



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS**

**MEJORA EN EL PROCESO DE ATENCIÓN DE COLA DE  
SERVICIO AL CLIENTE A TRAVÉS DE UNA APLICACIÓN  
PARA SUPERMERCADOS**

**PRESENTADA POR**

**JORGE LUIS RABANAL MARTINEZ  
MARCO ANTONIO SANCHEZ LOAYZA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS**

**LIMA – PERÚ**

**2014**



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada  
CC BY-NC-ND**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS

MEJORA EN EL PROCESO DE ATENCIÓN DE COLA DE  
SERVICIO AL CLIENTE A TRAVÉS DE UNA APLICACIÓN  
PARA SUPERMERCADOS

**TESIS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE  
COMPUTACIÓN Y SISTEMAS

**PRESENTADO POR**

RABANAL MARTINEZ, JORGE LUIS  
SANCHEZ LOAYZA, MARCO ANTONIO

**LIMA – PERÚ**

**2014**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	viii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Bases teóricas	6
1.3. Definiciones de términos	66
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	82
2.1. Material	82
2.2. Métodos	83
2.3. Evaluación de metodologías ágiles scrum y xp	84
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO	86
3.1. Algoritmo	86
3.2. Modelo físico	88
3.3. Prototipos	89
3.4. Arquitectura del sistema	94
3.5. Presupuesto	94
CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS	98
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y APLICACIONES	102
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	105
FUENTES DE INFORMACIÓN	106
ANEXOS	109

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Tabla de salida concreta y flujo de salida	13
Tabla 2. Tabla de Clasificación de Recurso	15
Tabla 3. Artefacto - Historia de usuario	36
Tabla 4. Artefacto - Caso de prueba de aceptación	37
Tabla 5. Artefacto – TaskCard	37
Tabla 6. Artefacto – Tarjeta CRC	38
Tabla 7. Recursos humanos	82
Tabla 8. Recursos material tangible	83
Tabla 9. Recursos materiales intangibles	83
Tabla 10. Comparación de metodologías	84
Tabla 11. Resultados y pesos de metodologías	85
Tabla 12. Costos de recursos materiales	95
Tabla 13. Costos de licencias de software	95
Tabla 14. Costos de recursos humanos	96
Tabla 15. Inversión inicial	96
Tabla 16. Flujo de caja	97
Tabla 17. Indicadores financieros	97
Tabla 18. Tabla de comparación de resultados	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ejemplo de Gráfico de Control de Elementos	8
Figura 2. Diagrama de Flujo de un Proceso	9
Figura 3 .Ejemplo de Gráfico de Control de Elementos	10
Figura 4. Representación Gráfica de un Proceso	12
Figura 5. Ciclo de Mejora PDCA	18
Figura 6. Ejemplo de Organización Vertical	21
Figura 7. Ejemplo de Organización Horizontal	22
Figura 8. Ejemplo de un proceso (Papelera del norte)	24
Figura 9. Fases en las que se subdivide el ciclo de vida XP	30
Figura 10. Las Cuatro grandes Fases de XP	30
Figura 11. Esquema para el mejoramiento del proceso de Órdenes de Trabajo	60
Figura 12. Sistema Básico de Colas	67
Figura 13. Ejemplos de Sistemas de Colas	67
Figura 14. Capacidad y Variación de la demanda en el tiempo	69
Figura 15. Estructuras de sist. de colas: una línea, un servidor	73
Figura 16. Ejemplo básico de Sistema de Colas	73
Figura 17. Estructuras de sist. de colas: una línea, Varios servidores	74
Figura 18. Estructuras de colas: varias líneas, múltiples servidores	74
Figura 19. Estructuras de colas: una línea, servidores secuenciales	75
Figura 20. Distribución Exponencial De la forma algebraica	76
Figura 21. Distribución de Poisson de las llegadas	77
Figura 22. Figura de la forma de distribucion Erlang de acuerdo con k	78
Figura 23. Figura Matemática del modelo M/M/1	79
Figura 24. Figura Matemática del modelo M/G/1	79

Figura 25. Figura Matemática del modelo M/D/1	80
Figura 26. Figura Matemática del modelo M/Ek/1	80
Figura 27. Figura Matemática del modelo M/M/s, una línea de espera	81
Figura 28. Análisis económico de líneas de espera	81
Figura 29. Modelo físico	88
Figura 30. Prototipo de inicio de sesión del sistema	89

## RESUMEN

En este proyecto de tesis, se analizarán modelos matemáticos que se compararán con los de simulación en situaciones reales. A través de la aplicación de dichos modelos, se optimizarán los tiempos en la atención y se podrán tomar decisiones oportunas en los supermercados.

Contiene los principales conceptos como son mejoras de procesos, proceso de atención, teoría de colas y servicio al cliente, definiendo los conceptos como cola, canal, sistema de colas, teoría de colas y sistema de colas.

Se aplicará la metodología SCRUM como base para implementar la aplicación. El desarrollo del proyecto contiene la descripción y los prototipos que se utilizarán para el desarrollo de la aplicación del proyecto. También contiene el modelo matemático M/M/S, que será tomado como muestra y aplicado para los supermercados. Además tendrá el algoritmo que tendrá una variable adicional que será finalmente nuestra contribución al conocimiento.

## **ABSTRACT**

In this thesis project, mathematical models are compared with simulation in real situations will be discussed. Through the application of these models, the times will be optimized in attention and may take appropriate decisions in supermarkets.

Contains key concepts such as process improvement, process of care, queuing theory and customer service, defining concepts such as cola, channel queuing system, queuing theory and queuing system.

The SCRUM methodology as a basis applies to deploy the application. The project contains descriptions and prototypes to be used for application development project. It also contains the M / M / S mathematical model, which will be sampled and applied for supermarkets. Besides the algorithm will have an additional variable that will ultimately be our contribution to knowledge.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Lima, existen distintos supermercados para todas las clases socioeconómicas tales como Metro, Wong, Tottus, Plaza Vea, Vivanda, entre otros, que tienen un problema en común que son las largas colas que se forman al realizar el pago de los bienes adquiridos lo cual ocasiona que el cliente salga insatisfecho del supermercado, en especial en los fines de semana, en quincena y fin de mes en que hay mayor concurrencia de personas que acuden a estos establecimientos.

La presente tesis busca solucionar este problema mediante el uso de una aplicación que se basa en modelos matemáticos que disminuyen la duración de las colas dentro del proceso de atención al cliente, para lo cual se aplicará un algoritmo que permita medir el tiempo de proceso de atención al cliente. Dicho proceso está compuesto por tiempo de llegada (formación de cola en las caja), de servicio (registro y facturación) y el de arribo (es el intervalo de tiempo que hay entre llegada de cliente).

El proyecto de tesis está compuesto por cinco capítulos. En el primero, se presenta el marco teórico. En el segundo capítulo, se analizarán la Metodología y recursos que se utilizarán. En el tercero, se desarrollará el proyecto sobre el algoritmo, modelos físicos, prototipos y presupuestos. En el cuarto capítulo, se consignan las pruebas y resultados. En el último,

la discusión y aplicaciones, donde se analizan los resultados obtenidos del proyecto comparándolos con los resultados teóricos.

Como antecedentes del problema, la autora Margarita, Arias y Fernández (2010) concluyeron que: “Apoyando la simulación con los modelos teóricos, ya que es una excelente forma de validar la representación del modelo simulado con respecto al modelo real. Con esto se puede tomar realizar cambios y ajustes al modelo que serán acordes con la realidad”. (pág. 56-61)

Cardona, González, Rivera y Romero (2012) recomendaron hacer procesos de simulación para observar la diferencia en la distribución de probabilidad. Además, Mirú y Depaoli (2006) encontraron que la teoría de colas es una herramienta útil para el análisis para el problema de congestión administrativa en el ámbito judicial y que se requiere la optimización de procedimientos de medición y la aplicación de técnicas de simulación por computadora. También, Gavilán (2009) encontró que se debe siempre verificar los resultados obtenidos, aun siendo de trabajo exploratorio de acuerdo o ajustado a la realidad.

