

FILOSOFÍA LEAN SIX SIGMA CASO: EMPRESA DE LA REGIÓN LAGUNERA LEAN SIX SIGMA PHILOSOPHY CASE: COMPANY FROM THE LAGUNERA REGION

Jorge Adolfo Pinto Santos¹, Lizette Alvarado Tarango², Brenda Pedroza Figueroa³,
Perla Ivette Gómez Zepeda⁴, Alejandra Flores Sánchez⁵

¹Maestría en Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación. Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, C.P. 32500, Cd. Juárez Chihuahua, México. Jorge.ps@itcj.edu.mx.

²Maestría en Ingeniería Administrativa. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación. Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, C.P. 32500, Cd. Juárez Chihuahua, México. lalvarado@itcj.edu.mx.

³Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna. Departamento de Ingeniería Industrial. Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna, Torreón, Coahuila, C.P. 27000. bpedrozaf@correo.itlalaguna.edu.mx.

⁴Doctorado en Administración. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación. Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, C.P. 32500, Cd. Juárez Chihuahua, México. perla.gz@itcj.edu.mx.

⁵Maestría en Ingeniería Administrativa. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ingeniería y Tecnología. Avenida del Charro núm. 610 norte Colonia Partido Romero, C.P. 32310 Ciudad Juárez, Chih. alejandra.flores@uacj.mx.

Resumen--Empresas como General Electric, MABE, GM, por mencionar algunas, utilizan la filosofía Lean Six Sigma para mejorar y estandarizar sus operaciones. En este trabajo se presenta la filosofía en un caso de aplicación, siendo el principal objetivo el de reducir las averías en las “unidades” motrices, específicamente en las denominadas “unidades repetidoras”. Una unidad “repetidora” es aquella que falla nuevamente dentro de un período de menos de 15 días después de haber sido reparada por alguna falla o posterior a una inspección programada. Aplicando esta filosofía y la metodología (DMAIC - Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), se identifican las principales causas. Con la información obtenida se desarrolla un plan para resolver el problema, logrando los siguientes resultados: reducción de 2 a 4 fallas por mes, ahorro en gastos de \$ 90,000 USD por año, una reducción de 0.2 FL / Y's y obteniendo un proceso estandarizado para la atención de fallas, así como en la captura de información relacionada con las fallas más recurrentes en locomotoras, con ello se impacta positivamente en los niveles de aceptación, se mejora la calidad y se reducen los costos.

Palabras claves: Metodología Six Sigma, Mejora continua.

Summary - Companies like General Electric, MABE, GM, to name a few, use the Lean Six Sigma philosophy to improve and standardize their operations. In this work, the philosophy is presented in an application case, the main objective being to reduce breakdowns in the motor “units”, specifically in the so-called “repeater units”. A “repeater” unit is one that fails again within a period of less than 15 days after being repaired for a failure or after a scheduled inspection. Applying this philosophy and methodology (DMAIC - Define, Measure, Analyze, Improve and Control), the main

causes are identified. With the information obtained, a plan is developed to solve the problem, achieving the following results: reduction of 2 to 4 failures per month, cost savings of \$ 90,000 USD per year, a reduction of 0.2 FL / Y's and obtaining a standardized process for attention to faults, as well as in the capture of information related to the most recurrent faults in locomotives, thereby positively impacting acceptance levels, improving quality and reducing costs

Keywords— Six Sigma Methodology, Continuous Improvement

INTRODUCCIÓN

Una organización existe para proveer un producto o servicio que satisfaga los requerimientos del cliente, por ello, se han desarrollado estrategias para controlar y mejorar la calidad, siendo la metodología 6 sigma sobresaliente en incrementar el nivel de desempeño de los procesos [1]. Six Sigma evolucionó de un simple indicador de calidad a una estrategia empresarial de gestión para acelerar las mejoras y lograr niveles de desempeño sin precedentes al enfocarse en las características críticas para los clientes e identificar y eliminar las causas de errores o defectos en los procesos [2].

