Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Aplicación de la simulación en el proceso de reparación de (TPV) en un laboratorio técnico electrónico, para obtener la mejor asignación del personal que minimice los costos del proceso

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTOR

José Alfredo ARRUÉ CHÁVEZ

ASESOR

Mg. José Carlos ORÉ LUJÁN

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Arrué, J. (2022). *Aplicación de la simulación en el proceso de reparación de (TPV) en un laboratorio técnico electrónico, para obtener la mejor asignación del personal que minimice los costos del proceso*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	José Alfredo Arrué Chávez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40193220
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	José Carlos Oré Luján
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06119405
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-2174-4485
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Ortega Muñoz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10196265
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Esther Berger Vidal
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08766040
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.2 Procesos estocásticos y simulación

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2022
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

Anexo 6

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA
(PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2022-I)

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 10:40 horas del día sábado 23 de de julio del año 2022, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional:

Dr. Carlos Ortega Muñoz	(Presidente)
Dra. Esther Berger Vidal	(Miembro)
Mg. José Carlos Oré Luján	(Miembro-Asesor)

Para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada: APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN EN EL PROCESO DE REPARACIÓN DE (TPV) EN UN LABORATORIO TÉCNICO ELECTRÓNICO, PARA OBTENER LA MEJOR ASIGNACIÓN DEL PERSONAL QUE MINIMICE LOS COSTOS DEL PROCESO, presentada por el señor Bachiller Arrué Chávez, José Alfredo, para obtener el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional, el Presidente invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del jurado, el expositor mereció la aprobación **Bueno** con un calificativo promedio de: **Dieciséis (16).**

A continuación, los miembros del jurado dan manifiesto que el participante señor Bachiller Arrué Chávez, José Alfredo, en virtud de haber aprobado la sustentación de su Trabajo de Suficiencia Profesional, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Siendo las 11:15 horas, se levantó la Sesión, firmando para constancia la presente Acta en tres (3) copias originales o archivo PDF.



PRESIDENTE
Dr. Carlos Ortega Muñoz



MIEMBRO



MIEMBRO-ASESOR

Dra. Esther Berger Vidal

Mg. José Carlos Oré Luján

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo José Carlos Oré Luján en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° 000951-2022-D-FCM/UNMSM del trabajo de suficiencia profesional (TSP), cuyo título es: APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN EN EL PROCESO DE REPARACIÓN DE (TPV) EN UN LABORATORIO TÉCNICO ELECTRÓNICO PARA OBTENER LA MEJOR ASIGNACIÓN DEL PERSONAL QUE MINIMICE LOS COSTOS DEL PROCESO.

presentado por el bachiller: JOSÉ ALFREDO ARRUÉ CHÁVEZ, para optar el título profesional de: Licenciado en Investigación Operativa.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 15 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Firma del Asesor:
DNI: 06119405
Nombres y apellidos del asesor:
Mg. José Carlos Oré Luján



Huella digital

Dedicado a Dios, mis padres, hermanos, esposa y mi amado bebe Emiliano, quien me impulsa a seguir creciendo como persona y profesional

RESUMEN.

Aplicación de la simulación en el proceso de reparación de (TPV) en un laboratorio técnico electrónico, para obtener la mejor asignación del personal que minimice los costos del proceso.

José Alfredo Arrué Chávez

Julio - 2022

Asesor: Mg. José Carlos Oré Luján

En el presente trabajo se analiza el proceso de reparación de TPV en un laboratorio técnico electrónico. El objetivo principal de este trabajo es determinar mediante la simulación de sistemas, el número apropiado de técnicos electrónicos, que reduzca los costos en el proceso de reparación de TPV.

Para esto se desarrolló un modelo matemático de simulación de sistemas, haciendo uso de un software comercial. Dicho modelo puede ser usado en cualquier servicio similar, en los distintos laboratorios técnicos con los que cuenta la empresa.

Finalmente se aplicó el método dando buenos resultados, logrando los objetivos planteados, los cuales permitan a la empresa tomar mejores decisiones en la asignación de recursos, sustentados de forma científica.

Palabras clave:

- Simulación de Sistemas
- Software Arena
- Nivel de servicio
- Reparación
- TPV

ABSTRACT

Application of the simulation in the repair process of (POS) in an electronic technical laboratory, to obtain the best estimate of the personnel that minimizes the costs of the process.

José Alfredo Arrué Chávez

Julio - 2022

Asesor: Mg. José Carlos Oré Luján

In the present work, the POS repair process is analyzed in an electronic technical laboratory. The main objective of this work is to determine, through system simulation, the appropriate number of electronic technicians to reduce costs in the POS repair process.

A mathematical system simulation model was developed, using commercial software. This model can be used in any similar service, in the different technical laboratories that the company has.

Finally, the method was applied, giving good results, achieving the objectives set, which allows the company to make better decisions in the allocation of resources, supported in a scientific way.

Keywords:

• Systems Simulation

•Arena Software

•Service level

• Repair

• POS

Índice

INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO 1. 2
INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD. 2
1.1 Datos de la institución 2
CAPÍTULO 2. 3
DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD 3
2.1 Organización de la actividad 3
2.2 Problemática 6
2.2.1 Formulación del problema General 7
2.2.2 Formulación de los problemas específicos 7
2.3 Objetivos de la actividad 7
2.3.1 Objetivo principal 7
2.3.2 Objetivos específicos 7
2.3.3 Justificación 8
2.4 Metodología y procedimientos 8
2.4.1 Marco teórico 8
2.4.1.1 Antecedentes 8
2.4.1.2 Herramientas Estadísticas 11
2.4.1.3 Simulación de Sistemas 13
2.4.1.4 Software Arena 17
2.4.2 Delimitación 17
2.4.3 Instrumentos de recolección de datos 17
2.5 Resultados de la actividad 18
2.5.1 Descripción del proceso de Reparación de TPV 18
Reparación de TPV 19
2.5.2 Variables Aleatorias y parámetros de simulación 21
2.5.3 Distribución de las Variables Aleatorias 22
2.5.4 Diseño del simulador del proceso actual 28
2.5.5 Resultados de la simulación actual 38
2.5.6 Diseño de los simuladores propuestos 40
2.5.7 Resultados de la simulación propuesta 43
2.5.8 Comparación de resultados 57

CAPÍTULO 3. 59
CONCLUSIONES 59
CAPÍTULO 4. 60
RECOMENDACIONES 60
CAPÍTULO 5. 62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 62
CAPÍTULO 6. 64
ANEXOS 64
ANEXO 1: Intervención Técnica Nivel 1 64
ANEXO 2: Intervención Técnica Nivel 2 64

INTRODUCCIÓN

En un mundo empresarial tan competitivo como en el que nos encontramos, las empresas están buscando constantemente la mejora de sus procesos de producción, con la finalidad de reducir tiempos y costos que las lleven a tener mejor rentabilidad.

En este trabajo de investigación se analiza una empresa transnacional que brinda diversos servicios a las operadoras de medios de pago y entidades financieras, brindando mantenimiento a los dispositivos móviles físicos, también llamados TPV (Terminal de punto de venta), centrándonos principalmente en el proceso de reparaciones de TPV dentro de un laboratorio técnico electrónico.

El presente trabajo tiene por objetivo determinar mediante la simulación de sistemas, el numero apropiado de técnicos electrónicos que reduzca los costos en el proceso de reparación de TPV. Para esto los principales temas abordados son, la información del lugar donde se desarrolla la actividad, descripción de la actividad, problemática, metodología y procedimientos empleados para el desarrollo del modelo matemático; concluyendo con los resultados obtenidos durante la investigación; así como las conclusiones y recomendaciones relacionadas a los objetivos planteados para definir la importancia del presente estudio.

CAPÍTULO 1.

INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD.

1.1 Datos de la institución

- El presente estudio se llevó a cabo en una empresa transnacional, dentro de uno de sus laboratorios técnicos electrónicos, ubicado en Perú
- Período de duración de la actividad: Tres meses
- Finalidad y objetivos de la entidad: La empresa objeto de estudio pertenece al sector de medios de pago, brindando diferentes servicios como desarrollo de software, instalación, mantenimiento en campo y la reparación de (TPV)
- Razón social: NP+. SAC
- Dirección postal: 15023
- Correo electrónico del profesional a cargo: jose.arrue@unmsm.edu.pe

CAPÍTULO 2.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD

2.1 Organización de la actividad

La empresa en investigación es de origen español, con 30 años que la avalan en la gestión de las redes de Medios de Pago, con dispositivos móviles, físicos y e-commerce. Su inicio de actividad en el desarrollo de software se remonta a la década de los 90, en la provincia de Alicante, España. En el corto tiempo inició con el servicio de reparaciones en laboratorios técnicos propios homologados, para luego ofrecer servicios en Business Process Outsourcing (BPO) y Contact Center.

Hoy en día la empresa está presente en España, Andorra, Portugal, República Dominicana, Perú y Colombia prestando servicios a distintas entidades financieras, en los sectores de banca y seguros y brinda los siguientes servicios.

Mantenimiento de Campo

Este servicio es atendido por los técnicos de campo, los cuales están distribuidos en las distintas ciudades donde NP+ tiene presencia. Como resultado de este trabajo se tiene que en el 2021 se tramitaron 300,000 visitas a nivel mundial, para atender instalaciones, averías y retiros de TPV en los distintos comercios.

Reparaciones TPV

El área de laboratorio técnico se encuentra repartido entre los cinco laboratorios de Europa y América Latina. Este mismo se encarga de las reparaciones electrónicas de TPV en las principales

marcas a nivel mundial, ejecutando actividades como: soldaduras de placas, cambios de componentes internos, pilas, pantallas, teclados, mantenimiento estético, actualización de software y gestión de garantías con el fabricante. Los tipos de tecnología que se manejan hoy en día son las que se muestran en la Figura 1

Figura 1

Tipos de tecnología que se reparan en los distintos laboratorios

TPV	Tecnologías		
	Conectividad: Inalámbrica GPRS	**Conectividad: DialUp-LAN Ethernet**	**Conectividad: Integración a sistemas de cajas**
POS es la abreviatura en inglés de Point of Sale, también llamado como TPV o Terminal de punto de Venta			

Contact Center

Servicio de Outsourcing brindando soporte a la gestión de la instalación y mantenimiento en línea para sistemas relacionados en los medios de pago

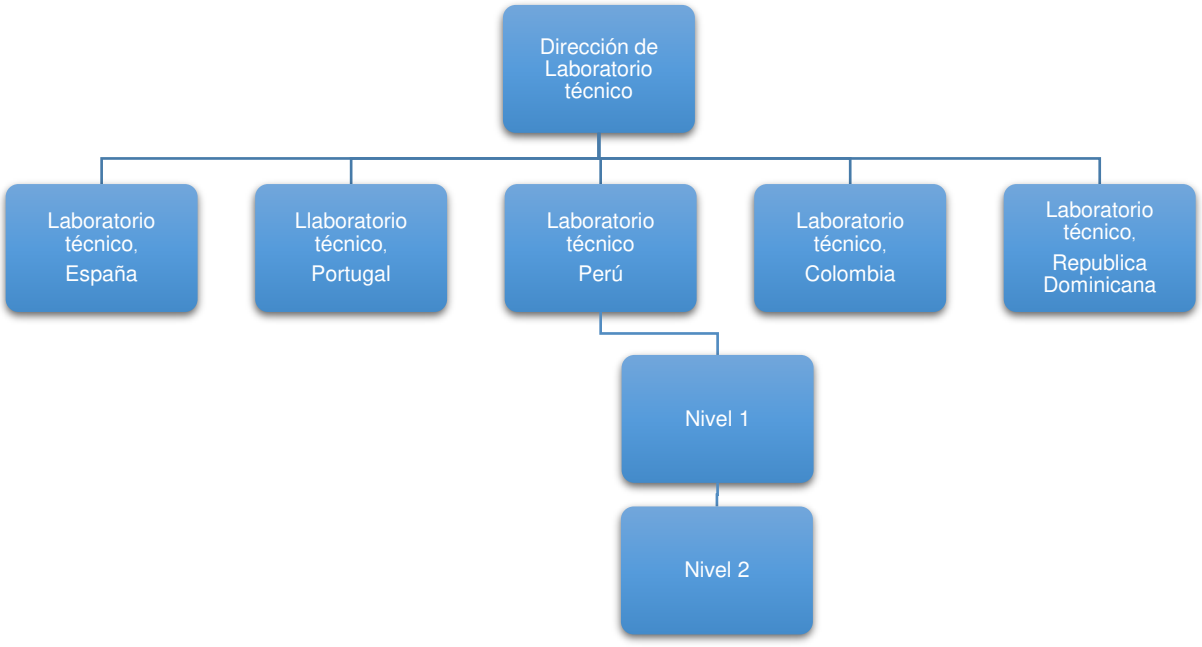
Misión

Mejorar la gestión de redes de medios de pago, ayudando a que sean accesibles, eficientes y tecnológicamente avanzadas.

