la línea de tiempo y los hitos clave que han desarrollado. Una vez que se ha implementado la solución, el equipo del proyecto la supervisa durante varios meses y, si cumple con las expectativas de rendimiento, la entrega al propietario del proceso.



Figura 5  
Proceso de 5 Pasos DMAIC

Nuestra investigación sugerirá una modificación al proceso operacional de la compañía utilizando el método de análisis previamente establecido. Este método ayudara en la identificación de factores que pueden estar impactando negativamente el proceso al igual que brindara una estructura al sistema operacional de la

organización que puede utilizarse como base para futuros proyectos otorgados a la compañía.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como una iniciativa para reducir el tiempo que se demora y los costos del proceso de limpieza de líneas sanitarias de la compañía privada, un plan para analizar y determinar mejoras se desarrolló. Esta investigación utilizando la metodología Six Sigma DMAIC, muestra el análisis y propone una guía de como alcanzar mejoras en dicho proceso.

### **Fase Definir**

Alcanzar una mejora para reducir los gastos al igual que reducir el tiempo que se demoran en completar las limpiezas de las líneas del servicio sanitario fueron definidos como el enfoque durante esta investigación. Uno de los puntos clave que se debe enfatizar para que el proyecto sea exitoso es la organización y el buen manejo de recursos disponibles para ejecutar dichas limpiezas. Se analizará paso a paso el proceso de limpiezas que se lleva a cabo a diario para encontrar defectos y áreas en las que se pueden mejorar.

La meta de este análisis es disminuir el costo operacional tras eliminar toda aquella actividad que se considere como desperdicio y que no añada valor a la operación. También, teniendo en mente que se busca disminuir el tiempo de operación de la compañía para lograr cumplir con las fechas establecidas por el cliente.

### **Fase Medir**

Para lograr entender el proceso de limpieza de las líneas sanitarias en su totalidad, se realizó un estudio en el campo de trabajo para evaluar todas las actividades que tiene que realizar el empleado en una jornada de trabajo regular. Este estudio se llevó a cabo por un periodo de cuatro semanas para tener datos suficientes con los cuales sustentar el argumento.

La investigación comienza colectando datos sobre la hora de entrada y salida de todos los empleados de la compañía que están trabajando para el departamento de proyecto. La segunda

colección de datos se basa en la cantidad de tiempo que los empleados demoran para ejecutar cada una de las actividades diarias. Por último, se documentó la cantidad de líneas sanitarias que el equipo de trabajo lograba limpiar diariamente. Para propósitos de esta investigación, se generó un promedio para cada una de las medidas documentadas ya que el equipo de trabajo se compone de tres diferentes brigadas realizando el mismo trabajo en diferentes zonas del área metropolitana. Estas medidas se analizarán para identificar áreas de mejoras que se puedan realizar al proceso. A continuación, se resumen los hallazgos.

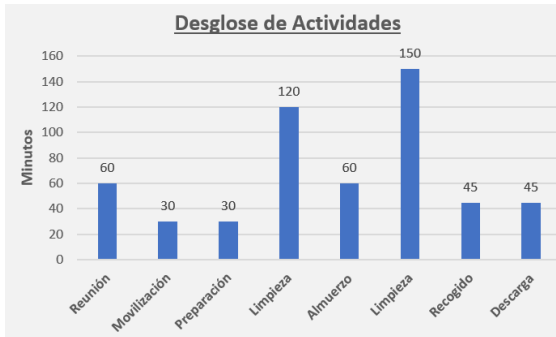
- Jornada Laboral: 7:30 am – 5:30 pm (6 días a la semana)
- Promedio de líneas completadas diariamente: 6 líneas aprobadas

### **Fase Analizar**

El proceso operacional para la limpieza de las líneas sanitarias que ejecuta la compañía privada es el mismo que se ha ejecutado durante los pasados nueve meses del proyecto. Con el transcurso del tiempo, la compañía ha tenido dificultad en cumplir las fechas establecidas por el cliente a pesar de que la operación no ha confrontado problemas mayores. Luego de analizar cuidadosamente la data recolectada en la etapa de medición, se encontró que se desperdicia demasiado tiempo en actividades que no son esenciales para la limpieza de las líneas.

La actividad de mayor importancia para que se cumpla la limpieza de las líneas sanitarias está identificada en la figura 6 como limpieza. En esta actividad el equipo de trabajo pasa un total de 270 minutos, lo que equivale a un 50% de su jornada laboral. Esto significa que el otro 50% de su tiempo se desperdicia en actividades que no añaden valor a la operación. La mayoría de las actividades no pueden ser eliminadas del proceso, pero sí se puede disminuir el tiempo que el equipo le dedica diariamente. Se determino que para que la compañía aumente la cantidad de líneas que completan a diario y así cumpla con las fechas establecidas por el cliente, el enfoque del proyecto será disminuir el tiempo de ejecución de toda

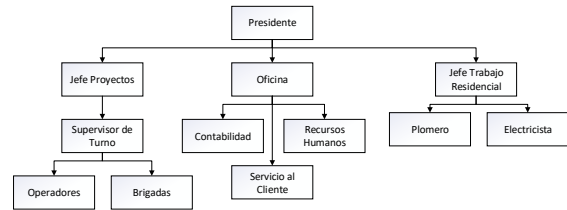
aquella tarea adicional que no contribuye directamente a la limpieza de la línea sanitaria.