El problema general es que no existe una adecuada organización en las colas durante el proceso de atención al cliente en los supermercados a lo que conlleva a que el tiempo de duración de este proceso sea muy largo y el cliente quede insatisfecho. Cabe mencionar que el proceso de atención al cliente en los supermercados inicia desde el momento que se forman las colas para cancelar los bienes adquiridos y termina al realizar la cancelación de los mismos.

Como objetivo general, se plantea desarrollar una aplicación que nos permita disminuir la duración de las colas en el proceso de atención al cliente basándonos en modelos matemáticos M/M/S (modelos de varios servidores) y modelos de simulación.

Como objetivos específicos se tiene que:

- ✓ Disminuir la duración del proceso de atención al cliente, evitando así la formación de largas colas y la insatisfacción del cliente.
- ✓ Mejorar la distribución de las colas que se forman durante el proceso de atención al cliente en los supermercados.
- ✓ Dar a conocer la cantidad necesaria de colaboradores que participen en el proceso de atención al cliente en especial en las horas y días donde existe más clientela.

Se aplicará un software que reducirá el tiempo que dura este proceso, ocasionando así que los supermercados tengan una mejor organización y distribución de las colas que se forman en el proceso de atención al cliente. También nos permitirá realizar comparaciones con modelos matemáticos en tiempos reales y conocer la probabilidad del tiempo de espera del cliente en los supermercados.

De acuerdo con la encuesta realizada en un supermercado perteneciente a una cadena de supermercados muy conocida revelo que más del 48% de las personas demoran entre 20 a 30 minutos en las colas del proceso de atención al cliente y el 35% demora más de 30 minutos, también revelo que un 90% de los clientes se van con un grado de insatisfacción del supermercado por el tiempo de demora en las colas durante el proceso y el 80% de los mismos desearía una mejor distribución de las mismas.

Cabe mencionar que los supermercados no solo destacan por la clase de productos que ofertan, sino por la calidad de servicio que brindan, dentro del cual el proceso de atención al cliente forma parte importante, es por ello que podemos señalar que nuestro proyecto apoyaría a la disminución de clientes insatisfechos y al aumento de

clientes fieles ya que ayudaría a reducir la cantidad de tiempo de espera en las colas del proceso de atención al cliente.

También es importante la parte económica, dado que al aplicar los indicadores financieros (VAN y TIR) se pudo constatar que el proyecto es viable económicamente; ya que se obtuvo un valor positivo del VAN de S/. 31,866.62 y el TIR de 0.43 (43%). Además el periodo de retorno se dará al segundo año.

Desde el punto de vista técnica y operativo, el proyecto es viable, porque se cuenta con los recursos de Hardware, Software y Operacionales necesarios para la implementación. En este sentido, se hará uso de herramientas Open Source.

Una de las principales limitaciones del proyecto fue no contar con los datos precisos respecto al tiempo de demora en la atención al cliente, puesto que los datos que se tomaban como muestra eran muy variados.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Antecedentes**

En la industria de los supermercados, Loreto (2005) encontró que a partir de la década de los noventa se inicia en el mundo un cambio en la organización de la industria de los supermercados, caracterizado principalmente por una creciente concentración del mercado, un fuerte auge de los supermercados y una sostenida política de precios bajos para los consumidores.

Los establecimientos, empresas u organizaciones que se encuentran en esta industria son conocidos como negocios de Retail o ventas al detalle es un sector económico que engloba a las empresas especializadas en la comercialización masiva de productos o servicios a grandes cantidades de clientes.

Dentro de esta industria se caracterizan e identifican varios factores; por el lado de la oferta, los avances tecnológicos en la información y comunicaciones crean economías de escala y de ámbito que por una parte, permiten la expansión de cadenas de supermercados y por otra, llevan a la concentración de la industria; por el lado de la demanda el recurso tiempo se hace cada vez más escaso, debido a la creciente participación de la mujer en el mercado laboral, lo que aumenta las preferencias por los

supermercados, pues dan la posibilidad de comprar un mayor número de productos en un mismo lugar.

La aparición de la industria de los supermercados es una consecuencia directa del surgimiento de economías de escala. Esta situación generó fuertes incentivos para que las empresas aumenten el tamaño de su negocio tanto en el volumen como en la variedad de los ofrecidos, ya que de esta forma lograban reducir los costos medios, incrementando la eficiencia de su actividad.

Loreto (2005) encontró que la industria gira alrededor de una estrategia de costos apalancada en el poder negociador sobre proveedores y en el control de los espacios comerciales. Solo en un caso importante se identifica una estrategia de diferenciación mediante locales con mejor ambientación. En esta industria los márgenes comerciales oscilan de manera amplia entre el 10% y el 40%. Estas altas cifras explican el gran interés en seguir invirtiendo en este mercado por partes de los actuales actores, en gran parte debido a su exceso de liquidez producto de estos márgenes.

Las personas que escogen comprar en un supermercado buscan orden, servicio y limpieza; en la actualidad, el servicio al cliente se ha transformado hacia nuevos horizontes, ya no se limita a la simple respuesta a interrogantes sobre productos o soluciones de quejas. Actualmente existen especialidades científicas como el Diseño de experiencias de compra, es decir, se ha llevado a un nivel totalmente nuevo, la personalización y los beneficios en el servicio ofrecido por las empresas.

Zamora (2004) encontró que en la industria ecuatoriana de supermercados ha crecido debido a la eficacia en la implementación en sus estrategias de las tendencias mundiales, y una prueba de ellos es que desde el año 1998 hasta el 2004, los supermercados aumentaron su participación

en el mercado detallista y su número de tiendas, de alrededor de 85 a mediados de 1998 a 160 para agosto del 2004.

Cepeda, García y Villamar (2008) concluyeron que la industria de los supermercados en el Ecuador mueve más de USD 1200 millones en ventas al año, según cifras de la Superintendencia de Compañías del año 2005. Cifras del INEC a nivel del Ecuador señalan que por cada 220.000 habitantes hay un supermercado y las clases económicas media-alta (alrededor del 20% de la población, más de 2,6 millones de habitantes) normalmente se dirigen a estos establecimientos y parece ser que este es el principal mercado objetivo de las cadenas más grandes del país. Las cadenas de supermercados líderes de esta industria son el grupo La Favorita, dentro del cual se encuentra: Supermaxi, Megamaxi y Aki con sus formatos de supermercados, hipermercados y tiendas destinadas al nivel socioeconómico bajo y a ciudades más pequeñas; importadora El Rosado con formatos similares maneja

- Mi comisariato,
- Hipermarket y Río Store
- Almacenes TIA con;
- TIA y Multiahorro,

Dichos formatos coexisten junto con otras que mantienen una participación interesante como Santa Isabel y Santa María. El grupo líder aplica en general y desde hace más de 15 años estrategias comerciales similares: grandes áreas, crecimiento en la variedad y calidad de productos, en un ambiente limpio, tarjetas de afiliación para descuentos, precios comparativos, expansión física de establecimientos existentes y finalmente instalación de nuevos establecimientos en zona no comercialmente céntricas y en pequeñas ciudades antes no consideradas para este tipo de negocio, pero definitivamente más cercanas al consumidor.