Como se mencionó anteriormente la empresa NP+ tiene sus orígenes en España, desde donde el Director Corporativo lidera los distintos laboratorios (Nivel 1 y Nivel 2), como España, Portugal, República Dominicana, Colombia y Perú, siendo este último donde se centrará el estudio. Líneas abajo se muestra la Figura 2 con la estructura orgánica del laboratorio técnico.

Figura 2

Estructura orgánica del Laboratorio Técnico



Nota: Elaboración propia

2.2 Problemática

Un estudio de Mercado del Sistema de tarjetas de Pago en el Perú realizado por Indecopi revela lo siguiente: “En el Perú, existen dos procesadoras de pago, que también brindan el servicio de adquirencia, Niubiz y PMP. Niubiz se encarga de procesar únicamente las transacciones de Niubiz para la marca Visa, mientras que PMP que se encarga de procesar las transacciones de PMP, ExpressNet285 y Diners para las marcas Mastercard, American Express y Diners. Si bien las transacciones pueden ser capturadas a través de terminales físicos o en plataformas de pago, el enrutamiento solo puede ser realizado por Niubiz y PMP.

Al respecto, considerando la operación de captura realizada por los procesadores de pago a través de terminales físicos se tiene que entre el 2015 y 2019, el número total de terminales se incrementó en 84% pasando de 193 mil a 355 mil terminales” (Espinoza J, Ortiz H, Palacios H; Raza A; Aranguri A, 2021, p. 93)

Como se indica, el rápido crecimiento del mercado de medios de pago en el Perú viene acompañado con una mayor introducción de terminales físicos (TPV), los cuales necesitan un soporte técnico electrónico para su mantenimiento y conservación. Este crecimiento de mercado hace que la empresa en estudio, en los últimos años, incorpore nuevos clientes a su cartera comercial con el fin de brindar el soporte técnico necesario. Algunas veces los ingresos de TPV al laboratorio técnico por parte de los clientes son aleatorios, generando inestabilidad y trayendo consigo una mala planificación para la atención debida, generando un mal dimensionamiento en la asignación de recursos humanos o técnicos electrónicos.

Si bien es cierto las reparaciones de TPV son uno de los servicios principales de la empresa y en la actualidad se trabaja con asignación de recursos humanos de manera empírica y se desconoce si

existe una mejora en la asignación de dichos recursos que minimice los costos del proceso, así como la ausencia de alguna herramienta cuantitativa que permita comparar la situación actual del proceso con posibles escenarios de mejora.

2.2.1 Formulación del problema General

¿Existirá una mejor asignación de los técnicos electrónicos en el proceso de reparación de TPV que reduzca los costos actuales en los que incurre la empresa?

2.2.2 Formulación de los problemas específicos

¿Cuál es el proceso de reparación de TPV con sus distintos escenarios en la asignación de técnicos electrónicos?

¿Cómo analizar el proceso actual y los escenarios a generar en la asignación de técnicos electrónicos?

¿Cuál es el mejor escenario en la asignación de técnicos electrónicos que minimice los costos del proceso, cumpliendo los acuerdos de niveles de servicio?

2.3 Objetivos de la actividad

2.3.1 Objetivo principal

Determinar mediante la simulación de sistemas el número apropiado de técnicos electrónicos, que reduzca los costos en el proceso de reparación de TPV.

2.3.2 Objetivos específicos

Identificar el proceso de reparación de TPV y proponer distintos escenarios para la asignación de Técnicos electrónicos.

Diseñar un modelo de simulación del proceso de reparación de TPV que permita analizar la situación actual y los escenarios a generar.

Determinar el mejor escenario que permita minimizar los costos, cumpliendo con los acuerdos de niveles de servicios.

2.3.3 Justificación

El valor del conocimiento para un inversionista con respecto a la asignación de sus recursos y poder controlar las distintas tareas de sus proyectos de inicio a fin, le permite determinar los tiempos involucrados en completar una tarea, así como los costos de la misma.

El presente trabajo de investigación busca encontrar escenarios dentro del proceso de reparación de TPV, que permitan determinar el número apropiado de técnicos electrónicos con el fin de minimizar los costos del proceso para rentabilizar al máximo las jornadas laborables, cumpliendo o mejorando los niveles de servicio acordados con los clientes.

De igual manera se busca reforzar conocimientos de simulación con la Investigación Operativa, en la mejora de toma de decisiones, relacionados al proceso de reparación de TPV.

2.4 Metodología y procedimientos

2.4.1 Marco teórico

2.4.1.1 Antecedentes

(Miluska Fernanda Fernández Tesillo & Johanna Lily Beltran Valdivia, 2020) quienes desarrollaron el trabajo de investigación para optar el grado académico de bachiller en Ingeniería Industrial: *"Aplicación del Software Arena para la Simulación del Proceso de Atención al Cliente de una Entidad Financiera de la Ciudad de Arequipa para el año 2020"*, el cual nos muestra un análisis del proceso de atención al cliente en una entidad financiera. Donde se platearon cinco

escenarios y se estipularon de dos a seis servidores. Como resultado del estudio se concluyó que el mejor escenario es reemplazar los dos servidores actuales a tres servidores, mejorando el porcentaje de utilización en un 67.29%, además de reducir los tiempos de espera en un 29% respecto al valor actual, así como el costo del sistema con una reducción de 3.16%.

A su vez el estudio permite reconocer que la simulación es aplicable a un proceso de servicio, donde se pueden simular distintos escenarios con distintos números de servidores o recursos humanos, e identificar dentro del modelo de simulación, los distintos costos de servicio, siendo este último una parte de los experimentos que se desea aplicar en las simulaciones del presente trabajo.

(Lorena Márquez Arnao, 2012) quien desarrolló el trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Industrial: *"Propuesta de reducción del tiempo de atención al cliente en el servicio de farmacia de una clínica particular"* el cual nos muestra un estudio de colas en el área de farmacia de una clínica particular. Se detalla un análisis situacional actual, especificando los principales problemas en el departamento de farmacia. Uno de ellos era el promedio de tiempo de permanencia en el servicio, que en su mayoría superaba los 9 minutos, tiempo aceptable por la empresa. Una de las propuestas fue rediseñar el layout con mejoramiento en la reasignación de sus servidores, así como la realización de una a dos tareas de un servidor en los subprocesos de pago y dispensación. El resultado del estudio mostró la mejora del tiempo promedio total del sistema a 11 minutos, con 05 segundos, equivalente a una reducción del 34.3%. Este estudio nos da a conocer que el proponer distintos escenarios como la reasignación de recursos o servidores con el uso de más de una tarea, puede ayudar a encontrar el mejor escenario que minimice los costos asociados. Siendo este uno de los objetivos del presente estudio

(Abanto Leon, Carlos Enrique Eloy & Abanto Espinoza, Eloy Humberto, 2018) quienes desarrollaron el trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Industrial: *"Propuesta de mejora aplicada a la programación de turnos de cajeros y dimensionamiento de la cantidad asistentes de venta en una tienda por departamentos que incremente la productividad y satisfacción del cliente"*, el cual nos muestra una propuesta de la mejora en asignación de recursos o servidores en una tienda por departamentos, mediante la técnica matemática de programación lineal y su validación con el software de simulación Arena. Como resultado del estudio se concluyó que existen muchos cajeros que no están siendo utilizados y se encuentran vacíos en la simulación, evidenciando que existía un sobredimensionamiento de recursos. El modelo propuesto y validado con la simulación brinda una menor cantidad de cajeros y con una mejor asignación de recursos, trayendo consigo una mejora en la productividad. Estos hallazgos brindarán al presente trabajo los conceptos, variables y criterios a tomar en cuenta, para modelar el proceso de reparaciones con el uso de la simulación.

(Dick Steven Raúl Torrejón Reátegui, 2016) quien desarrolló el trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Industrial: *"Mejora del proceso de reparación de un taller de carrocería y pintura utilizando la Simulación de Operaciones"* el cual nos muestra un estudio de colas en un taller automotriz enfocándose principalmente en los procesos de carrocería y pintura. Se mencionan tres indicadores con oportunidad de mejora, Productividad con 113% versus el 160% de meta, el cual se atribuye a una mala valuación de daños o los operarios son lentos, como segundo indicador se menciona el Tiempo promedio de permanencia de 11 días y por último el cumplimiento promesa de entrega de los automóviles reparados con 77%. Como propuesta de mejora luego de realizar la simulación con el software Arena, se demuestra como solución óptima para reducir el tiempo de permanencia de los automóviles, es reducir un operario reparador y

aumentar un operario adicional, en carrocería, pintura leve y pintura grave. Estos cambios vienen acompañados con mejoras en los indicadores de Tiempo de permanencia a 9 días y unidades reparadas por mes de 185 automóviles que simboliza 7 unidades adicionales al promedio actual. Esta tesis con sus resultados ayuda en el presente estudio (reparación de laboratorio técnico), en poder identificar los distintos procesos de reparaciones de un taller automotriz, así como identificar mejores propuestas en la asignación de recursos que mejoren distintos indicadores que se manejan en el proceso de reparaciones.

2.4.1.2 Herramientas Estadísticas

Prueba de Bondad y ajuste de Chi Cuadrado:

Esta prueba tiene como objetivo determinar si es probable que una variable venga o no de una distribución dada y se aplica a distribuciones continuas y discretas con un tamaño de muestra mayor o igual a 90, y tiene el estadístico de prueba:

$$X_0^2 = \sum_{I=1}^{K} \frac{(o_{i-}\ e_i)^2}{e_i}$$

Donde:

- X_0^2*:* valor de una variable aleatoria cuya distribución se aproxima a una distribución Chi-Cuadrado
- k : número de categorías distintas
- o_i: valor observado para la i^{esima} categoría
- e_i: valor esperado para la i^{esima} categoría

Las hipótesis usadas son:

- H_0: Los datos se ajustan a la distribución teórica

- H_1: Los datos no se ajustan a la distribución teórica
- Se rechaza H_0 cuando $X_0^2 > X^0_{\propto,k-s-1}$

Prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S):

Esta prueba es aplicable a distribuciones continuas sin importar el tamaño de muestra y cuenta con el estadístico de prueba:

$$D = máx|F_n(x_i) \ - \ F_0(x_i)|$$

Donde:

- x_i: es el valor i-ésimo observado de la muestra
- $F_n(x_i)$: es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales a x_i
- $F_0(x_i)$: es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales a x_i

Las hipótesis usadas son:

- H_0: La variable aleatoria *x*, se ajusta a la distribución planteada.
- H_1: La variable aleatoria *x*, no se ajusta a la distribución planteada.
- Se rechaza H_0 cuando $máx|F_n(x_i) \ - \ F_0(x_i)| > D$

P- value:

Segun (Douglas C. Montgomery & George C. Runger, s. f.) El valor P es la probabilidad de que el estadístico de prueba tome un valor que sea al menos tan extremo como el valor observado del estadístico cuando la hipótesis nula H_0 es verdadera. Por lo tanto, un valor P comunica mucha información acerca del peso de la evidencia en contra de H_0 y así, el responsable de la toma de decisiones pueda llegar a una conclusión con cualquier nivel de significación especificado

Número de réplicas:

Según (Torres Vega, Pedro Jesús, 2016) El número de réplicas se obtiene por medio de las siguiente formula

$$N = \left[\frac{Z_{(1-\alpha/2)} * S_{(n)}}{e} \right]^2 \quad \mathbf{n > 30}$$

Donde:

- N: Número de réplicas que el modelo necesita para alcanzar un nivel de confianza deseado.
- n: Muestra preliminar.
- $S_{(n)}$: Valor estimado de la desviación estándar σ, en base a la muestra preliminar n.
- e: Es la mitad del ancho del intervalo de confianza para μ (HalfWidth). Es un factor de precisión, representa el error entre la media estimada X(n) y la media verdadera μ (media teórica), que estamos dispuestos a tolerar.
- Z(1-α/2) Es un valor de tabla de la distribución Normal, α es la probabilidad que el error entre la media estimada X(n) y la media verdadera μ excederá en una cantidad específica "e".