Se pueden encontrar trabajos similares en la literatura como la implementación de la metodología Seis Sigma en la gestión de las mediciones en una unidad de negocios llamada refinería Cienfuegos [3], con el objeto de perfeccionar el proceso de Hidrofinación del diésel; en una microempresa del sector automotriz se muestra la aplicación de Seis Sigma para resolver el problema de defectos en el producto terminado [4]. La metodología se aplica con éxito en la reducción de la variación en un proceso de inyección de plástico [5]. Así mismo, se puede han desarrollado aplicaciones de

los métodos estadísticos utilizados en la metodología, donde se hace uso del diseño de experimentos iterativo para optimizar la resistencia a la fractura de las pares de moldeo de piezas de polietileno utilizadas en el empaqueo de productos electrónicos [6].

Este proyecto se llevó a cabo en una empresa de transporte ubicada en la ciudad de Torreón Coahuila; México. El taller atiende una flota de 235 unidades móviles de la empresa XYZ, además de unidades extranjeras; alrededor de 350 unidades diferentes por año y el objetivo es mantener una disponibilidad del 93% y 3.3 F / LY (Fallos por Locomotora por año). La empresa de transporte establece dos indicadores importantes: fiabilidad y disponibilidad. La confiabilidad se mide como el porcentaje de locomotoras devueltas al taller dentro de los 15 días posteriores a su última inspección programada o servicio de falla. En términos de disponibilidad, existe una métrica conocida como "repetidor" que mide la calidad de las reparaciones. La disponibilidad se mide con el tiempo medido en horas que transcurre desde que la locomotora ingresa al taller hasta que es devuelta al cliente. El Propósito de este trabajo es mostrar el desarrollo de las etapas o fases DIMAIC para lograr la mejora de un proceso en particular de la empresa.

DESARROLLO

Metodología DMAIC.

La metodología 6 sigma incluye la aplicación de muchas de las herramientas estadísticas, que son utilizadas en otros enfoques de mejora de la calidad, se desarrollan de forma planificada y sistemática orientando las estrategias a que en los proyectos implementar el ciclo: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC, por sus siglas en ingles). Uno de los objetivos que tiene la metodología es el de comprender y dirigir las acciones a satisfacer los deseos del cliente. El enfoque hacia el cliente es la clave para lograr una mejor rentabilidad del negocio. DMAIC originalmente fue un método de reducción de la variabilidad, sin embargo, en la actualidad se aplica para resolver problemas y el mejoramiento de procesos [7]. Tiene una función parecida a otras metodologías de resolución de problemas como lo es PDCA (planear, hacer, verificar y actual) [8].

La metodología 6 sigma desarrollada por la compañía General Electric, está conformada por las fases DMAIC que a continuación se describen [9]–[11].

1. Definir. El éxito de los proyectos 6 sigma están en definir con claridad el problema a resolver.
2. Medir. Las características que se definen como importantes o de impacto en de la definición del problema, deberán ser medidas.
3. Analizar. Prestar especial atención al análisis de los resultados obtenidos en la medición de las variables de impacto, su relación y sus efectos.

4. Mejorar. Al identificar la causa raíz, el equipo 6 sigma deberá brindar una lluvia de alternativas que contribuyan a eliminar o resolver el problema, así como establecer los indicadores del desempeño.

5. Controlar. Las mejoras logradas deberán ser permanentes en el tiempo, por lo tanto, debe implementarse estrategias que garanticen que las variables de impacto se mantengan dentro de los parámetros aceptables que mantengan la calidad y la satisfacción del cliente.