Esta última práctica en la fórmula comercial ha provocado un cierto nivel de tensión entre los participantes de la industria, en especial si se considera que la fórmula permite un mayor margen por medio de un precio más alto. Los otros establecimientos aplican; sin embargo, estrategias de comercialización, marketing y expansión más prudentes, apalancadas en muchos de los casos por la especialidad de los productos que venden, enfocando nichos de mercados específicos y sin mostrar una abierta competencia con los líderes, los que les ha permitido sostener sin mayores complicaciones en esta industria tan agitada.

En su estudio, Quelal (2011) concluye actualmente, en el Ecuador, los supermercados son el canal de distribución de ventas al detalle más importante de productos de consumo masivo, y con una mayor presencia los supermercados están cada vez más cerca de las personas, lo que ha hecho que una gran cantidad de ellas reemplace a los canales tradicionales, como: almacenes, ferias, mercados, etc.

Dentro de esta industria se encuentra la Distribuidora Comercial Santillán Villacís (DICOSAVI) Supermercado y Mayorista de productos de consumo masivo en la ciudad de Riobamba, el cual se ha mantenido más de cinco años en el mercado.

Durante estos últimos años, los grandes grupos de venta retail del país como son: Supermercados La Favorita con dos locales de Tiendas Aki, un local de TIA y próximamente a inaugurarse un local Mi Comisario de corporación El Rosado, han optado por expandirse a esta ciudad, siendo una gran amenaza para DICOSAVI.

El objetivo fue diseñar y proponer una mejora de los procesos, justos con un direccionamiento estratégico para lograr una adecuada gestión del supermercado y mayorista.

Se desarrolló el direccionamiento estratégico, basado en el análisis de la situación actual de la empresa, además se plantearon objetivos estratégicos así como el despliegue de las estrategias necesarias para cumplirlos.

Se presentó la propuesta de la gestión por procesos para DICOSAVI en donde se incluye la identificación y levantamiento de los procesos de cada una de las áreas, a partir de la información obtenida, se procedió a la identificación de los procesos críticos, una vez identificados dichos procesos, se planeó la propuesta de mejora junto con el análisis de valor agregado, la formulación de indicadores de gestión y finalmente el manual de procesos de la empresa.

En el desarrollo de este antecedente se encontraron las siguientes conclusiones:

- El diagnóstico de la situación actual realizada, permite mostrar y conocer las falencias y fortalezas, que la empresa poseía, así como los distintos factores que influyen directa e indirectamente en el desenvolvimiento de esta dentro de su entorno.
- Dentro del análisis de la situación actual se puede evidenciar que, la forma en que se desarrollaban las actividades, sin una documentación estándar pertinente, no es la adecuada, se identificó que las actividades de un proceso son ejecutadas por varias personas a la vez, y los recursos no son utilizados adecuadamente.

En su estudio, Quelal (2011) concluyó que:

Para DICOSAVI el trabajo desarrollado se presenta como una oportunidad para mejorar la gestión de la empresa, con un enfoque en la

gestión de procesos, y en lo posterior, incluir proyectos de mejora de los procesos.

Dentro de la selección de los procesos, se identificaron procesos críticos que son los que están directamente relacionados con la satisfacción de los clientes internos y externos, en donde se enfocó la propuesta de mejora.

Como resultado del análisis de valor agregado de los procesos críticos se obtuvo que: El subproceso de pedido de productos continuos y el subproceso distribución de productos la mayorista, se centran los índices de valor más bajos, ya que poseen actividades en las que emplean tiempo innecesario en inspección, espera y movimiento.

La empresa no realiza una correcta utilización de los recursos, ya que se realizan actividades que se pueden llevar a cabo de un mismo proceso y optimizado su gestión; mientras que otras personas, tiene una participación pasiva dentro del mismo, lo que genera tiempos de demora realmente significativos y traslados innecesarios en el flujo de procesos.

La documentación de los procesos y la propuesta del manual de procesos, permitirán al personal realizar las actividades de forma correcta y consecuentemente lograr los objetivos del proceso y por ende de la empresa y, servirá como fuente de consulta para el nuevo personal.

La medición es importante para realizar un proceso de mejora continua ya que, se propone un conjunto de indicadores de gestión que servirá como referente para que DICOSAVI diseñe estrategias de acuerdo a los resultados y controle a los mismos.

## **1.2 Bases teóricas**

Mejora en el tiempo para el proceso de atención de colas de servicio al cliente a través de una aplicación para supermercados

Definiciones de términos:

- Mejoras de procesos, proceso de atención, colas, teoría de colas, servicio al cliente y relacionados

### **1.2.1 Gestión y mejora de procesos**

En el texto de *gestión y mejora de procesos* (2007) es uno de los pilares sobre los que descansa la gestión según los principios de Calidad total.

Aunque más adelante se definirá con más rigor, se puede decir de forma muy genérica que un proceso es cualquiera de las secuencias repetitivas de actividades que ocurren normalmente en una organización.

Son ejemplos de procesos:

- El proceso que estampa y rosca un tornillo.
- El proceso que ensambla un conjunto concreto de una máquina de transformación eléctrica.
- El proceso que desarrolla una jornada informativa sobre el impacto del euro.
- El proceso que tramita una licencia de obras menores en un Ayuntamiento.

Los procesos son la “materia prima” de la apuesta que las organizaciones hacen cuando deciden gestionarse según principios de Calidad total.

Una “Organización de calidad total” tiene claro que es a través de los procesos como consigue hacer llegar ese “algo” que genera a aquellos a quienes ha definido como “Destinatarios” de lo que hace, (Cliente, siguiente sección, asistente a una jornada, ciudadana/o), y que son por tanto sus procesos los que condicionan la satisfacción de estos y, por lo tanto, la probabilidad de que en el futuro sigan contando con la organización.

Una “Organización calidad total” tiene también claro que la única estrategia que la va a mantener desarrollando su actividad a largo plazo es la que consiga implicar a todo su personal en la mejora continua de esos procesos.

Las organizaciones líderes más destacadas están ya aplicando a sus procesos los conceptos de gestión y mejora que se describen en este documento y, por lo tanto, experimentando sus ventajas.

Asimismo en el mismo texto de *gestión y mejora de procesos (2007)*, define un proceso es como cualquier secuencia repetitiva de actividades que una o varias personas (Intervinientes) desarrollan para hacer llegar una salida a un destinatario a partir de unos recursos que se utilizan (Recursos amortizables que necesitan emplear los intervinientes) o bien se consumen (Entradas al proceso).

Por ejemplo:

- **Proceso:** Estampar un tornillo.
- **Actividad del proceso:** Cambiar cesto contenedor en tolva de evacuación de tornillos estampados.
- **Intervinientes:** Sección de estampado.
- **Salida:** Tornillo estampado.
- **Destinatario:** Sección de roscado.
- **Recurso amortizable:** Máquina estampadora.
- **Entradas:** Acero.

El proceso tiene capacidad para transformar unas entradas en salidas.



Figura 1. Ejemplo de gráfico de control de elementos

Fuente: *Gestión y mejora de procesos (2007)*

- El proceso está constituido por actividades internas que de forma coordinada logran un valor apreciado por el destinatario del mismo.
- Las actividades internas de cualquier proceso las realizan personas, grupos o departamentos de la organización.
- Esta secuencia de actividades se puede esquematizar mediante un diagrama de flujo.