2.4.1.3 Simulación de Sistemas

Según (BANKS, Jerry et al., 2010), una simulación es la imitación del funcionamiento de un proceso o sistema real a lo largo del tiempo, realizada a mano o en una computadora, la simulación implica la generación de un modelo artificial de un sistema y la observación del modelo para sacar conclusiones sobre las características operativas del sistema real.

En el modelo generalmente se toma la forma de un conjunto de supuestos relacionados con la operación del sistema. Estos supuestos se expresan en relaciones matemáticas, lógicas y simbólicas entre las entidades u objetos de interés del sistema. Una vez desarrollado y validado un modelo se puede utilizar para investigar una amplia variedad de preguntas ¿qué pasaría sí? sobre el sistema real. Los posibles cambios en el sistema pueden simularse primero, para predecir su impacto en el rendimiento del sistema. La simulación también se puede utilizar para estudiar sistemas en la etapa de diseño, antes de que tales sistemas sean construidos. Por lo tanto, el modelo de simulación se puede utilizar tanto como una herramienta de análisis para predecir el efecto de los cambios en los sistemas existentes y como una herramienta de diseño para predecir el rendimiento de nuevos sistemas bajo diferentes conjuntos de circunstancias.

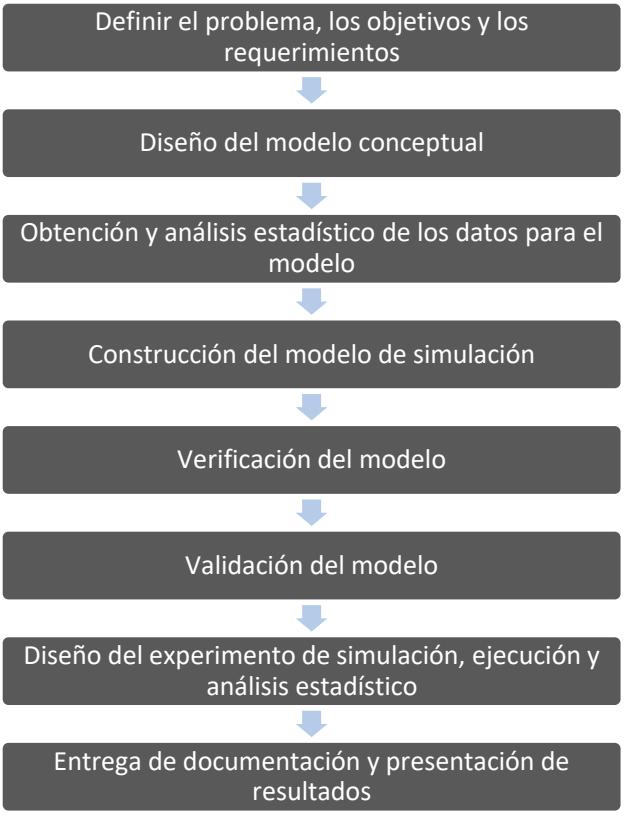
(Tayfur Altiok & Benjamin Melamed, 2007), el modelo de simulación es un modelo común para analizar sistemas complejos. En pocas palabras, este modelo crea una representación simplificada de un sistema bajo estudio. Luego, el modelo procede a experimentar con el sistema, guiado por un conjunto preestablecido de objetivos, como un diseño mejorado del sistema, análisis de costo-beneficio, sensibilidad a los parámetros de diseño, etc.

Fases del proyecto de Simulación.

(Torres Vega, Pedro Jesús, 2016), la Simulación como cualquier proyecto requiere de un planeamiento, coordinación y un entendimiento de los requerimientos de cada una de las tareas involucradas, a continuación, se presenta en la Figura 3 las fases del proyecto de simulación:

Figura 3

Fases del proyecto de Simulación



Fuente: (Torres Vega, Pedro Jesús, 2016)

Siguiendo el proceso de fases de un estudio de simulación, se identifica para el presente trabajo de investigación lo siguiente:

- Definir el problema, los objetivos y requerimientos: Esto se detalla en los puntos 3.2.1 y 3.41

- Diseño del modelo conceptual: Luego de definir el objetivo, se formula un modelo con una representación gráfica del proceso, precisando todas las variables y relaciones lógicas.
- Obtención de análisis estadístico de los datos para el modelo: Una vez formulado el modelo conceptual, se identifican sus variables aleatorias y se obtienen los datos con tomas de tiempos, observación directa y fuentes propias de la empresa. Una vez obtenido los datos, servirán como entrada para el modelo y trabajadas en el Input Analyzer para identificar su distribución de probabilidad.
- Construcción del modelo de simulación: En esta fase se debe reflejar el modelo conceptual en modelo de simulación del proceso de reparación de TPV, usando la información estadística y el software Arena.
- Verificación del modelo: En esta etapa se establece si el modelo simulado construido muestra correctamente el modelo conceptual diseñado, comprobando los resultados que arroja el software y confirmando que el modelo trabaja de forma adecuada.
- Validación del modelo: Aquí se valida si el modelo de simulación refleja el sistema real, esto se consigue comparando los resultados derivados en la simulación con los indicadores del sistema real.
- Diseño del Experimento de simulación y ejecución: En esta etapa se ejecuta los experimentos con ayuda del simulador, cambiando distintos escenarios deseados y ver las posibles propuestas de mejora
- Presentación de los resultados: En esta etapa se presentan las recomendaciones con el fin de mejorar el proceso actual, fundamentado en los resultados obtenidos de los modelos de simulación actual y propuestos, acompañado con un análisis de los indicadores y costos que nos brinde una mejor asignación de recursos humanos que soporte de forma adecuada

la variación de demanda en el proceso de reparación de TPV. Con estos resultados podemos construir las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

2.4.1.4 Software Arena

Arena es un software de simulación adquirido el 2000 por Rockwell Automation, el cual cuenta con distintas opciones para la elaboración, validación y experimentación de modelos, siendo flexibles en las modificaciones ya que se diseña sobre una base gráfica asociada a la elaboración de diagramas de flujo, permitiendo desarrollar los modelos de forma gráfica con un entorno visual e intuitivo

2.4.2 Delimitación

Para el presente estudio se toma en cuenta las siguientes delimitaciones:

Producto o servicio prestado: Nuevo Servicio de reparación TPV (Nivel 1 y Nivel 2), proveniente de un TVP vendido a un comercio afiliado como parte de su mantenimiento técnico.

Tiempo: Este servicio de reparaciones de TPV se inició a mediados de enero del 2022 y por ello se cuenta con 3 meses (Enero 2022 a Marzo 2022) para ejecutar el análisis del sistema, con el fin de conseguir información necesaria para proponer mejoras en el proceso de reparaciones.

2.4.3 Instrumentos de recolección de datos

Para el presente trabajo se usó lo siguiente:

- Instrumento

a) Entrevistas: Las entrevistas fueron ejecutadas a los distintos participantes del proceso de reparación. Los cuatro participantes seleccionados fueron los técnicos de reparación del Nivel 1 y Nivel 2. Por medio de este instrumento se logró identificar las distintas actividades y responsabilidades involucradas en dicho proceso, el cual se detalla en el punto 3.6.1.1
b) Observación: Este instrumento fue usado durante todo el tiempo que duró el presente estudio, con ánimos de conocer alguna actividad relevante, que se pudiese obviar. De igual manera este instrumento nos permitió poder levantar los tiempos involucrados en cada actividad del Nivel 1 y Nivel 2.

2.5 Resultados de la actividad

La presente investigación se inició con el levantamiento de información relacionado al proceso de Reparación de TPV. Para ello se usaron distintos instrumentos de recolección de datos como entrevistas, toma de tiempos y observaciones a las actividades de los técnicos de laboratorio electrónico tanto en Nivel 1 y Nivel 2, quienes son los principales actores del proceso. Esto permitió conocer el proceso, definir el problema y objetivos que busca la investigación, con el propósito de encontrar el número apropiado de técnicos electrónicos, que reduzca los costos en el proceso de reparación de TPV

2.5.1 Descripción del proceso de Reparación de TPV

El proceso de reparación de TPV pasa por el laboratorio técnico electrónico, soportado en dos etapas, que se denominan Reparación Nivel 1 y Reparación Nivel 2. Para mayor entendimiento se explica líneas abajo.

Reparación de TPV

El proceso de reparación de un TPV inicia con una intervención técnica o filtrado técnico, también llamado Nivel 1, este TPV proviene de un retiro o avería en distintos comercios (tiendas, bodegas, restaurantes, farmacias, etc). En este nivel solo se repara un TPV que no necesite apertura o cambio de repuestos (ver anexo 1), la revisión funcional contempla lo siguiente:

- Operatividad y buen estado de los teclados, pantalla, impresora, puertos de carga, puertos de comunicación, lector de banda, lector de chips, sensor contactless, carcasas superior e inferior, tapa de impresora, baterías, rodillos de impresora, engranajes y cualquier otro componente que pueda ser diagnosticado sin abrir el terminal.
- Limpieza de terminales, piezas mecánicas externas, impresoras, rodillos, contactos de baterías y otros.

Si el TPV logra repararse en este Nivel 1, se coloca con estado operativo y se entrega a Sala de llaves y concluye la reparación. Caso contrario se deriva a Nivel 2 para ser intervenido.

Todo TPV que provenga del N1 como equipo averiado es recepcionado en el laboratorio para su intervención técnica en N2 (ver anexo 2). Esta revisión técnica incluye, el reemplazo de piezas.