**Figura 6**  
**Desglose de Actividades**  
**Fase Mejorar**

El propósito de la fase de mejoras es encontrar una solución para lograr el objetivo de disminuir el tiempo que se demoran las actividades que no añaden valor a la operación. La primera observación que se encontró durante la investigación es que la compañía carece de una estructura de funcionamiento organizacional. El implementar una estructura a través de la compañía ayuda a establecer y definir las funciones de cada uno de los empleados. Esto evita confusiones en las responsabilidades y metas que cada empleado debe ejercer y cumplir. Al igual, contribuye a que la información fluya mejor entre los diferentes niveles de la compañía.

A pesar de que la figura 7 nos establece la estructura funcional para la compañía en general, nuestro enfoque es basado en la división de la compañía que está trabajando para el proyecto. En esta división el encargado principal de que todas las actividades se cumplan y quien tiene el compromiso con el cliente es el gerente de proyecto. Es la persona que dirige la operación y conoce el detalle de los trabajos que se deben realizar. Debajo de él se encuentra el asistente o supervisor de turno quien ayuda a que estas actividades se completen. Esta es la persona que está presente a diario en el campo de trabajo y supervisa que las tareas se cumplan.



**Figura 7**  
**Estructura Organizacional**

Actualmente todos los empleados del proyecto se reúnen diariamente para discutir las actividades que se estarán ejecutando durante el día. Esta reunión tiene una duración de 60 minutos. Muchas veces los contratiempos mayores para que la reunión se demore es que los empleados acostumbran a llegar al lugar donde deben retomar las actividades pendientes del día anterior y al ser tres diferentes brigadas, esta localización no siempre concuerda. Esto ocasiona una demora para que todos los empleados puedan llegar al mismo lugar y se lleve a cabo la reunión.

Para evitar que este evento continúe sucediendo, se propone que la reunión de todos los empleados se lleve a cabo una sola vez al inicio de la semana y que las reuniones diarias se lleven a cabo solamente entre el gerente de proyecto y su asistente. Esto evitará que se creen confusiones por lo tanto la duración de la reunión será mucho más corta. Los empleados pueden continuar sus tareas y adelantar el proceso de preparación de equipos y materiales para comenzar con la limpieza de las líneas de manera más rápida.

La segunda observación que se encontró durante el análisis de la data recolectada es que las herramientas y materiales utilizados para el día a día no eran debidamente recogidas y almacenadas. Muchas de estas herramientas de igual forma se extraviaban o dañaban debido a no encontrarse en el lugar adecuado. También podíamos notar que el área de trabajo para los empleados en múltiples ocasiones se encontraba rellena de materiales que no eran necesarias y que se generaba un desorden en los camiones que realizaban las limpiezas. Todos estos fallos solo equivalen en pérdida de tiempo durante el proceso de las actividades de

preparación y sobre todo en el proceso de recogido luego de culminar la limpieza de las líneas.

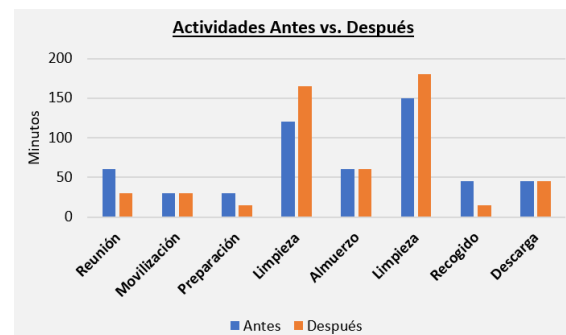
Para ayudar a mitigar esta falla se decidió implementar la metodología conocida como 5S. Esta es una herramienta básica para la gestión de calidad que se desarrolla con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Esta metodología se basa en las cinco palabras claves derivadas del idioma japonés que la identifican: clasificación, orden, limpieza, estandarización y mantener disciplina [4].

Para implementar la metodología 5S se identificó toda herramienta que era esencial para que los empleados puedan realizar sus tareas asignadas y materiales adicionales fueron almacenados debidamente. Estos materiales que si fueron identificados, se organizaron de tal forma que estuvieran cerca de la estación en donde se utiliza la herramienta para que la operación fluyera eficientemente. De igual forma se estableció como norma que toda herramienta luego de utilizarse y de no ser requerida por cualquier otro personal debe ser almacenada en su lugar establecido. Todas estas acciones ayudan a que el proyecto no pierda tiempo en actividades innecesarias durante la etapa de preparación y limpieza del proyecto.