La aplicación de la metodología DIMAIC se fundamenta en los siguientes principios: Enfoque al cliente, Centrado en los procesos, Metodología para la realización de proyectos, Estructura organizacional y Lucha contra la variación[12]. Es importante tomar decisiones sobre las herramientas estadísticas que serán útiles en este proceso de mejora, determinar las características críticas de calidad, y aquellos costos en los que se incurre en el proyecto, establecer el equipo de trabajo, así como estimar los beneficios financieros [13]. En la literatura se pueden observar estrategias, principales herramientas y técnicas [14]. Kwaka y Anbari nos muestran los beneficios, obstáculos futuros del enfoque de la metodología Six sigma. En la actualidad los proyectos haciendo uso de la metodología Six sigma, ha llevado a ahorros en miles de millones de dólares, siendo una estrategia que combina lo antiguo y lo nuevo en la gestión de la calidad [15]

En este trabajo se contempla el desarrollo de un procedimiento estandarizado capaz de reducir el riesgo de fallas repetitivas que pudieran convertir a las locomotoras en "repetidoras" y en crear una base de datos confiable que pudiera capturar información veraz y relevante para conocer la situación del taller y poder actuar preventivamente. El proyecto encuentra su justificación en la existencia de un área de oportunidad de mejora relacionada con la falta de un patrón para los procesos de atención de fallas, que pueda proporcionar una inspección completa de las locomotoras con el fin de evitar posibles fallas, además de una información discrepancia entre lo real y lo que el taller registra en su base de datos, lo que provoca un encubrimiento de situaciones de riesgo.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el proyecto se trabajan las etapas DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) de la metodología Seis Sigma. Esta metodología fue elegida, debido a que es una estrategia de calidad basada en estadística que resalta la importancia de la recolección de datos y a la precisión de estos, como una base para el mejoramiento de los procesos. En las siguientes secciones se explica cada una de estas etapas cuidadosamente:

Etapa 1.- Definir: En esta etapa se estableció el Team Charter, donde se indica cual es el principal problema, nuestras metas, nuestros métricos de importancia, y se direccionó el proyecto por el camino que atacaría las

principales causas raíz del problema. Además, se tuvo la oportunidad de conocer a los asesores y personas clave como apoyo para el proyecto.

El Team Charter contiene 5 puntos importantes que son:

- Planteamiento del problema: En el periodo de enero 2011 a octubre 2011, del 100% de las locomotoras de la flota lámparas que entraron en el taller, un 12.5% se convirtieron en locomotoras repetidoras, lo cual afecta los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

- Objetivos: Reducir el porcentaje de locomotoras repetidoras de la flota lámparas en un 30%.

- Puntos de inicio/fin: El proyecto inició el 31 de octubre del 2011 y terminó el 09 de diciembre del 2011.

- Alcance: Locomotoras de la flota lámparas en todos los talleres. Un análisis de información de agosto del 2010 a agosto del 2011.

- Fuera de alcance: Locomotoras de la flota AC/EVOS, foráneas y arrendadas. Un análisis de información antes de agosto del 2010 y después de agosto del 2011.

- Diagrama de Gantt: El diagrama de Gantt muestra todas las etapas en la metodología DMAIC y el tiempo que tomó completar cada una de las etapas, para poder seguir una secuencia de las actividades se tienen que seguir las líneas de tiempo en el diagrama de Gantt como se puede observar en las líneas azules de la figura 1.

El diagrama de Gantt debe cambiar cada semana, mostrando el porcentaje de avance de cada etapa DMAIC, como se puede observar en las líneas verdes de la figura 1.

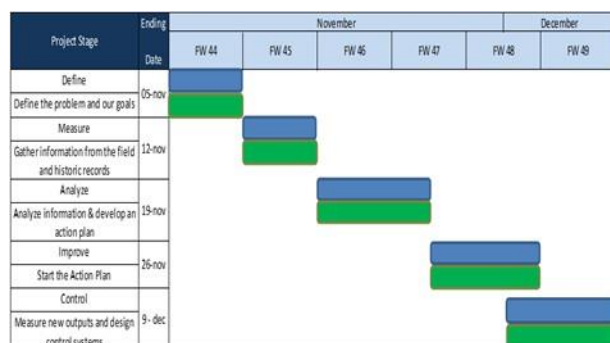


Figura 1. Diagrama de Gantt del proyecto.