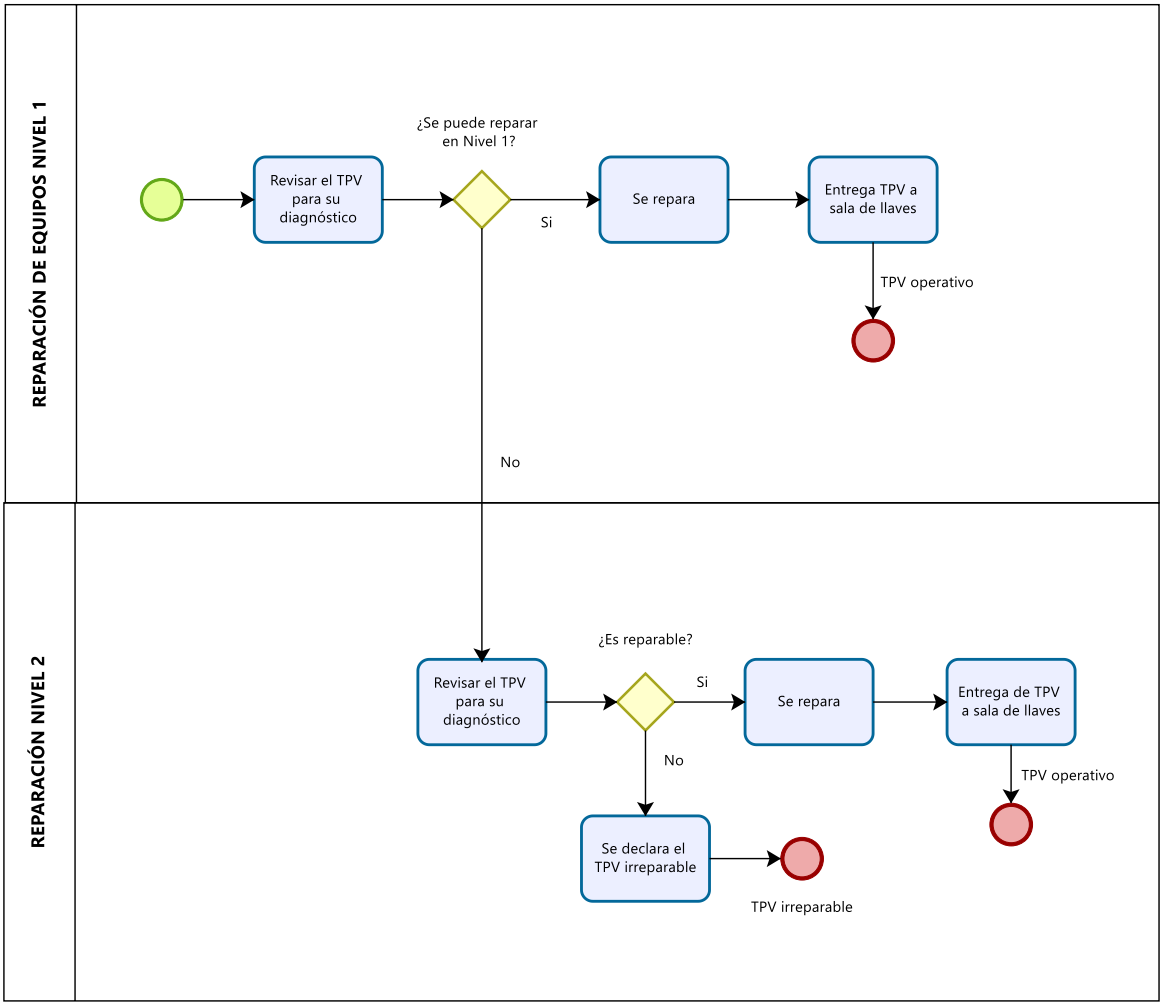
- Cambio de display.
- Cambio de impresora.
- Cambio de cubre papel.
- Cambio de lector banda.
- Cambio de lector de chip.
- Cambio de conectores.
- Cambio de teclado.

- Cambio de carcasas superior e inferior.
- Cambio de micas.
- Cambio de pantalla.
- Reparación de módulo de comunicación.
- Reparación de lector de tarjeta.
- Desbloqueo o retiro de tamper.
- Carga de SO y aplicativo.
- Medición y reemplazo de pilas internas cuando estas se encuentren en el límite permitido o por debajo de este.

  Si el TPV logra repararse, se coloca con estado operativo y se entrega a sala de llaves y concluye la reparación. Si resulta diagnosticado como irreparable, es decir que no puede ser puesto operativo o funcionando, se declara irreparable y concluye la intervención. A continuación, se presenta la Figura 4 donde se detalla el proceso de reparación de TPV

Figura 4

Proceso de reparación de TPV



Nota: Elaboración propia

2.5.2 Variables Aleatorias y parámetros de simulación

Las variables que se definen en base al proceso que se va a simular son las siguientes:

- X1= Tiempo entre llegadas de los lotes de TPV
- X2= Cantidad de lotes que llegan

- X3= Tiempo de servicio en Nivel 1
- X4= Probabilidad de pasar a Nivel 2
- X5 = Tiempo de servicio en Nivel 2
- X6 = Probabilidad de que todo este ok

Los parámetros para la corrida de simulación son las siguientes:

- Tres meses de simulación
- Cada mes tiene 22 días útiles
- Cada día tendrá seis horas de trabajo neto
- Las unidades se expresan en horas
- El total de recursos en el proceso actual son de 4 técnicos
- Las réplicas iniciales serán de 30

Los indicadores del proceso que van a permitir evaluar su eficiencia y cumplimiento de los objetivos de la empresa son los siguientes:

- Nivel de cumplimiento: Total de TPV atendidos a tiempo / Total de TPV atendidos
- Tiempo en el sistema de un TPV
- Tiempo de espera en colas de un TPV
- Total de TPV atendidos
- Utilización de los recursos
- Número promedio de TPV en el proceso

2.5.3 Distribución de las Variables Aleatorias

X1: Tiempo entre llegadas de los lotes de TPV

Para la variable X1, que es el tiempo entre llegadas de los lotes de TPV, se realizó la siguiente recolección de datos:

Se tomó la muestra de nueve días a lo largo de tres meses, considerando que los lotes de arribo son semanales y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 1

Tiempo entre llegadas

Días entre Llegadas	Ocurrencias	Probabilidad	Acumulado
4	3	0.333	0.333
6	3	0.333	0.667
7	2	0.222	0.889
10	1	0.111	1.000
Total	9	1.000	

El tiempo entre llegadas sigue una distribución de probabilidad discreta DISC (0.333,4,0.667,6,0.889,7,1,10)

X2: Cantidad de lotes que llegan

Para la variable X2, que es la cantidad de lotes, se realizó la siguiente recolección de datos:

Se tomó la muestra de diez días a lo largo de tres meses, considerando que los lotes de arribo son semanales y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 2

Cantidad por arribos

	Cantidad x arribos	Lotes de 10	Ocurrencias	Probabilidad	Acumulado
	150	15	2	0.2	0.2
	190	19	1	0.1	0.3
	200	20	2	0.2	0.5
	210	21	1	0.1	0.6
	220	22	1	0.1	0.7
	240	24	2	0.2	0.9
	250	25	1	0.1	1
Total	1460	146	10	1	

La cantidad por arribos de TPV sigue una distribución de probabilidad discreta DISC (0.2,15,0.3,19,0.5,20,0.6,21,0.7,22,0.9,24,1,25)

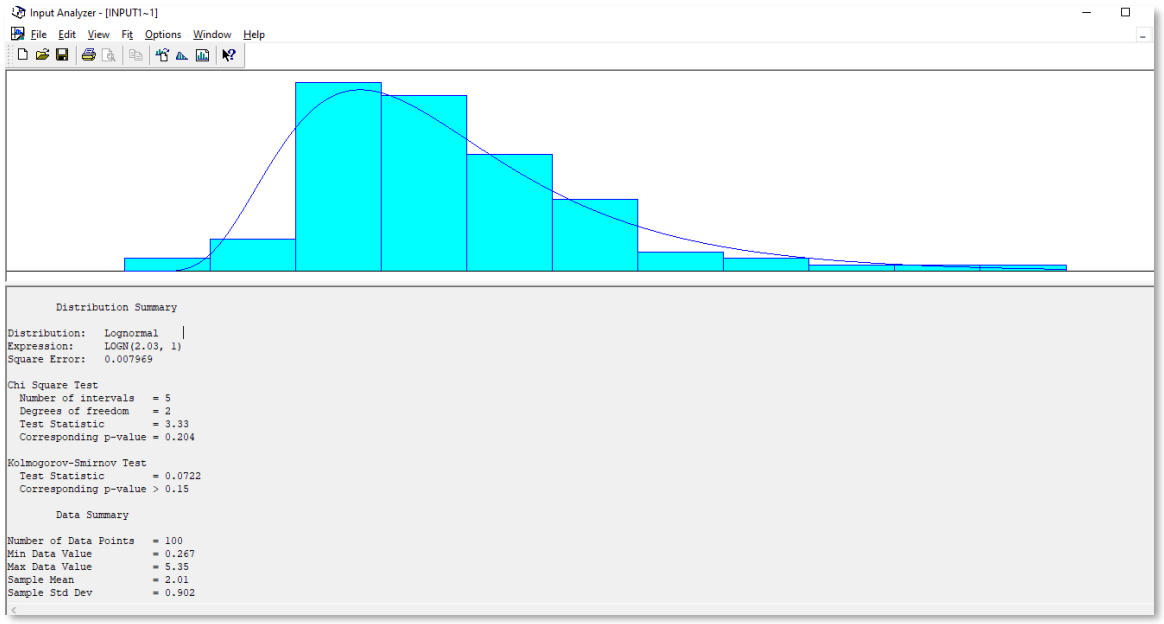
X3: Tiempo de servicio en Nivel 1

Para esta variable se recolectó una muestra de 100 datos, en los cuales se analizó el tiempo de servicio que toma un TPV en Nivel 1. Aquí se tomó los tiempos que dura esta actividad en reparar un TPV sin apertura, hasta su diagnóstico o puesta en estado operativo.

Estos datos se llevaron al software con el complemento de Arena Input Analyzer el cual permitió ajustar los datos a una distribución estadística tal como se muestra en la siguiente figura 5:

Figura 5

Resultado de Input Analyzer (Tiempo de servicio en Nivel 1)



Se observa en la figura que la distribución pasa la prueba Chi cuadrado y KS, donde el p-value es mayor a 0.05, con lo cual se concluye que la distribución Lognormal ajustada por el Input Analyzer representa el comportamiento de los datos trabajados. Por tanto, X3= LOGN (2.03, 1) minutos, Tener en cuenta cómo se va a simular en lotes de 10 el tiempo para nivel 1 será LOGN (2.03, 1)*10

X4: Probabilidad de pasar a Nivel 2

Para la variable X4, que es la probabilidad de que un TPV pase a Nivel 2, se realizó la siguiente recolección de datos:

Se tomó las estadísticas de los TPVs intervenidos a lo largo de los últimos tres meses y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 3

Cantidad de TPV intervenidos en Nivel 1 y Nivel 2

Tipo de Intervención	Cantidad	Probabilidad
TPV reparados en Nivel 1	292	0.2
TPV que pasan a Nivel 2	1168	0.8
Total	1460	1

La probabilidad de que un TPV pase a Nivel 2 desde Nivel 1, es del 0.8.

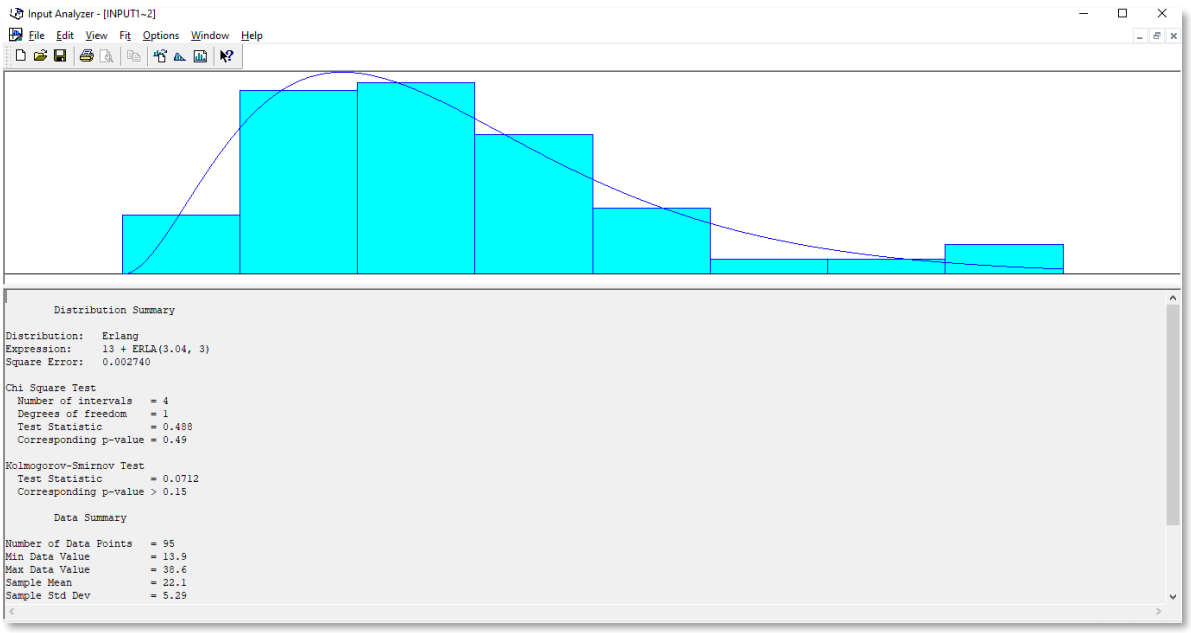
X5: Tiempo de servicio en Nivel 2

Para esta variable se recolectó una muestra de 95 datos, en los cuales se analizó el tiempo de servicio que toma un TPV en Nivel 2. Aquí se tomó los tiempos que dura esta actividad en reparar un TPV con apertura, hasta su diagnóstico irreparable y puesta en estado operativo.