La tercera y última observación que se hizo en el proyecto es que todos los empleados estaban siendo participes de la actividad de descarga del camión. Esta actividad se compone de vaciar todos los desperdicios que fueron succionados y recogidos por el camión durante el proceso de limpieza y depositarlos en el tanque asignado para desperdicios de la compañía. Para esta actividad se estaba citando a todos los empleados del proyecto cuando el único empleado necesario era el camionero. Esta es una actividad que estaba cargando con gastos innecesarios ya que la tarea puede ser completada por un solo empleado y disminuye la jornada de trabajo para muchos de los empleados.

Una vez mitigadas las diferentes observaciones que se encontraron como parte de la investigación, los siguientes resultados fueron alcanzados.

En la figura 8 se puede observar como las modificaciones que se implementaron en el proceso operacional de la limpieza de líneas sanitarias impactaron a cada una de las actividades. El factor clave de la investigación era disminuir los tiempos de las actividades consideradas como desperdicios para permitir que la actividad de limpieza primordial tenga un mayor tiempo de duración. Se muestra que la actividad de limpieza aumento a un 64% en comparación con solo un 50% inicialmente. Otro dato sumamente importante y que se debe considerar es que el total de líneas aprobadas diariamente aumento de un total de nueve líneas ya que una línea adicional por brigada es completada con el tiempo adicional en el proceso.



**Figura 8**  
**Desglose de Actividades Antes y Después**

### Fase Control

A pesar de que las fallas en el proceso fueron mitigadas al momento de que se realizó la investigación, es sumamente importante notar que en muchas de las ocasiones la etapa más difícil del proceso es mantener estas mejoras alcanzadas. Por este motivo es que se tomó la iniciativa establecer un programa de entrenamiento tanto para empleados nuevos que se incorporan al proyecto como para los empleados actualmente trabajando en él.

Se desarrollaron diferentes procedimientos operacionales basados en la función del empleado para que sirva como guía en las tareas que se deban realizar. Estos procedimientos no estaban disponibles previamente y el objetivo de los mismos es que el empleado siga paso a paso las

instrucciones establecidas para evitar variaciones en el proceso operacional.

Además de establecer estos procedimientos, se crearon varias listas de verificación en donde se documenta el cumplimiento de las tareas diarias y se verifica que todos los materiales fueron almacenados correctamente en sus debidos lugares. Estas listas en conjunto con los procedimientos desarrollados permiten una estandarización en el proceso operacional de la limpieza de líneas sanitarias.

### CONCLUSIÓN

Luego de analizar el proceso operacional para la limpieza de líneas sanitarias en la empresa privada y aplicar la metodología Sigma DMAIC, se identificaron y mitigaron varios defectos que contribuían a una menor eficiencia en el proceso. Con la ayuda del gerente de proyecto y los integrantes del equipo en la división de proyecto de la compañía, la implementación de esta nueva estrategia fue posible. El objetivo de la investigación fue alcanzado ya que se redujeron los tiempos de las actividades que no son consideradas primordiales y permite mayor tiempo para los empleados llevar a cabo las limpiezas en las líneas sanitarias. Se alcanzó un aumento de un 14% en el tiempo para llevar a cabo la actividad de limpieza y una mayor cantidad de líneas aprobadas diariamente por el equipo.

Estas mejoras de igual forma ayudan a que la compañía cumpla con las fechas establecidas por el cliente en un inicio y en adición se logra disminuir el costo de operación de la compañía al identificar operaciones que no requieren el trabajo del equipo en su totalidad.

El enfoque utilizado en esta investigación sirve como base a la compañía para que futuros proyectos se adapten desde un inicio a esta estrategia y eviten actividades innecesarias en sus procesos. Al igual, varios proyectos similares deben surgir en las diferentes divisiones de la compañía para comenzar a adaptar y alinear sus estrategias a

la metodología Six Sigma con el propósito de reducir costos.

Este proyecto demuestra como la metodología de Six Sigma puede ser aplicada en todo tipo de industria y no ser limitada a solo la industria de manufactura. Se demuestra que el buen manejo de los recursos y la organización son la clave para la calidad.

### REFERENCIAS

- [1] Primera Hora. (2017, Nov. 17). *Investigarán inundaciones en Ocean Park* [En línea]. Disponible: <https://www.primerahora.com/noticias/puerto-rico/nota/investigarainundacionesenoceanpark-1256211/>. [Accedido: 18 de mayo, 2019].
- [2] Rod Rodder. (n. d.) *Industrial Division: Sewage Cleaning* [En línea]. Disponible: <http://www.rodrodder.com/industrial.html>. [Accedido: 18 de mayo, 2019].
- [3] R. Shankar, *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2009.
- [4] T. Osada. *The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment*. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1991.