La tabla A.R.M.I. es una herramienta que ayuda a establecer e identificar las personas que de alguna manera estarían relacionadas con nuestro proyecto (Ver Tabla 1). Este tipo de relación es clasificada en cuatro áreas en esta tabla. Estas clasificaciones son: A:

Aprobador, R: Recurso, M: Miembro y I: Parte interesada.

Tabla 1. A.R.M.I del proyecto.

Stakeholder	Define	Measure	Analyze	Improve	Control
Alejandro Gonzalez	Approver	Approver	Approver	Approver	Approver
Erika Garcia	Approver	Approver	Approver	Approver	Approver
Jorge Matias	Interested Party	Interested Party	Interested Party	Interested Party	Interested Party
Noe Tabares	Resource	Resource	Resource	Resource	Resource
Rodrigo Espino	Resource	Resource	Resource	Resource	Resource
Ricardo Padilla	Resource	Resource	Resource	Resource	Resource
Miguel González	Member	Member	Member	Member	Member

Etapa 2.- Medir: En la etapa de medir se recolectó información relacionada con las locomotoras repetidoras y sus fallas recurrentes usando la base de datos del cliente y la base de datos del taller para identificar la causa raíz de las fallas repetitivas más frecuentes de estas locomotoras. Lo que se encontró fue bastante útil para desarrollar un plan de acción. Después de la recolección de información, se realizaron graficas que representaban el porcentaje de locomotoras repetidoras de los talleres de Torreón, Chihuahua y Guadalajara (figura 2.).

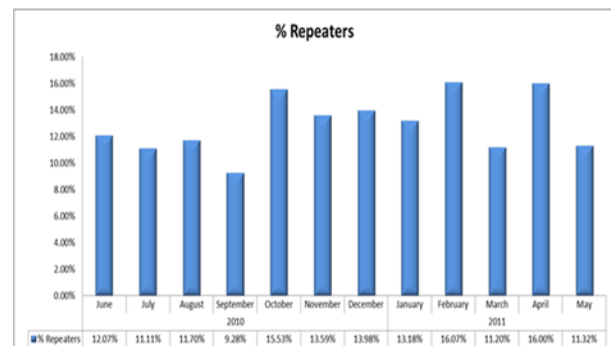


Figura 2. Gráfica con el porcentaje por mes de las locomotoras repetidoras de los tres talleres

Etapa 3.- Analizar: La etapa consistió de un cuidadoso análisis de la información reunida en la etapa de medir para entender que es lo que esta información puede ofrecer y de esta manera poder empezar a proponer posibles soluciones y diseñar procedimientos de inspección. Se reunió toda la información recolectada y fueron utilizadas algunas técnicas como diagramas de Ishikawa, mapeo de procesos, diagramas de flujo, etc. para finalmente poder identificar las verdaderas causas raíz. Los resultados obtenidos se pueden dividir en dos partes, la primera fue una discrepancia entre la información de la base de datos del cliente y la base de datos del taller (Ver figura 3). Y la segunda, una falta de control y estandarización para las atenciones de fallas. Después de que fue establecido lo anterior, se fue capaz de desarrollar un plan de acción para mejorar el proceso y reducir el número de locomotoras repetidoras.

Figura 3. Comparación del porcentaje de locomotoras repetidora de la base de datos del cliente y del taller.



93

Etapa 4.- Mejorar: En esta etapa ya se había analizado toda la información recolectada y se desarrolló un plan de acción para atacar las partes del problema mencionadas en la etapa de analizar. Para resolver el problema de imprecisión de la información de la base de datos del taller, fue desarrollada una base de datos (Registro Integral de Calidad) capaz de capturar toda la información relacionada con las principales fallas que causan las locomotoras repetidoras (Ver Figura 4) y también un procedimiento para llenar esta base de datos correctamente.

Figura 4. Registro Integral de Calidad.

Para resolver el problema de la falta de control y estandarización de las atenciones de fallas, se elaboró un formato que asegurara la completa revisión de los principales componentes que ocasionan fallas repetitivas en las locomotoras durante la atención de fallas o inspecciones programadas con la ayuda del departamento de calidad (Ver figura 5).

Figura 5. Formato de control de calidad para reducir fallas.