Estos datos se llevaron al software con el complemento de Arena Input Analyzer el cual permitió ajustar los datos a una distribución estadística tal como se muestra en la siguiente figura 6:

Figura 6

Resultado de Input Analyzer (Tiempo de servicio en Nivel 2)



Se observa en la figura que la distribución pasa la prueba Chi cuadrado y KS, donde el p-value es mayor a 0.05, con lo cual se concluye que la distribución Erlang ajustada por el Input Analyzer representa el comportamiento de los datos trabajados. Por tanto, X5= 13 + ERLA (3.04, 3) minutos, Tener en cuenta cómo se va a simular en lotes de 10 el tiempo para nivel 2 será (13 + ERLA (3.04, 3))*10

X6: Probabilidad de que todo este ok

Para la variable X6, que es la probabilidad de que un TPV se logre reparar en Nivel 2, se realizó la siguiente recolección de datos:

Se tomó las estadísticas de los TPVs intervenidos a lo largo de los últimos tres meses y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 4

Cantidad de TPV reparados e irreparables en Nivel 2

Tipo de Intervención	Cantidad	Probabilidad
TPV reparados (operativos)	1075	0.92
TPV reparados (irreparables)	93	0.08
Total	1168	1

La probabilidad de que un TPV se repare en Nivel 2, es del 0.92

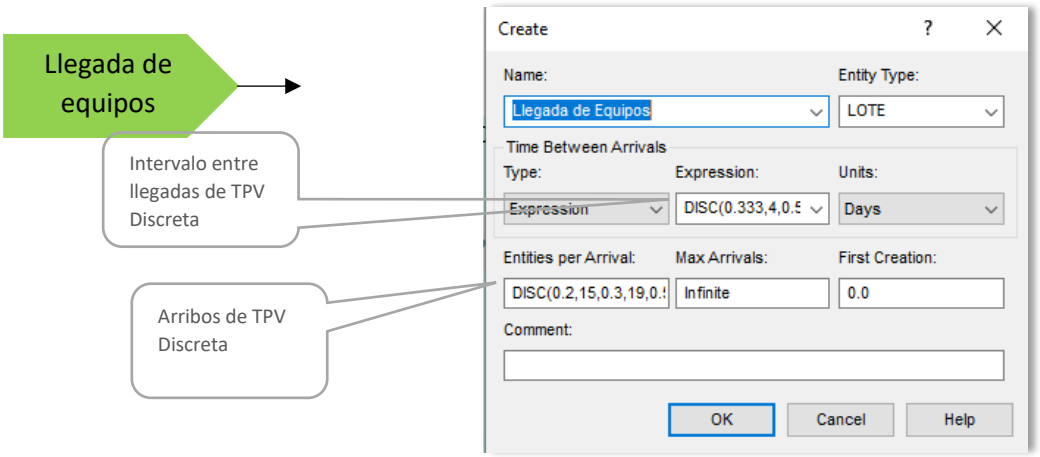
2.5.4 Diseño del simulador del proceso actual

En base a la descripción del proceso, las variables y parámetros de simulación, así como las distribuciones definidas para cada variable aleatoria, se desarrolla un simulador del proceso actual de reparación de TPV con el software Arena. A continuación, se describe la forma en que se diseña el simulador.

Para las llegadas de TPV, se utiliza el módulo Create donde se define el tiempo entre llegadas de los lotes de TPV: X1, la entidad que son los lotes de TPV, así como la cantidad de lotes que llegan en cada arribo.

Figura 6

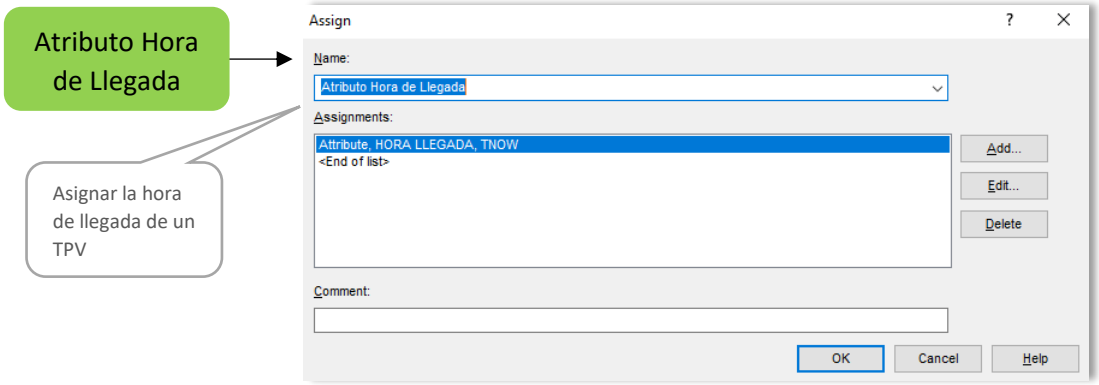
Modulo Create para llegada de TPV



Para asignar valores de la hora de llegada de TPV, se utiliza el módulo Assing.

Figura 7

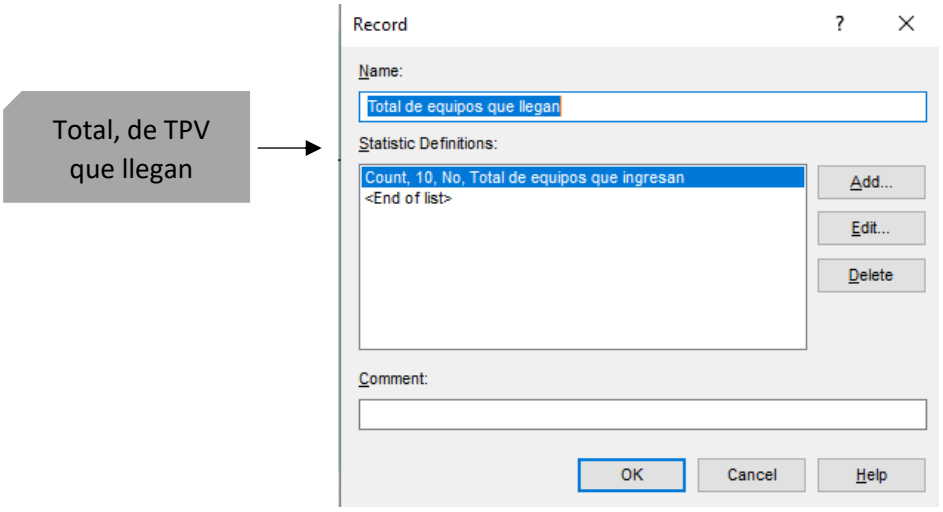
Módulo Assing para hora de llegadas



Para poder recolectar la estadística del total de TPV que llegan, se utiliza el módulo Record. Este tipo de módulos servirán para recolectar otras estadísticas del proceso.

Figura 8

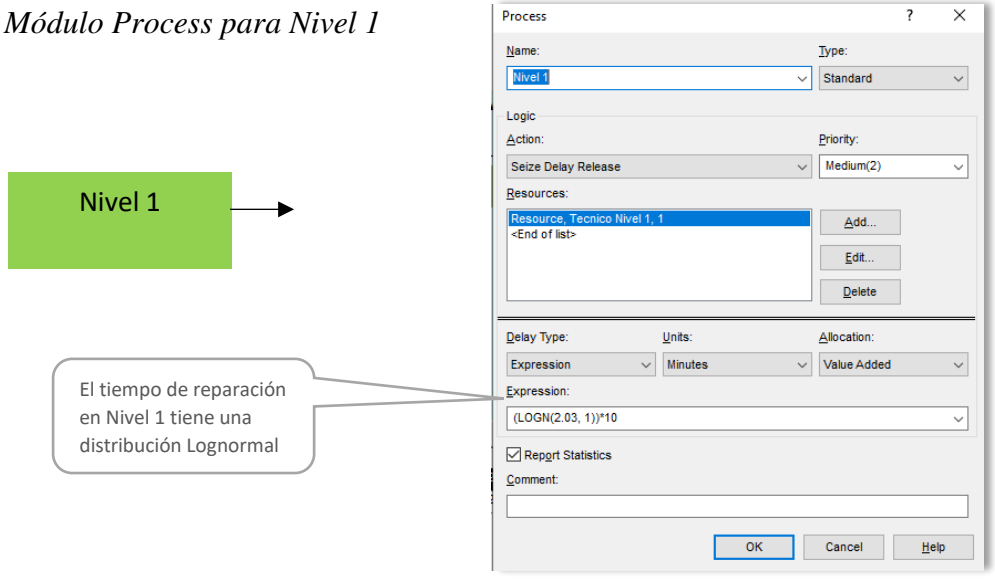
Modulo Record para total de TPV que llegan



Para el proceso de reparación de TPV, se utiliza el módulo Process donde se define el tiempo de servicio en Nivel 1 : X3.

Figura 9

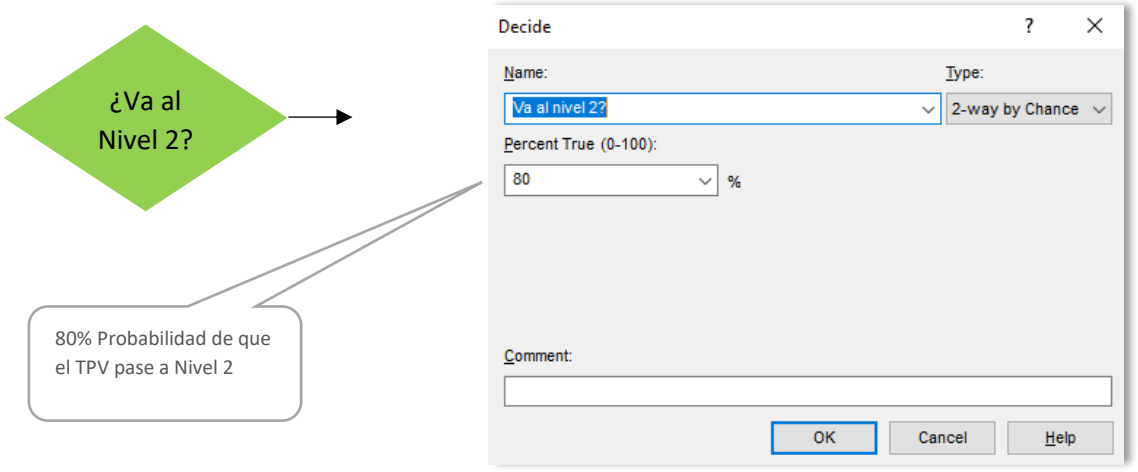
Módulo Process para Nivel 1



Para la representación del condicional dentro del proceso de reparación de TPV en Nivel 1, se utiliza el módulo Decide, donde se define la Probabilidad de pasar a Nivel 2: X4.