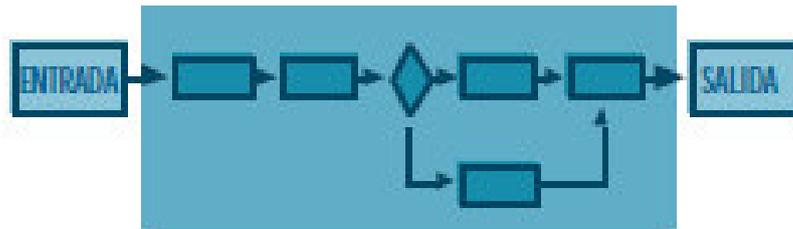


Figura 2. Diagrama de flujo de un proceso  
Fuente: *Gestión y mejora de procesos* (2007)

- Son los destinatarios del proceso, internos o externos a la organización, los que en función de sus expectativas con relación al mismo juzgarán la validez de lo que el proceso les hace llegar.
- El proceso consume o utiliza recursos que pueden ser, entre otros, materiales, tiempo de las personas, energía, máquinas y herramientas.
- Dos características esenciales de todo proceso son:  
Variabilidad del proceso. Cada vez que se repite el proceso hay ligeras variaciones en la secuencia de actividades realizadas que, a su vez, generan variabilidad en los resultados del mismo expresados a través de mediciones concretas, por ejemplo el % de tornillos estampados fuera de tolerancia, el % de asistentes que se quejan porque la temperatura de la sala no es la adecuada. La variabilidad repercute en el destinatario del proceso, quien puede quedar más o menos satisfecho con lo que recibe del proceso.

Ejemplos.

- Cada vez que se estampa un tornillo la característica longitud varía ligeramente.

- Cada vez que se ensambla un conjunto concreto de una máquina de transformación eléctrica el adelanto o retraso en la entrega a la sección de pintado varía ligeramente.

Las personas que realizan el proceso cuentan con una herramienta específica, el gráfico de control que les permite medir y controlar la variabilidad del proceso.

A continuación, se muestra un ejemplo de gráfico de control con algunos de sus elementos:

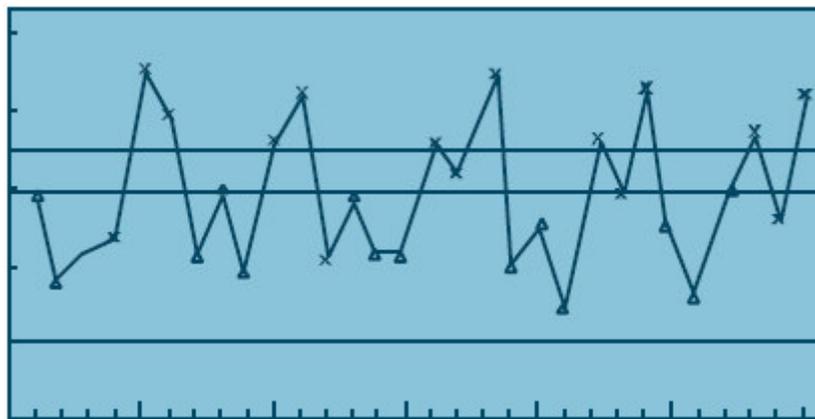


Figura 3 .Ejemplo de gráfico de control de elementos.

Fuente: *Gestión y mejora de procesos* (2007)

- a) Cada punto del gráfico representa una medición de la característica del proceso.
- b) En la línea horizontal (línea de abscisas), se representa el número de la medición (observación realizada).
- c) En la línea vertical (línea de ordenadas), se representa la escala de medición elegida para la característica que se trata de graficar.

Líneas horizontales que marcan los límites de variabilidad del proceso. En todo proceso, hay que trabajar para que los resultados estén dentro de los límites de variabilidad establecidos. Variabilidad fuera de límites supone rechazo de los resultados del proceso.

Repetitividad del proceso como clave para su mejora. Los procesos se crean para producir un resultado y repetir ese resultado.

Esta característica de repetitividad permite trabajar sobre el proceso y mejorarlo:

- A más repeticiones más experiencia.
- Merece la pena invertir tiempo en mejorar el proceso, ya que los resultados se van a multiplicar por el N<sup>o</sup> de veces que se repite el proceso.

Ejemplos.

- Se puede mejorar el proceso de estampar un tornillo para cuales quiera de sus características.
- Se puede mejorar el proceso de ensamblado de una parte de una máquina de transformación eléctrica para cualquiera de sus características.
- Se puede mejorar el proceso de desarrollo de jornadas informativas para cualquiera de sus características.
- Se puede mejorar el proceso de tramitación de licencias de obras menores para cualquiera de sus características.

Al conjunto de actividades que, dentro de una organización, pretenden conseguir que las secuencias de actividades cumplan lo que esperan los destinatarios de las mismas y además sean mejoradas se le llama gestión y mejora de procesos.

En el libro *gestión y mejora de procesos*(2007) indica que para gestionar y mejorar un proceso es necesario, en primer lugar, describirlo adecuadamente.

Los elementos que van a permitir describir el proceso son:

- a) Salida y flujo de salida del proceso
- b) Destinatarios del flujo de salida
- c) Los intervinientes del proceso
- d) Secuencia de actividades del proceso
- e) Recursos
- f) Indicadores

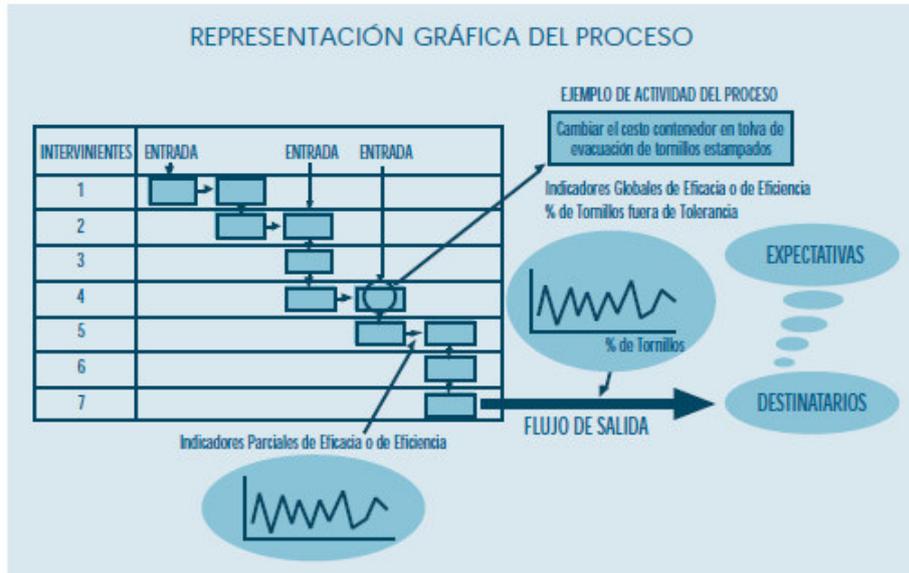


Figura 4. Representación gráfica de un proceso

Fuente: *Gestión y mejora de procesos* (2007)

**a) Salida y flujo de salida**

“Salida concreta” es una unidad de resultado producida por el proceso. Es lo que “genera” el proceso.

Debido al funcionamiento constante y repetitivo del proceso el resultado se pueden visualizar como un “flujo” constante (similar al agua que sale de un grifo).

Ejemplos de salidas y flujos de salida son:

Tabla 1. Tabla de salida concreta y flujo de salida.

SALIDA CONCRETA	FLUJO DE SALIDA
• Tornillo estampado.	• Flujo de tornillos estampados. 10.000.000 al año.
• Conjunto máquina de transformación eléctrica ensamblada.	• Flujo de conjuntos de máquina de transformación eléctrica. 50 al año.
• Jornada informativa desarrollada.	• Flujo de jornadas informativas. 5 al año.
• Licencia de obras menores.	• Flujo de licencias de obras menores. 250 al año.

Fuente. *Gestión y mejora de procesos* (2007)

## b) Destinatario del flujo de salida

Es la persona o conjunto de personas que reciben y valoran lo que les llega desde el proceso en forma de flujo de salida.