Etapa 5- Control: Como parte de la etapa de Control, se programaron auditorios semanales utilizando una herramienta llamada "GE compliance calendar", estableciendo el personal encargado de estas auditorías. (Ver figura 6).

Figura 6. Auditorias programadas semanalmente utilizando GE compliance calendar

Además, los técnicos pueden utilizar la base de datos de registros de calidad integral como herramienta de monitoreo, lo que les permite saber si una locomotora está experimentando fallas repetitivas o si un técnico no está siguiendo los procedimientos correctos, de modo que GE pueda brindar capacitación y reducir el riesgo de fallas.

Algo que no se puede medir, no se puede controlar, y si no se puede controlar no se puede mejorar. La principal causa del problema de este proyecto fue la falta de información veraz (como se mencionó anteriormente), la información que tenía el cliente no coincidía con la de la base de datos del taller, lo que provocó que el problema permaneciera oculto, o al menos la raíz causa, ya que el cliente seguirá penalizando el incumplimiento en los dos principales indicadores de disponibilidad y confiabilidad, independientemente de que los datos del taller demuestren que se encuentra en una situación favorable.

Además, la falta de un procedimiento controlable y la falta de estandarización causaron una variabilidad en el proceso que finalmente resultó en un aumento de fallas de locomotoras. Ambas causas raíz fueron atacadas de manera efectiva, se realizaron pruebas piloto con el procedimiento desarrollado por el equipo durante el proyecto y se llevaron a cabo con éxito.

Al finalizar el proyecto, todas las áreas de oportunidad encontradas, las implementaciones y los procedimientos desarrollados para reducir el riesgo de fallas fueron presentados a los encargados de los talleres de Torreón, Guadalajara y Chihuahua y fueron aprobados por todos ellos para su posterior implementación oficial.

CONCLUSIONES

Los resultados del proyecto enfocado a la mejora del proceso son las siguientes:

- Se obtiene un proceso estandarizado para la atención de fallas y la captura de información relacionada con las fallas más recurrentes en las locomotoras con el objetivo de reducir el riesgo de fallas repetitivas
- El método de etapas DMAIC de la metodología Seis Sigma permite un desarrollo controlado del proyecto que nos lleva a los resultados esperados de manera eficiente.
- Dentro de un proceso, el control de información es una parte fundamental para ubicar conflictos y solucionar los mismos en el tiempo y lugar adecuados.
- Se logra una reducción proyectada de \$90,000 USD al año, una reducción de 2 a 4 fallas por mes y una reducción de 0.2 FL/Y's al mes, lo cual impacta favorablemente en los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de los equipos

Se recomienda que en posteriores implementaciones de la metodología Six Sigma se realicen las siguientes actividades:

1. Definir claramente los objetivos y el alcance del proyecto.
2. Identificar los procesos y actividades de interés.
3. Determinar las posibles áreas de oportunidad y como aprovecharlas.
4. Mantener un control constante de las implementaciones realizadas en el proyecto.
5. Impulsar la mejora continua de las áreas de oportunidad encontradas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. A. Rodríguez-Medina, E. R. Poblano-Ojinaga, M. I. Rodríguez-Borbón, and L. Alvarado-Tarango, "A high impact business strategy: The Six Sigma methodology," *Dyna*, vol. 96, no. 2, p. 128, 2021, doi: 10.6036/10010.

[2] J. Evans and W. Lindsay, *Administración y control de la calidad*. 2008.

[3] A. Barrera García, A. Cambra Díaz, and J. A. González González, "Implementación De La Metodología Seis Sigma En La Gestión De Las Mediciones," *Rev. Univ. y Soc.*, vol. 9, no. 2, 2017.

[4] M. C. J. T. Michcol, M. A. D. G. García, M. A. J. Antonio, V. Loyola, M. C. Elena, and F. Ávila, "Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz," no. 42, pp. 11–18, 2011.