Figura 10

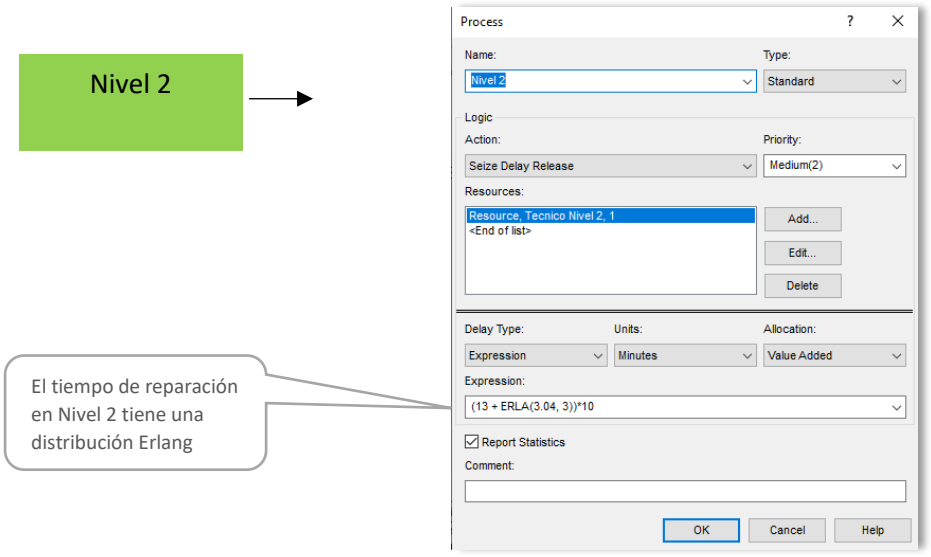
Módulo Decide para Nivel 2



Para el proceso de reparación de TPV, se utiliza el módulo Process donde se define el Tiempo de servicio en Nivel 2 : X5.

Figura 11

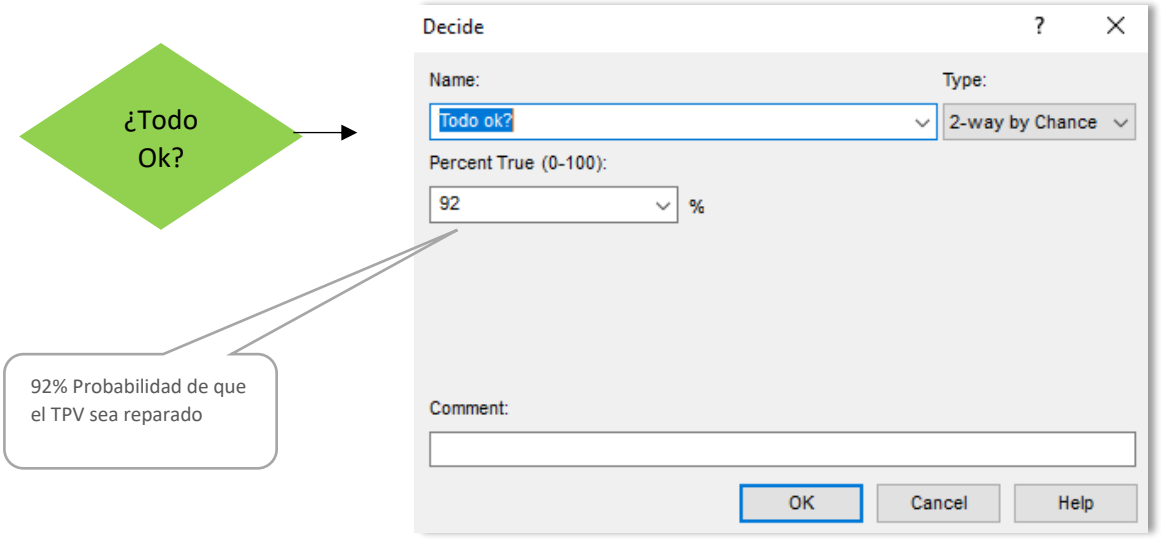
Módulo Process para Nivel 2



Para la representación del condicional dentro del proceso de reparación de TPV en Nivel 2, se utiliza el módulo Decide, donde se define la Probabilidad de que todo este Ok (equipo reparado): X6.

Figura 12

Módulo Decide para que el TPV sea reparado



Para las salidas de TPV, se utiliza el módulo Dispose que indica la finalización del proceso en estudio

Figura 12

Módulo Dispose para finalización del proceso

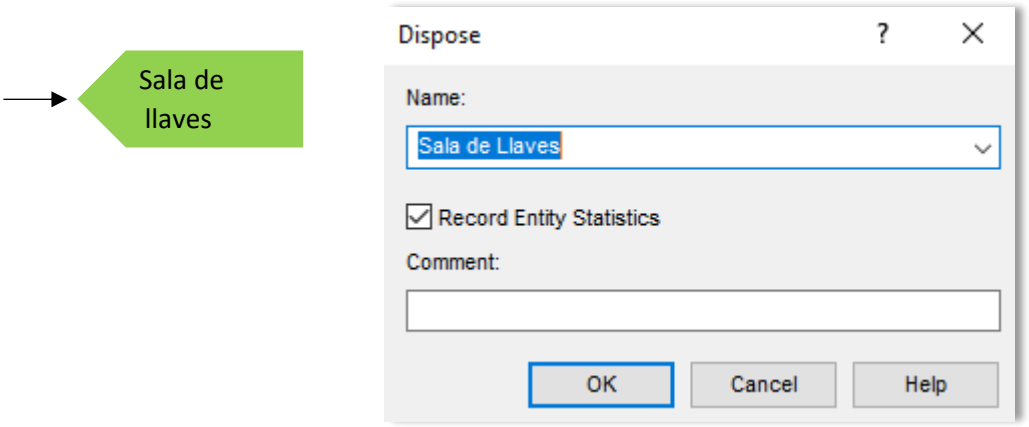
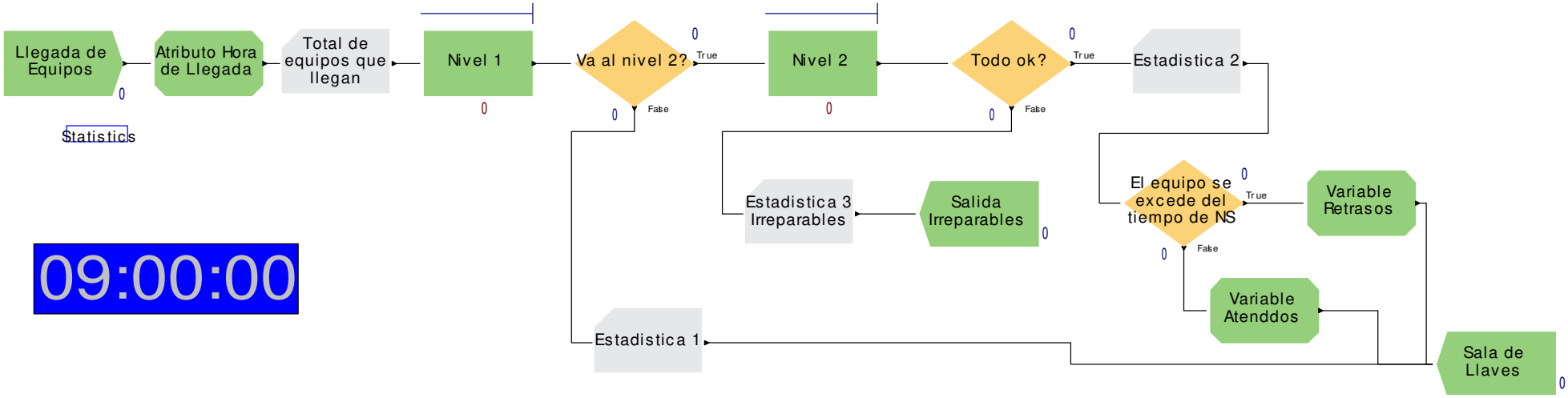


Figura 13

Proceso de Reparación de TPV



Número de replicas

Para la simulación del proceso actual se define como replicas iniciales un número de 31, tomando en cuenta la siguiente formula:

$$N = \left[\frac{Z_{(1-\alpha/2)} * S_{(n)}}{e} \right]^2 \qquad \mathbf{n > 30}$$

Además, se considerará a los tres indicadores más importantes del proceso para evaluar cuantas replicas como mínimo se necesitan en la simulación. Para el presente trabajo se define un error del 5% con respecto al valor promedio de cada indicador para considerar confiable su valor. Además, se trabajará con un nivel de confianza del 95%. El complemento del software Arena Output Analyzer permite obtener información al detalle de los intervalos de confianza para las réplicas previas a evaluar. La figura 14 desarrolla como se obtuvo el número de réplicas mínima

Figura 14

Obtención de número de replicas

Parametro **5.0%** Alfa= **0.05** (1-Alfa/2) **0.975**

Indicador	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER	Error	N*
	(Promedio)	DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.	5%Media	
Tiempo Sistema N1	1.84	0.147	0.0539	1.66	2.25	31	0.092	10
Tiempo Sistema N2	20.8	3.48	1.27	15.1	28.2	31	1.04	44
%nivel cumplim	98.4	2.31	0.848	92.8	100	31	4.92	1

Indicador	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER	Error	N*
	(Promedio)	DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.	5%Media	
Tiempo Sistema N1	1.84	0.136	0.0415	1.62	2.25	44	0.092	9
Tiempo Sistema N2	21	3.88	1.18	15.1	33.1	44	1.05	53
%nivel cumplim	98.3	2.98	0.907	86.6	100	44	4.915	2

Indicador	AVERAGE	STANDARD	0.950 C.I.	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER	Error	N*
	(Promedio)	DEVIATION	HALF-WIDTH	VALUE	VALUE	OF OBS.	5%Media	
Tiempo Sistema N1	1.87	0.168	0.0462	1.62	2.33	53	0.0935	13
Tiempo Sistema N2	20.9	3.69	1.02	15.1	33.1	53	1.045	48
%nivel cumplim	98.5	2.77	0.764	86.6	100	53	4.925	2

53 ES EL N MÍNIMO DE RÉPLICAS

Se define a priori 31 réplicas iniciales. Luego de ejecutar las corridas de simulación, utilizando el Output analyzer se tiene los datos de la primera parte de la tabla. Aplicando la formula mencionada (n>30) se sugiere como N* = 44. Posterior a ellos, se vuelve a ejecutar el modelo de simulación, pero con 44 réplicas. Los resultados se muestran en la parte central de la tabla. Nuevamente se aplica la fórmula del número de réplicas, obteniendo un N*=53. Finalmente, se ejecuta el modelo con 53 réplicas y se obtiene que el N=53 cumple con las condiciones establecidas del error y nivel de confianza. Por tanto, N=53 es el número mínimo de réplicas que se utilizarán en la simulación del proceso actual.

2.5.5 Resultados de la simulación actual

En base a una corrida de simulación de 53 réplicas los resultados de los indicadores más importantes fueron los siguientes:

Tally

Interval	Average
TSistema nivel 1	1.8715
Tsistema Nivel 2	20.9129

Counter

Count	Average
Irreparables	150.75
Reparados Nivel 1	457.74
Reparados Nivel 2	1617.17
Total de equipos que ingresan	2331.70

El tiempo en el sistema para los TPV que solo requieren del Nivel 1 es de 1.87 horas en promedio. A su vez, el tiempo en el sistema para aquellos equipos que requieren los dos niveles de reparación es de 20.91 horas en promedio. Estos resultados se asemejan al comportamiento actual del proceso real con lo cual se puede concluir que el simulador desarrollado está representando los valores de los indicadores importantes del sistema en estudio.

Hay un total de 2331.70 TPV que fueron reparados durante los tres meses de simulación lo cual se asemeja al comportamiento actual del preso real. Así también se tiene 150.75 equipos irreparables

Output

Output	Average
%NIVEL CUMPLIMIENTO	98.4684

El indicador más importante que se evalúa en el proceso es el nivel de cumplimiento. El valor porcentual del nivel de cumplimiento, luego de tres meses de haber ejecutado la simulación, es de 98.47% y este valor obtenido es muy cercano al valor del indicador en el proceso real.

Queue

Time

Waiting Time	Average
Nivel 1.Queue	1.5625
Nivel 2.Queue	15.3621

Other

Number Waiting	Average
Nivel 1.Queue	0.9169
Nivel 2.Queue	7.2675

En cuanto al comportamiento de colas se observa que en el nivel 2 hay TPV que han esperado hasta 15 horas para ser atendidos. También se observa un tamaño de cola promedio 7.26 TPV en el nivel 2. Sin embargo, cabe mencionar que estos resultados no influyen en gran medida en el porcentaje de nivel de cumplimiento. Si bien los resultados de estos indicadores son semejantes al sistema real no generan un cuello de botella que ponga en riesgo al nivel de cumplimiento

Scheduled Utilization	Average
Tecnico Nivel 1	0.0982
Tecnico Nivel 2	0.8279

Finalmente se observa que los técnicos nivel 1 dedican un 10% de sus actividades a este proceso, mientras los técnicos del nivel 2 llegan a estar ocupados un 82.8% en promedio lo cual está en los paramentos máximos por la empresa.