Ejemplos de destinatarios:

- La Sección de roscado.
- La Sección de pintado de la máquina de transformación eléctrica.
- Los asistentes a una jornada.
- El o la solicitante de la licencia de obras menores.

Los destinatarios del proceso tienen un conjunto de expectativas respecto a las salidas (para ellos entradas) que reciben del proceso anterior. Se pueden definir las expectativas como las creencias (afirmaciones que el destinatario da por ciertas) relacionadas con cómo debe ser lo que el proceso “le hace llegar”.

Ejemplos de expectativas son:

- La Sección de roscado espera tornillos estampados dentro de tolerancias.
- La Sección de pintado espera recibir la máquina el día en que se la prometieron.
- Los asistentes a la jornada esperan que en la sala haya calefacción.
- El/la solicitante de la licencia de obras menores espera que la resolución cumpla con la ley.

### **c) Los intervinientes**

Son las personas o grupos de personas que desarrollan la secuencia de actividades del proceso.

Ejemplos de intervinientes:

- La Sección de estampado.
- El/la técnico de ensamblaje de la máquina de transformación eléctrica.
- El/la ponente de la jornada.
- El/la técnico del Ayuntamiento que participa en la tramitación de la licencia.

### **d) La secuencia de actividades**

Es la descripción de las acciones que tienen que realizar los intervinientes para conseguir que al destinatario le llegue lo que se pretende.

Ejemplos de actividades son:

- Cambiar cesto contenedor en tolva de evacuación de tornillos estampados.
- Apretar con destornillador el tornillo “Ref.23” de la máquina de transformación eléctrica.
- Encender el retroproyector, colocar transparencia en retroproyector y explicar concepto o conceptos con voz alta y clara, proponiendo anécdotas y ejemplos explicativos adicionales.
- Atender a la persona que solicita la licencia, e informarle del plazo medio para su tramitación.

### **e) Recursos utilizados en el proceso**

Son todos aquellos elementos materiales o de información que el proceso consume o necesita utilizar para poder generar la salida.

Los recursos pueden clasificarse en dos grupos.

Tabla 2. Tabla de clasificación de recurso

QUE SE CONSUMEN EN CADA REPETICIÓN	QUE SIRVEN PARA MÁS DE UNA REPETICIÓN
"SE GASTAN"	"SE AMORTIZAN"
Ejemplos.	Ejemplos.
• Acero de una determinada calidad.	• Máquina estampadora.
• Componentes eléctricos.	• Destornillador.
• Documentación repartida a los asistentes.	• Retroproyector.
• Tiempo dedicado por el técnico del Ayuntamiento.	• Texto descriptivo del procedimiento administrativo para tramitar la licencia

Fuente. *Gestión y mejora de procesos* (2007)

Todo proceso consume o utiliza recursos. Algunos serán recursos clave y requerirán una atención especial y otros tendrán una importancia menor y pueden dejarse más en segundo plano, pero todos son necesarios para que el proceso pueda desarrollarse, tienen que pagarse y forman parte de la cuenta de explotación de la organización.

#### f) Indicadores

Son mediciones del funcionamiento de un proceso. Estos pueden ser de eficacia, cuando miden lo bien o lo mal que un proceso cumple con las expectativas de los destinatarios del mismo.

- % de tornillos fuera de tolerancia.
- % de máquinas entregadas con retraso al proceso de pintado.
- Nº de jornadas sin calefacción en el mes de Enero.
- Nº de resoluciones a licencias de obra menores reclamadas y perdidas en "contencioso administrativo". Los indicadores pueden ser de eficiencia, cuando miden el consumo de recursos del proceso.
- Toneladas de acero/ toneladas de tornillos estampados. (Puede medir el despilfarro).
- Nº de interruptores tipo "..." que se compran por cada 10 interruptores efectivamente incorporados a las máquinas. (Puede medir el despilfarro).
- Juegos de documentación fotocopiada dividida entre asistentes a cada reunión. (Puede medir el despilfarro).

- Horas-técnico para tramitar 10 licencias de obras mayores.(Puede medir el despilfarro).

Los indicadores de eficacia y los de eficiencia, se pueden aplicar al funcionamiento global del proceso. Estos son los indicadores de resultados del proceso y permiten medir las variaciones habituales que se producen en el proceso y también las acciones de mejora. Además de estos indicadores globales, se pueden establecer dentro del proceso, otros indicadores auxiliares que miden la eficacia o la eficiencia del funcionamiento de una parte del proceso.

Si el % de tornillos estampados fuera de tolerancia, es un indicador de eficacia global del proceso, un indicador parcial asociado al mismo puede ser por ejemplo; % de tornillos fuera de tolerancia en la segunda fase de estampación.

La utilización simultánea de ambos tipos de indicadores, puede ser conveniente puesto que los indicadores globales dan información del funcionamiento global del proceso y los parciales dan información del funcionamiento de una parte del proceso además de contribuir a explicar el valor que toman los indicadores globales.

Un indicador es siempre el resultado de un proceso de medición. Esto significa que es necesario recoger datos y por lo tanto emplear tiempo en hacerlo. Los indicadores no llueven del cielo como el maná. Más indicadores significan más tiempo y esfuerzo de recogida. Esto hace necesario elegir cuidadosamente los indicadores (serán más útiles tres indicadores bien elegidos que 10 mal elegidos).

Para que ocurra un proceso existen otro tipo de medidas, que reciben el nombre de especificaciones de proceso.

Estas medidas no son indicadoras puesto que no reflejan el funcionamiento del proceso sino mandatos relativos a la forma de hacer ocurrir el proceso y que por lo tanto son las causantes de ese funcionamiento. La temperatura de la preforma de una pieza a estampar en un proceso de estampación en caliente es una especificación de

proceso y lo que se busca con ella es garantizar que el proceso saldrá como se quiere que salga, por lo que es imperativa para el interviniente.

Como mejorar el proceso según el texto *gestión y mejora de procesos* (2007) propone:

- a) Realizarlo de la manera que se desea que ocurra.
- Definir la forma de ejecutar del proceso. Definir un conjunto de pautas o de instrucciones sobre cómo debe ser ejecutado el proceso.
  - Ejecutar las actividades del proceso, según las instrucciones anteriormente establecidas.
  - Comprobar que el proceso se ha desarrollado según estaba previsto (según las instrucciones).
  - Garantizar que la próxima repetición del proceso se va a desarrollar de acuerdo con las instrucciones.

¿Qué desviaciones respecto a las instrucciones se han producido?,

¿Cómo se pueden evitar en próximas ocasiones?

Este ciclo de actividades garantiza que hay una “forma definida o estabilizada” de hacer las cosas y que efectivamente el proceso se ajusta a esta “forma estabilizada”.

- b) Mejorarlos una vez que lo hemos hecho ocurrir.

Cuando a pesar de realizar correctamente las actividades definidas para el proceso sigue habiendo problemas (quejas de los destinatarios, despilfarro de recursos, etc.) o el proceso no llega a adaptarse a lo que necesita el cliente (necesidad de reestructurar el proceso) es necesario aplicar el ciclo de mejora.

Una acción de mejora es toda acción destinada a cambiar la “forma en que queremos que ocurra” un proceso.

Estas mejoras lógicamente, se deben reflejar una mejora de los indicadores del proceso. Por ejemplo, el indicador de % de tornillos fuera de tolerancia estaba en un 15%, se han realizado actividades de mejora y en la actualidad el indicador está en un 4% de tornillos fuera de tolerancia.

La gestión según los principios de calidad total utiliza un sinnúmero de técnicas y herramientas para provocar la mejora de los procesos de la organización. Algunas son creativas y basadas en la imaginación, otras se basan en técnicas estadísticas o en metodologías concretas, pero todas tienen en común el propósito de mejorar los procesos sobre los que se aplican.