[5] M. A. Rodríguez Medina, J. G. Terrones Lucero, E. R. Poblano Ojinaga, And L. E. Terrazas Mata, "Reducción De La Variación En Un Proceso De Moldeo De Partes a Través De La Metodología 6 Sigma," *Dyna Manag.*, vol. 8, no. 1, p. [18 p.]-[18 p.], 2020, doi: 10.6036/mn9831.

[6] E. R. Poblano Ojinaga, J. Sanchez Leal, M. A. Rodríguez Medina, A. Valles Chaves, And A. Gonzalez Torres, "Optimization of the Resistance of Eps Parts for Packaging Television Through Design of Experiments," *Dyna Manag.*, vol. 7, no. 1, p. [11 p.]-[11 p.], 2021, doi: 10.6036/mn9341.

[7] G. Y. H. Choong and D. S. A. De Focatiis, "A method for the determination and correction of the effect of thermal degradation on the viscoelastic properties of degradable polymers," *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 130, pp. 182–188, 2016, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2016.06.018.

[8] J. De Mast and J. Lokkerbol, "An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 139, no. 2, pp. 604–614, 2012, doi: 10.1016/j.ijpe.2012.05.035.

[9] M. Smętkowska and B. Mrugalska, "Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 238, pp. 590–596, 2018, doi: 10.1016/j.sbspro.2018.04.039.

[10] M. Sokovic, D. Pavletic, and K. Kern Pipan, "Quality Improvement Methodologies," *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 43, no. 1, pp. 476–483, 2010, [Online]. Available: http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_vol43_1/43155.pdf.

[11] S. N. Morales, C. Adán Valles, V. Torres-Argüelles, G. Erwin Martínez, and G. Andrés Hernández, "Six Sigma improvement project in a concrete block plant," *Constr. Innov.*, vol. 16, no. 4, pp. 526–544, 2016, doi: 10.1108/CI-01-2015-0003.

[12] E. Navarro Albert, V. Gisbert Soler, and A. I. Pérez Molina, "Metodología E Implementación De Six Sigma," *3C Empres. Investig. y Pensam. crítico*, vol. 6, no. 5, pp. 73–80, Dec. 2017, doi: 10.17993/3comp.2017.especial.73-80.

[13] R. Baelas and J. Antony, "Six sigma or design for six sigma?," *TQM Mag.*, vol. 16, no. 4, pp. 250–263, 2004, doi: 10.1108/09544780410541909.

[14] Y. H. Kwak and F. T. Anbari, "Benefits, obstacles, and future of six sigma approach," *Technovation*, vol. 26, no. 5–6, pp. 708–715, 2006, doi: 10.1016/j.technovation.2004.10.003.

[15] B. Klefsjö, H. Wiklund, and R. L. Edgeman, "Six sigma seen as a methodology for total quality management," *Meas. Bus. Excell.*, vol. 5, no. 1, pp. 31–35, 2001, doi: 10.1108/13683040110385809.

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

ROL DE CONTRIBUCIÓN	AUTOR(ES)
Conceptualización	Jorge Adolfo Pinto Santos
Curación de datos	Jorge Adolfo Pinto Santos (principal), Lizette Alvarado Tarango (apoya)
Metodología	Lizette Alvarado Tarango (principal), Brenda Pedroza Figueroa (apoya)
Administración del proyecto	Jorge Adolfo Pinto Santos
Recursos	Jorge Adolfo Pinto Santos (principal), Perla Ivette Gómez Zepeda (apoya)
Software	Alejandra Flores Sánchez (principal), Perla Ivette Gómez Zepeda (apoya)
Supervisión	Jorge Adolfo Pinto Santos (principal), Alejandra Flores Sánchez (apoya)
Validación	Lizette Alvarado Tarango (principal), Brenda Pedroza Figueroa (apoya)
Visualización	Alejandra Flores Sánchez (principal), Perla Ivette Gómez Zepeda (apoya)
Redacción	Lizette Alvarado Tarango (principal), Brenda Pedroza Figueroa (apoya)
Redacción	Jorge Adolfo Pinto Santos (principal), Lizette Alvarado Tarango (apoya)



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.