En base a los resultados se concluye que el simulador actual representa al proceso real de las reparaciones de equipos y está listo para realizar experimentos.

2.5.6 Diseño de los simuladores propuestos

Para cumplir los objetivos del presente trabajo se va a evaluar las siguientes propuestas:

Escenario 1: La demanda de TPV se mantiene igual y se tiene un técnico en nivel 2

Escenario 2: La demanda de TPV se mantiene igual y se tiene tres técnicos en nivel 2

Escenario 3: La demanda de TPV se reduce y se tiene un técnico en nivel 2

Escenario 4: La demanda de TPV se reduce y se tiene dos técnicos en nivel 2

Escenario 5: La demanda de TPV se mantiene y se tiene un técnico en nivel 1

Escenario 6: La demanda de TPV se reduce y se tiene un técnico en nivel 1

Para el escenario 1 en el software Arena se hizo los siguientes cambios:

Resource

Name	Type	Capacity
Tecnico Nivel 1	Fixed Capacity	2
Tecnico Nivel 2	Fixed Capacity	1

Se consideró solo un técnico en Nivel 2, manteniendo la demanda.

Para el escenario 2 en el software Arena se hizo los siguientes cambios:

Resource

Name	Type	Capacity
Tecnico Nivel 1	Fixed Capacity	2
Tecnico Nivel 2	Fixed Capacity	3

Se consideró tres técnicos en Nivel 2, manteniendo la demanda.

Para el escenario 3 en el software Arena se hizo los siguientes cambios

Se estima que tendrá entre 50 y 30 equipos menos en promedio esto hará que la distribución discreta X2: DISC(0.2,10,0.3,14,0.5,15,0.6,16,0.7,17,0.9,19,1,20) el cambio en Arena sería el siguiente:

Create

Entities per Arrival
DISC(0.2,10,0.3,14,0.5,15,0.6,16,0.7,17,0.9,19,1,20)

Resource

Name	Type	Capacity
Tecnico Nivel 1	Fixed Capacity	2
Tecnico Nivel 2	Fixed Capacity	1

Se consideró solo un técnico en Nivel 2, disminuyendo la demanda.

Para el escenario 4 en el software Arena se hizo los siguientes cambios

Se estima que tendrá 50 equipos menos en promedio esto hará que la distribución discreta X2: DISC(0.2,10,0.3,14,0.5,15,0.6,16,0.7,17,0.9,19,1,20) el cambio en Arena sería el siguiente:

Create

Entities per Arrival
DISC(0.2,10,0.3,14,0.5,15,0.6,16,0.7,17,0.9,19,1,20)

Resource

Name	Type	Capacity
Tecnico Nivel 1	Fixed Capacity	2
Tecnico Nivel 2	Fixed Capacity	2

Se consideró dos un técnico en Nivel 2, disminuyendo la demanda.

Para el escenario 5 en el software Arena se hizo los siguientes cambios:

Resource

Name	Type	Capacity
Tecnico Nivel 1	Fixed Capacity	1
Tecnico Nivel 2	Fixed Capacity	2

Se consideró un técnico en Nivel 1, manteniendo la demanda.

Para el escenario 6 en el software Arena se hizo los siguientes cambios:

Se estima que tendrá 50 equipos menos en promedio esto hará que la distribución discreta X2:

DISC(0.2,10,0.3,14,0.5,15,0.6,16,0.7,17,0.9,19,1,20) el cambio en Arena sería el siguiente:

Create

Entities per Arrival
DISC(0.2,10,0.3,14,0.5,15,0.6,16,0.7,17,0.9,19,1,20)

Resource

Name	Type	Capacity	E
Tecnico Nivel 1	Fixed Capacity	1	0
Tecnico Nivel 2	Fixed Capacity	2	0

Se consideró un técnico en Nivel 1, disminuyendo la demanda.

Para los seis escenarios las demás variables de simulación y parámetros se mantienen igual

2.5.7 Resultados de la simulación propuesta

Escenario 1

Los resultados que se obtuvieron en el Crystal Reports para el escenario 1 es lo siguiente:

Tally

Interval	Average
TSistema nivel 1	1.9303
Tsistema Nivel 2	97.9983

Counter

Count	Average
Irreparables	82.8302
Reparados Nivel 1	474.53
Reparados Nivel 2	982.45
Total de equipos que ingresan	2383.96

El tiempo en el sistema para los TPV que solo requieren del Nivel 1 es de 1.93 horas en promedio. A su vez, el tiempo en el sistema para aquellos equipos que requieren los dos niveles de reparación es de 97.99 horas en promedio.

Hay un total de 982 TPV que fueron reparados durante los tres meses de simulación de los 2383 TPV que en total ingresaron, el resto de los equipos solo necesitaron el nivel 1, fueron irreparables o siguen en proceso.

Output

Output	Average
%NIVEL CUMPLIMIENTO	20.7435

El indicador más importante que se evalúa en el proceso es el nivel de cumplimiento. El valor porcentual del nivel de cumplimiento, luego de tres meses de haber ejecutado la simulación, es de 20.74% y este valor obtenido está alejado a los objetivos de la empresa.

Queue

Time

Waiting Time	Average
Nivel 1.Queue	1.5796
Nivel 2.Queue	93.3293

Other

Number Waiting	Average
Nivel 1.Queue	0.9437
Nivel 2.Queue	44.4828

En cuanto al comportamiento de colas se observa que en el nivel 2 hay TPV que han esperado hasta 93 horas para ser atendidos. También se observa un tamaño de cola promedio 44.48 TPV en el nivel 2. Cabe mencionar que estos resultados influyen en gran medida en el porcentaje de nivel de cumplimiento. Los resultados de estos indicadores generan un cuello de botella que ponga en riesgo al nivel de cumplimiento

Scheduled Utilization	Average
Tecnico Nivel 1	0.1008
Tecnico Nivel 2	0.9964

Finalmente se observa que los técnicos nivel 1 dedican un 10% de sus actividades a este proceso, mientras el técnico del nivel 2 llega a estar ocupado un 99.64% en promedio, con lo cual se puede considerar que el proceso está saturado.

Escenario 2

Los resultados que se obtuvieron en el Crystal Reports para el escenario 2 es lo siguiente:

Tally

Interval	Average
TSistema nivel 1	1.9143
Tsistema Nivel 2	12.9105

Counter

Count	Average
Irreparables	143.21
Reparados Nivel 1	449.25
Reparados Nivel 2	1679.81
Total de equipos que ingresan	2346.04

El tiempo en el sistema para los TPV que solo requieren del Nivel 1 es de 1.93 horas en promedio. A su vez, el tiempo en el sistema para aquellos equipos que requieren los dos niveles de reparación es de 12.91 horas en promedio.

Hay un total de 1679 TPV que fueron reparados durante los tres meses de simulación de los 2346 TPV que en total ingresaron, el resto de los equipos solo necesitaron el nivel 1, fueron irreparables o siguen en proceso.

Output

Output	Average
%NIVEL CUMPLIMIENTO	100.00

El indicador más importante que se evalúa en el proceso es el nivel de cumplimiento. El valor porcentual del nivel de cumplimiento, luego de tres meses de haber ejecutado la simulación, es de 100%

Queue

Time

Waiting Time	Average
Nivel 1.Queue	1.5828
Nivel 2.Queue	7.2907

Other

Number Waiting	Average
Nivel 1.Queue	0.9325
Nivel 2.Queue	3.4520

En cuanto al comportamiento de colas se observa que en el nivel 2 hay TPV que han esperado hasta 7.2 horas para ser atendidos. También se observa un tamaño de cola promedio 3.45 TPV en el nivel 2. Cabe mencionar que estos resultados influyen en gran medida en el porcentaje de nivel de cumplimiento y no generan un cuello de botella que ponga en riesgo al nivel de cumplimiento.

Scheduled Utilization	Average
Tecnico Nivel 1	0.0989
Tecnico Nivel 2	0.5672

Finalmente se observa que los técnicos nivel 1 dedican un 10% de sus actividades a este proceso, mientras los técnicos del nivel 2 llegan a estar ocupados un 56.72% en promedio, a lo cual debe prestarse atención ya que los recursos presentan tiempos de holgura.

Escenario 3

Los resultados que se obtuvieron en el Crystal Reports para el escenario 3 es lo siguiente:

Tally

Interval	Average
TSistema nivel 1	1.4910
Tsistema Nivel 2	56.1327

Counter

Count	Average
Irreparables	81.1321
Reparados Nivel 1	349.43
Reparados Nivel 2	962.08
Total de equipos que ingresan	1717.92

El tiempo en el sistema para los TPV que solo requieren del Nivel 1 es de 1.49 horas en promedio. A su vez, el tiempo en el sistema para aquellos equipos que requieren los dos niveles de reparación es de 56.13 horas en promedio.

Hay un total de 962 TPV que fueron reparados durante los tres meses de simulación de los 1717 TPV que en total ingresaron, el resto de los equipos solo necesitaron el nivel 1, fueron irreparables o siguen en proceso.

Output

Output	Average
%NIVEL CUMPLIMIENTO	45.4070

El indicador más importante que se evalúa en el proceso es el nivel de cumplimiento. El valor porcentual del nivel de cumplimiento, luego de tres meses de haber ejecutado la simulación, es de 45.40% y este valor obtenido está alejado a los objetivos de la empresa.

Queue

Time

Waiting Time	Average
Nivel 1.Queue	1.1454
Nivel 2.Queue	51.3641

Other

Number Waiting	Average
Nivel 1.Queue	0.4952
Nivel 2.Queue	17.7704

En cuanto al comportamiento de colas se observa que en el nivel 2 hay TPV que han esperado hasta 51 horas para ser atendidos. También se observa un tamaño de cola promedio 17.77 TPV en el nivel 2. Cabe mencionar que estos resultados influyen en gran medida en el porcentaje de nivel de cumplimiento. Los resultados de estos indicadores generan un cuello de botella que pone en riesgo al nivel de cumplimiento.

Scheduled Utilization	Average
Tecnico Nivel 1	0.07198423
Tecnico Nivel 2	0.9729

Finalmente se observa que los técnicos nivel 1 dedican un 7% de sus actividades a este proceso, mientras el técnico del nivel 2 llega a estar ocupado un 97.29% en promedio, con lo cual se puede considerar que el proceso está saturado.

Escenario 4

Los resultados que se obtuvieron en el Crystal Reports para el escenario 4 es lo siguiente:

Tally

Interval	Average
TSistema nivel 1	1.4968
Tsistema Nivel 2	14.7644

Counter

Count	Average
Irreparables	114.91
Reparados Nivel 1	349.06
Reparados Nivel 2	1244.91
Total de equipos que ingresan	1752.08

El tiempo en el sistema para los TPV que solo requieren del Nivel 1 es de 1.49 horas en promedio. A su vez, el tiempo en el sistema para aquellos equipos que requieren los dos niveles de reparación es de 14.76 horas en promedio.

Hay un total de 1244 TPV que fueron reparados durante los tres meses de simulación de los 1752 TPV que en total ingresaron, el resto de los equipos solo necesitaron el nivel 1, fueron irreparables o siguen en proceso.

Output

Output	Average
%NIVEL CUMPLIMIENTO	100.00

El indicador más importante que se evalúa en el proceso es el nivel de cumplimiento. El valor porcentual del nivel de cumplimiento, luego de tres meses de haber ejecutado la simulación, es de 100%

Queue

Time

Waiting Time	Average
Nivel 1.Queue	1.1701
Nivel 2.Queue	9.6184

Other

Number Waiting	Average
Nivel 1.Queue	0.5187
Nivel 2.Queue	3.4072

En cuanto al comportamiento de colas se observa que en el nivel 2 hay TPV que han esperado hasta 9.6 horas para ser atendidos. También se observa un tamaño de cola promedio 3.40 TPV en

el nivel 2. Cabe mencionar que estos resultados influyen en gran medida en el porcentaje de nivel de cumplimiento y no generan un cuello de botella que ponga en riesgo al nivel de cumplimiento.