Explicar todas estas técnicas queda fuera de las posibilidades de este texto y el lector puede recurrir a fuentes de información más especializadas.

Para mejorar un proceso hay que aplicar el ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act):

- Planificar los objetivos de mejora para el mismo y la manera en que se van a alcanzar.
- Ejecutar las actividades planificadas para la mejora del proceso.
- Comprobar la efectividad de las actividades de mejora.
- Actualizar la “nueva forma de realizar el proceso” con las mejoras que hayan demostrado su efectividad.

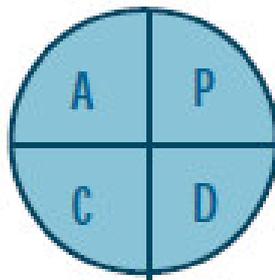


Figura 5. Ciclo de mejora PDCA.

Fuente: *Gestión y mejora de procesos* (2007)

c) Tipos de mejora del proceso.

Existen diversos tipos de mejoramiento de proceso dentro de los cuales podemos encontrar:

- ❑ Mejoras estructurales, se puede mejorar un proceso a base de aportaciones creativas, imaginación y sentido crítico.

Dentro de esta categoría de mejora se hallan,

- La redefinición de destinatarios
- La redefinición de expectativas
- La redefinición de los resultados generados por el proceso.
- La redefinición de los intervinientes
- La redefinición de la secuencia de actividades este tipo de mejoras son fundamentalmente conceptuales
- Las herramientas y técnicas que se emplean para este tipo de mejoras son de tipo creativo o conceptual, como por ejemplo, las nuevas herramientas para la gestión de la calidad, las encuestas a clientes, la reingeniería, el análisis del valor, el QFD y otras
- ❑ Mejoras en el funcionamiento, se puede pulir la forma en que funciona un proceso intentando que sea más eficaz. Por ejemplo, el mejorar el % de tornillos que están fuera de tolerancia, para este tipo de mejoras son útiles las herramientas clásicas de resolución de problemas, los sistemas de sugerencias, el diseño de experimentos y otras basadas en datos.

O bien que sea más eficiente. Por ejemplo, el disminuir el despilfarro del componente eléctrico "X" para este tipo de mejoras se pueden utilizar también las herramientas descritas para la mejora de la eficacia, complementadas con herramientas sencillas orientadas a la eliminación de despilfarros, como 5S o 5W1H. También este tipo de mejoras se basa en el trabajo con datos.

En el mismo texto *Gestión y mejora de procesos* (2007) nos indica como es la gestión de los procesos, señalando como macroproceso a la gestión por procesos es la generalización de la gestión de un proceso y se aplica a una organización en su conjunto.

- ❑ Una organización vista en su conjunto también "procesa".

Recibe recursos de sus proveedores, les añade valor a través de sus personas, integradas en departamento intervinientes y hace llegar unas salidas a unos destinatarios, a quienes normalmente llama clientes. Ellos vuelven a contar con la organización cuando lo que reciben cubre adecuadamente sus expectativas.

La gestión por procesos de una organización es una concepción “horizontal” de la misma que se contrapone a la concepción tradicional funcional “vertical”.

- La organización como agregación de funciones (“Organización vertical”)
- La organización se visualiza como una agregación de departamentos independientes unos de otros y que funcionan autónomamente.
- La dirección marca objetivos, logros y actividades independientes para cada departamento.
- La suma de los logros parciales da como resultado el logro de los objetivos globales de la organización.
- La descripción gráfica de la organización vertical es el organigrama. En el organigrama, cada casilla representa departamentos y jerarquías dentro de la organización.

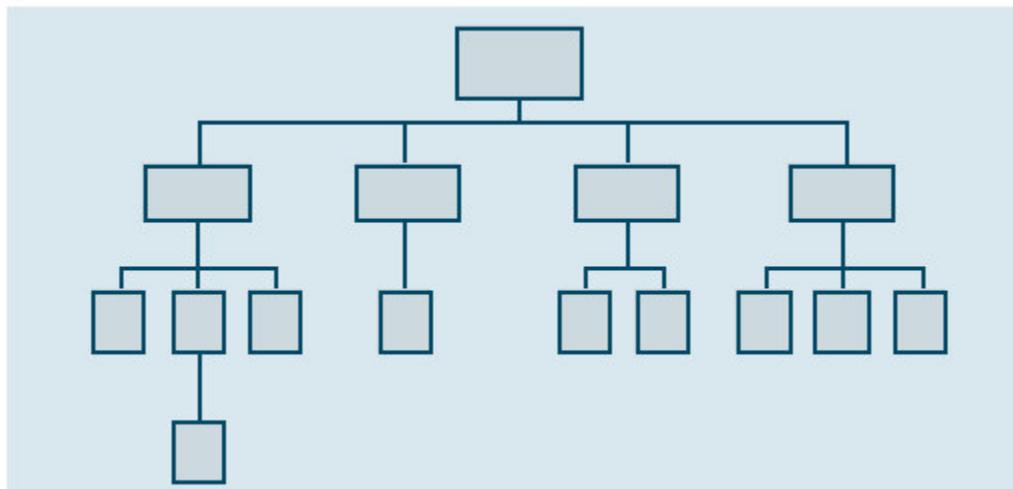


Figura 6. Ejemplo de organización vertical.

Fuente: *Gestión y mejora de procesos* (2007)

□ La organización como entidad “horizontal”

- La organización se visualiza como un conjunto de flujos de producto y/o de servicio, que de forma interrelacionada consiguen el producto y/o servicio final que los clientes finales están dispuestos a adquirir. Estos flujos están constituidos por todas las secuencias de actividades que se producen en la organización.
- La dirección parte de objetivos cuantificables (mejora de indicadores) en las salidas globales de la organización (producto o servicio que recibe el cliente final) y es capaz de desglosar estos objetivos totales, en objetivos parciales e interrelacionados dentro de la organización, es decir, fijar objetivos para cada una de las partes de la red de procesos de la organización.
- Debido a que la dirección busca de antemano coordinar esfuerzos parciales e interrelacionados es más probable que se alcancen los objetivos globales de la organización.
- La descripción gráfica de la organización es el macro proceso o red de procesos. En el macro proceso, se representan actividades o grupos de actividades que aportan valor al producto/ servicio recibido finalmente por el cliente.

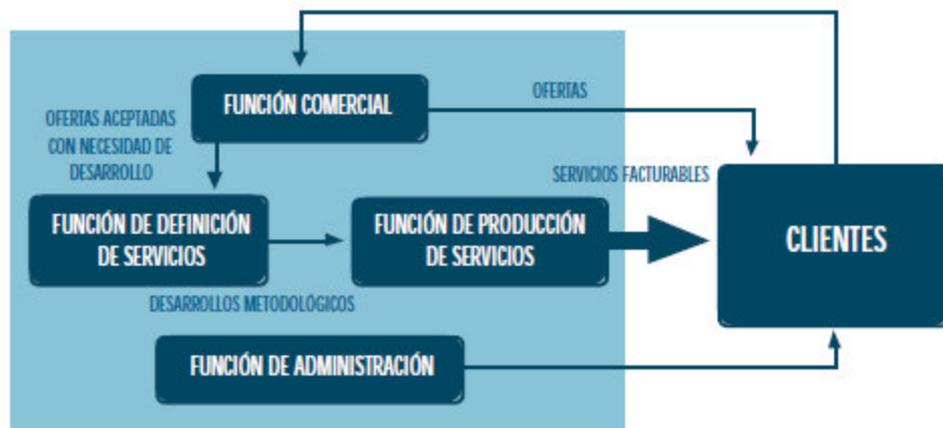


Figura 7. Ejemplo de organización horizontal.

Fuente: *Gestión y mejora de procesos* (2007)

Gestionar una organización “Horizontal” supone gestionar:

- Los clientes y sus expectativas
- Las salidas del macro proceso
- Las actividades internas que aportan valor
- Las entradas al macro proceso

### **¿Cómo se describe un macroproceso?**

A pesar de que la complejidad de gestionar un macro proceso es mucho mayor que la de gestionar un solo proceso y de que es una tarea que corresponde a la dirección, para comprender su funcionamiento en este texto se pueden simplificar sus elementos estableciendo semejanzas con los elementos ya descritos en el apartado “Cómo se describe un proceso”.

- Una salida concreta, es una unidad de producto/ servicio generada por la totalidad de la organización. Por ejemplo. Un frigorífico.
- Destinatario del flujo de salida, son los clientes finales que compran, adquieren, utilizan los productos/servicios finales de la organización. Por ejemplo. El dueño de un bar.
- Los procesos, son partes de la red de procesos que aportan valor a los productos/servicios globales de la organización. Por ejemplo. El proceso de esmaltado.
- Recursos, son todos aquellos elementos materiales o de información que la organización consume o necesita utilizar para poder generar los productos/servicios globales de la organización. Por ejemplo. Motores, chapa.
- Los indicadores fundamentales en el macro proceso, son los indicadores globales de eficacia (que miden la satisfacción de los clientes finales con el producto/servicio recibido) y de eficiencia (que mide los recursos gastados por la organización durante sus procesos). Estos indicadores globales se interrelacionan forzosamente con los indicadores concretos

para cada proceso. Por ejemplo. Nº de frigoríficos reparados en garantía.

- Establecimiento de planes de actuación a largo, medio y corto plazo.

Los datos proporcionados por el sistema de indicadores permiten conocer la situación actual a la dirección.

En función de esta situación actual y de Misión, Visión y Valores que ha definido, puede establecer objetivos de futuro. Por ejemplo, un cliente final debe esperar un plazo de tres meses para recibir su producto. La dirección ha marcado como objetivos que dentro de un año tenga que esperar dos meses y que dentro de tres años solo tenga que esperar tres semanas.



Figura 8. Ejemplo de un proceso (papelería del norte)

Fuente: *Gestión y mejora de procesos* (2007)

En el texto *gestión y mejora de procesos* (2007), señala la implantación de la gestión por procesos, para ello la dirección se deberá plantear que procesos inciden directamente en el indicador “plazo de entrega al cliente final” y marcar objetivos parciales para esos procesos.

Para que en una organización se pueda implantar correctamente la gestión por procesos, la totalidad del grupo humano que la compone deberá invertir tiempo y esfuerzo en las siguientes áreas:

a) Liderazgo de la dirección

El equipo directivo se debe implicar directamente en la gestión desde la calidad total.

Es necesario que el personal de la organización perciba que:

- Los directores en la organización conocen y dominan los temas relacionados con la gestión por y de procesos.
- Se involucran en la formación del resto del personal.
- Conocen y actúan como modelo de los valores de la organización.
- Se involucran activa y personalmente en equipos de mejora.
- Destinan los recursos humanos y materiales necesarios para desarrollar las actividades de gestión por y de procesos

b) Participación de los empleados

La organización dispone entre otros de dos mecanismos que le permiten mejorar la participación de sus empleados.

▪ Crear equipos de gestión de procesos

La dirección debe crear equipos que sean capaces de gestionar y mejorar los procesos en los que intervienen. Si la dirección realmente cree en la calidad total y lidera el proceso de mejora continua en su organización, estos equipos deberían tener su lugar natural dentro de ésta, es decir, los equipos deberían tener un carácter estable, con miembros estables y funcionar dentro de horas de trabajo.

- Que la dirección trate de trabajar la gestión calidad total con equipos de voluntarios y que se reúnen fuera de horas de trabajo demuestra a los empleados que la estrategia adoptada es poco importante. Si para una organización es, por ejemplo, importante desarrollar un plan para la exportación al mercado brasileño lo último que hará es pedir voluntarios para empezar a trabajar sobre este tema los sábados a la mañana

- Reconocer a sus empleados

La dirección debe ser capaz de motivar y reconocer a sus empleados. Reconocer significa comunicar con los empleados y hacerles saber que en la organización se conoce y se aprecia su labor y su esfuerzo, significa aportar orgullo y autoestima a los empleados mostrándoles agradecimiento por sus esfuerzos.

El reconocimiento es una poderosa fuerza que aporta a la organización:

- Ganas de pertenecer a la organización
- Sentimiento de grupo
- Ganas de trabajar y de esforzarse
- Orgullo personal y grupal

La dirección debe ser capaz de crear los mecanismos necesarios que generen el reconocimiento:

- Premios individuales y de equipos
- Presentaciones de los trabajos realizados por equipos
- Reuniones frecuentes entre dirección y equipos

c) Formación

El equipo de dirección debe en primer lugar formarse a sí mismo en todos los temas relacionados con la calidad total y gestión por procesos y de procesos para después formar su propio equipo y trabajar directamente en estos temas.

Posteriormente estará en condiciones de participar en la formación o de colaborar con otros equipos de nivel 7 inferior.

En general tanto los directivos como los empleados que trabajan en equipos de gestión de procesos deben formarse en:

- Funcionamiento en equipos.
- Gestión de procesos y por procesos.
- En herramientas y técnicas de mejora.

## **1.2.2 Propuestas metodológicas**

### **1.2.2.1 Metodología Extreme Programming (XP) o Programación Extrema**

Kendall, k., y Kendall, J. (2005) encontró que la Metodología ágil basada en cuatro principios: simplicidad, comunicación, retroalimentación y valor.

Los defensores de XP consideran que los cambios de requisitos sobre la marcha son un aspecto natural, inevitable e incluso deseable del desarrollo de proyectos. Creen que ser capaz de adaptarse a los cambios de requisitos en cualquier punto de la vida del proyecto es una aproximación mejor y más realista que intentar definir todos los requisitos al comienzo del proyecto e invertir esfuerzos después en controlar los cambios en los requisitos.

Las características de la metodología xp son de desarrollo iterativo e incremental, pruebas unitarias continuas, frecuentemente repetidas y automatizadas, incluyendo pruebas de regresión. Se aconseja escribir el código de la prueba antes de la codificación.

**Programación en parejas:** se recomienda que las tareas de desarrollo se lleven a cabo por dos personas en un mismo puesto. Se supone que la

calidad del código escrito de esta manera, es revisada y discutida mientras se escribe y es más importante que la posibilidad de pérdida de la productividad inmediata.

Frecuente integración del equipo de programación con el cliente o usuario. Se recomienda que un representante del cliente trabaje junto al equipo de desarrollo.

Corrección de todos los errores antes de añadir nueva funcionalidad y hacer entregas frecuentes.

Refactorización del código, es decir, reescribir ciertas partes del código para aumentar su legibilidad y mantenibilidad pero sin modificar su comportamiento. Las pruebas han de garantizar que en la refactorización no se ha introducido ningún fallo.

**Propiedad del código compartida:** en vez de dividir la responsabilidad en el desarrollo de cada módulo en grupos de trabajo distintos, este método promueve el que todo el personal pueda corregir y extender cualquier parte del proyecto. Las frecuentes pruebas de regresión garantizan que los posibles errores serán detectados.

**Simplicidad en el código:** es la mejor manera de que las cosas funcionen. Cuando todo funcione se podrá añadir funcionalidad si es necesario. La programación extrema apuesta que es más sencillo hacer algo simple y tener un poco de trabajo extra para cambiarlo si se requiere, que realizar algo complicado y quizás nunca utilizarlo.