Scheduled Utilization	Average
Tecnico Nivel 1	0.07427996
Tecnico Nivel 2	0.6343

Finalmente se observa que los técnicos nivel 1 dedican un 7% de sus actividades a este proceso, mientras los técnicos del nivel 2 llegan a estar ocupado un 63.43% en promedio, lo cual está por debajo de los paramentos máximos de la empresa.

Escenario 5

Los resultados que se obtuvieron en el Crystal Reports para el escenario 5 es lo siguiente:

User Specified

Tally

Interval	Average
TSistema nivel 1	3.6753
Tsistema Nivel 2	22.7722

Counter

Count	Average
Irreparables	139.06
Reparados Nivel 1	469.25
Reparados Nivel 2	1658.49
Total de equipos que ingresan	2401.89

El tiempo en el sistema para los TPV que solo requieren del Nivel 1 es de 3.67 horas en promedio. A su vez, el tiempo en el sistema para aquellos equipos que requieren los dos niveles de reparación es de 22.77 horas en promedio.

Hay un total de 1658 TPV que fueron reparados durante los tres meses de simulación de los 2401 TPV que en total ingresaron, el resto de los equipos solo necesitaron el nivel 1, fueron irreparables o siguen en proceso.

Output

Output	Average
%NIVEL CUMPLIMIENTO	96.5597

El indicador más importante que se evalúa en el proceso es el nivel de cumplimiento. El valor porcentual del nivel de cumplimiento, luego de tres meses de haber ejecutado la simulación, es de 96.55%

Queue

Time

Waiting Time	Average
Nivel 1.Queue	3.3726
Nivel 2.Queue	15.4469

Other

Number Waiting	Average
Nivel 1.Queue	2.0260
Nivel 2.Queue	7.3881

En cuanto al comportamiento de colas se observa que en el nivel 2 hay TPV que han esperado hasta 15.44 horas para ser atendidos. También se observa un tamaño de cola promedio 7.38 TPV en el nivel 2. Cabe mencionar que estos resultados influyen en gran medida en el porcentaje de nivel de cumplimiento y no generan un cuello de botella que ponga en riesgo al nivel de cumplimiento.

Scheduled Utilization	Average
Tecnico Nivel 1	0.2025
Tecnico Nivel 2	0.8400

Finalmente se observa que los técnicos nivel 1 dedican un 20% de sus actividades a este proceso, mientras los técnicos del nivel 2 llegan a estar ocupado un 84% en promedio, lo cual está por debajo en los paramentos máximos de la empresa.

Escenario 6

Los resultados que se obtuvieron en el Crystal Reports para el escenario 6 es lo siguiente:

Tally

Interval	Average
TSistema nivel 1	2.9100
Tsistema Nivel 2	15.0113

Counter

Count	Average
Irreparables	113.40
Reparados Nivel 1	354.53
Reparados Nivel 2	1273.40
Total de equipos que ingresan	1812.26

El tiempo en el sistema para los TPV que solo requieren del Nivel 1 es de 2.9 horas en promedio. A su vez, el tiempo en el sistema para aquellos equipos que requieren los dos niveles de reparación es de 15.01 horas en promedio.

Hay un total de 1273 TPV que fueron reparados durante los tres meses de simulación de los 1812 TPV que en total ingresaron, el resto de los equipos solo necesitaron el nivel 1, fueron irreparables o siguen en proceso.

Output

Output	Average
%NIVEL CUMPLIMIENTO	100.00

El indicador más importante que se evalúa en el proceso es el nivel de cumplimiento. El valor porcentual del nivel de cumplimiento, luego de tres meses de haber ejecutado la simulación, es de 100%

Queue

Time

Waiting Time	Average
Nivel 1.Queue	2.5259
Nivel 2.Queue	8.4494

Other

Number Waiting	Average
Nivel 1.Queue	1.1523
Nivel 2.Queue	3.0820

En cuanto al comportamiento de colas se observa que en el nivel 2 hay TPV que han esperado hasta 8.44 horas para ser atendidos. También se observa un tamaño de cola promedio 3.08 TPV en el nivel 2. Cabe mencionar que estos resultados influyen en gran medida en el porcentaje de nivel de cumplimiento y no generan un cuello de botella que ponga en riesgo al nivel de cumplimiento.

Scheduled Utilization	Average
Tecnico Nivel 1	0.1530
Tecnico Nivel 2	0.6479

Finalmente se observa que los técnicos nivel 1 dedican un 15.30% de sus actividades a este proceso, mientras los técnicos del nivel 2 llegan a estar ocupados un 64.79% en promedio, lo cual está por debajo de los paramentos máximos de la empresa.

2.5.8 Comparación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla 5 de resultados de escenarios actual y propuestos del presente trabajo.

Tabla 5

Resultados de escenario actual y propuestos

	Escenario Actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
N° Técnicos N1	2	2	2	2	2	1	1
N° Técnicos N2	2	1	3	1	2	2	2
Variación de demanda	Igual Demanda	Igual Demanda	Igual Demanda	Disminución de Demanda	Disminución de Demanda	Igual Demanda	Disminución de Demanda
Tiempo en el sistema Nivel 2 (hrs)	20.91	97.99	12.91	56.13	14.76	22.77	15.01
% Nivel de cumplimiento	98.47%	20.74%	100.00%	45.40%	100.00%	96.55%	100.00%
Tiempo de espera de TPV para ser atendidos (hrs)	15	93	7.2	51	9.6	15.44	8.44
Tamaño de cola para ser atendido en Nivel 2 (N° de TPV	7.26	44.48	3.45	17.77	3.4	7.38	3.08
% de ocupación de técnico de Nivel 2	82.80%	99.64%	56.72%	97.29%	63.43%	84.00%	64.79%

Después de analizar los resultados de los escenarios simulados se concluye lo siguiente:

La demanda actual se mantiene

- El escenario recomendado sería el Escenario 5, es decir contar con un técnico de Nivel 1 y mantener dos técnicos del Nivel 2. Con esta propuesta mantendríamos el nivel de cumplimiento dentro de lo buscado por la empresa que es el 95% y se genera un ahorro en el costo salarial del Técnico N1 valorizado en S/1,500 mensual, es decir al año un monto de S/ 18,000
- Por otro lado, si la empresa desea reducir más los recursos, esto podría afectar el indicador de nivel de cumplimiento.

- Si la empresa a futuro quiere llegar al 100% de cumplimiento tendría que optar por aumentar un recurso, llegando a tener 3 técnicos en Nivel 2 y 2 técnicos en Nivel 1, es decir el Escenario 2.

La demanda disminuye

- El escenario recomendado sería el Escenario 6, es decir contar con un técnico de Nivel 1 y mantener dos técnicos del Nivel 2. Con esta propuesta el nivel de cumplimiento superaría el 95% de lo buscado mínimamente por la empresa y se genera un ahorro en el costo salarial del Técnico N1 valorizado en S/1,500 mensual, es decir al año un monto de S/ 18,000
- Por otro lado, si la empresa desea reducir más los recursos, esto podría afectar el indicador de nivel de cumplimiento.

CAPÍTULO 3.

CONCLUSIONES

- Se determinó el número apropiado en la asignación de recursos (técnicos electrónicos) que permite la reducción de costos de reparación. Si la demanda se mantiene se sugiere contar con un técnico en Nivel 1 y dos técnicos en Nivel 2. Si la demanda disminuye se sugiere contar con un técnico en Nivel 1 y dos técnicos en Nivel 2, estas propuestas permitirán generar un ahorro anual de S/18000 sin afectar los niveles de servicios.
- Usando la metodología de la simulación se pudo identificar las característica e información del proceso de reparación de TPV y su situación actual.
- Se logró obtener un simulador para el proceso actual de reparación de TPV con el uso del software Arena y se validó que su comportamiento es semejante al sistema real, lo cual sirvió de base para la generación de resultados de diversos escenarios.
- En base a las propuestas y escenarios generados se pudo diseñar escenarios de simulación en los cuales se obtuvo resultados que permitieron determinar cuál era el mejor escenario, variando la cantidad de recursos que afectan al sistema sin necesidad de realizar estos cambios en el sistema real.

CAPÍTULO 4.

RECOMENDACIONES

Este estudio servirá como base para que la empresa NP+ pueda evaluar la implementación de las distintas recomendaciones detalladas líneas abajo

- Con ánimos de poder reducir los costos del proceso de reparación, se recomienda implementar el escenario 5, donde se plantea la reducción a un solo técnico de Nivel 1 y mantener los dos técnicos del Nivel 2 si se mantiene la demanda, generando un ahorro anual de S/18000. Y de la misma forma para el escenario 6, si la demanda disminuye.
- Se recomienda a la empresa, cuidar los niveles de servicio y tomar decisiones de asignación de recursos, soportada en el modelo de simulación construido.
- Se recomienda a la empresa en caso decida ir por cualquier escenario, revisar % de ocupación de técnico de Nivel 2, con ánimos de usar los recursos libres en alguna sinergia de otros proyectos con los que cuente la empresa.
- Conociendo la estructura del modelo creado, se recomienda usar este modelo para evaluar de forma científica otros proyectos de reparación con los que cuenta la empresa, así como los futuros ingresos de otros clientes con proyectos o servicios similares a nivel regional o corporativo.
- Del simulador que se creó podría permitir realizar futuros escenarios que la empresa deseé evaluar donde la demanda aumente o disminuya en una proporción determinada o los

tiempos de servicio cambien o la cantidad de recursos se reasigne otorgando una flexibilidad en la toma de decisiones.

CAPÍTULO 5.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto Leon, Carlos Enrique Eloy & Abanto Espinoza, Eloy Humberto. (2018). *Propuesta de mejora aplicada a la programación de turnos de cajeros y dimensionamiento de la cantidad asistentes de venta en una tienda por departamentos que incremente la productividad y satisfacción del cliente*. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625637/Abanto_lc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BANKS, Jerry, CARSON II Jhon, NELSON Barry, & NICOL David. (2010). *Discrete-Event System Simulation* (Cuarta edición). New Jersey Pearson. http://ce.sharif.edu/courses/95-96/2/ce634-1/resources/root/Books/Discrete%20Event%20System%20Simulation%20(Fifth%20Edition)%20.pdf

Dick Steven Raúl Torrejón Reátegui. (2016). *MEJORA DEL PROCESO DE REPARACIÓN DE UN TALLER DE CARROCERÍA Y PINTURA UTILIZANDO LA SIMULACIÓN DE OPERACIONES*. file:///C:/Users/usuario/Downloads/TORREJ%C3%93N_DICK_TALLER_SIMULACI%C3%93N%20(1).pdf

Douglas C. Montgomery & George C. Runger. (s. f.). *Probabilidad y Estadistica Aplicada a La Ingenieria* (Segunda Edición).

https://www.academia.edu/34899097/Montgomery_y_Runger_Probabilidad_y_Estadistica_Aplicada_a_La_Ingenieria

Lorena Marquez Arnao. (2012). *Propuesta de reducción del tiempo de atención al cliente en el servicio de farmacia de una clínica particular* [UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/314987/marquez_as-pub-tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Tayfur Altiok & Benjamin Melamed. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with ARENA*. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=5SezxR5q4mYC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Simulation,+Modeling+and+Analysis+with+Arena.&ots=1fXdi85Rku&sig=6MATuvoFTdYUpgiVqXIuHSC5aKk#v=onepage&q&f=false

Torres Vega, Pedro Jesús. (2016). *Simulación de sistemas con el software Arena*. https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10729

CAPÍTULO 6.

ANEXOS

ANEXO 1: Intervención Técnica Nivel 1





ANEXO 2: Intervención Técnica Nivel 2