La simplicidad y la comunicación son extraordinariamente complementarias. Con más comunicación resulta más fácil identificar qué se debe y qué no se debe hacer. Cuanto más simple es el sistema, menos tendrá que comunicar sobre éste, lo que lleva a una comunicación más completa, especialmente si se puede reducir el equipo de programadores.

### **Las cuatro variables:**

Coste: Máquinas, especialistas y oficinas

Tiempo: Total y de entregas

Calidad: Externa e interna

Alcance: Intervención del cliente

### **Uso de la metodología XP**

XP surgió como respuesta y posible solución a los problemas derivados del cambio en los requerimientos.

XP se plantea como una metodología a emplear en proyectos de riesgo.

XP aumenta la productividad

### **Ventajas y desventajas de la metodología XP**

#### **Ventajas:**

- ✓ Programación organizada
- ✓ Menor tasa de errores
- ✓ Satisfacción del programador

#### **Desventajas:**

- ✓ Es recomendable emplearlo solo en proyectos a corto plazo
- ✓ Altas comisiones en caso de fallar

#### **Beneficios:**

- ✓ El cliente tiene el control sobre las prioridades
- ✓ Se hacen pruebas continuas durante el proyecto

La XP es mejor utilizada en la implementación de nuevas tecnologías donde los requerimientos cambian rápidamente.

### **Ciclo de vida de la metodología xp**

El ciclo de vida de XP se enfatiza en el carácter interactivo e incremental del desarrollo, es una iteración de desarrollo es un período de tiempo en el que se realiza un conjunto de funcionalidades determinadas que en el caso de XP corresponden a un conjunto de historias de usuarios.

En 2005, Kendall encontraron que las iteraciones son relativamente cortas ya que se piensa que entre más rápido se le entreguen desarrollos al cliente, más retroalimentación se va a obtener y esto va a representar una mejor calidad del producto a largo plazo. Existe una fase de análisis inicial orientada a programar las iteraciones de desarrollo y cada iteración incluye diseño, codificación y pruebas, fases superpuestas de tal manera que no se separen en el tiempo.

### Fases en las que se subdivide el ciclo de vida XP

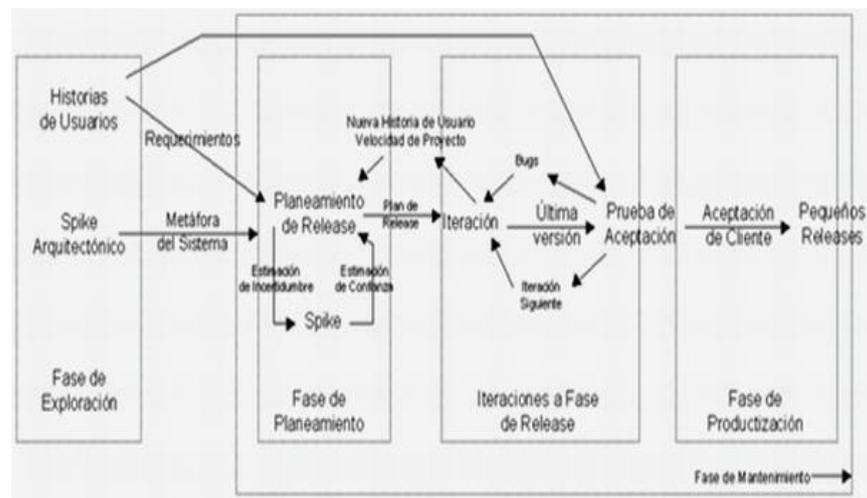


Figura 9. Fases en las que se subdivide el ciclo de vida XP

Fuente: Kendall, k., y Kendall, J. (2005)

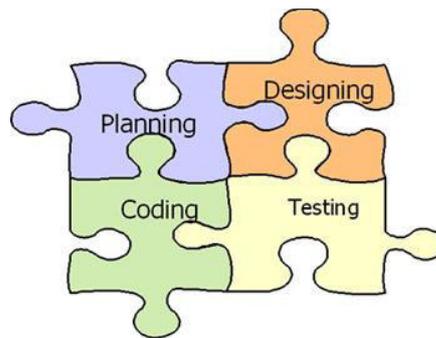


Figura 10. Las Cuatro grandes Fases de XP.

Fuente: Kendall, k., y Kendall, j. (2005)

## **Fase de la exploración**

En esta fase, los clientes plantean a grandes rasgos las historias de usuario que son de interés para la primera entrega del producto. Al mismo tiempo el equipo de desarrollo se familiariza con las herramientas, tecnologías y prácticas que se utilizarán en el proyecto.

Se prueba la tecnología y se exploran las posibilidades de la arquitectura del sistema construyendo un prototipo. La fase de exploración toma de pocas semanas a pocos meses, dependiendo del tamaño y familiaridad que tengan los programadores con la tecnología.

## **Fase de la planificación**

Se priorizan las historias de usuario y se acuerda el alcance del release. Los programadores estiman cuánto esfuerzo requiere cada historia y a partir de allí se define el cronograma. La duración del cronograma del primer release no excede normalmente dos meses. La fase de planeamiento toma un par de días. Se deben incluir varias iteraciones para lograr un release. El cronograma fijado en la etapa de planeamiento se realiza a un número de iteraciones, cada una toma de una a cuatro semanas en ejecución. La primera iteración crea un sistema con la arquitectura del sistema completo. Esto es alcanzado seleccionando las historias que harán cumplir la construcción de la estructura para el sistema completo. El cliente decide las historias que se seleccionarán para cada iteración. Las pruebas funcionales creadas por el cliente se ejecutan al final de cada iteración. Al final de la última iteración, el sistema está listo para producción.

Kendall, k., y Kendall, j. (2005) explico que los artefactos;

Historias de usuario:

Las historias de usuario tienen el mismo propósito que los casos de uso. Las escriben los propios clientes, tal y como ven ellos las necesidades del sistema. Las historias de usuario son similares al empleo de escenarios, con la excepción de que no se limitan a la descripción de la interfaz de

usuario. También conducirán el proceso de creación de los test de aceptación (empleados para verificar que las historias de usuario han sido implementadas correctamente). Existen diferencias entre estas y la tradicional especificación de requisitos. La principal diferencia es el nivel de detalle. Las historias de usuario solamente proporcionaran los detalles sobre la estimación del riesgo y cuánto tiempo conllevará la implementación de dicha historia de usuario.

### **Fase de producción**

Requiere prueba y comprobación extra del funcionamiento del sistema antes de que éste se pueda liberar al cliente. En esta fase, los nuevos cambios pueden todavía ser encontrados y debe tomarse la decisión de si se incluyen o no en el release actual.

Durante esta fase, las iteraciones pueden ser aceleradas de una a tres semanas. Las ideas y las sugerencias pospuestas se documentan para una puesta en práctica posterior, por ejemplo, en la fase de mantenimiento. Después de que se realice el primer release productivo para uso del cliente, el proyecto de XP debe mantener el funcionamiento del sistema mientras que realiza nuevas iteraciones.

### **Fase de mantenimiento**

Requiere de un mayor esfuerzo para satisfacer también las tareas del cliente. Así, la velocidad del desarrollo puede desacelerar después de que el sistema esté en la producción. La fase de mantenimiento puede requerir la incorporación de nueva gente y cambiar la estructura del equipo.

### **Fase de muerte**

Es cuando el cliente no tiene más historias para ser incluidas en el sistema. Esto requiere que se satisfagan las necesidades del cliente en otros aspectos como rendimiento y confiabilidad del sistema. Se genera la

documentación final del sistema y no se realizan más cambios en la arquitectura. La muerte del proyecto también ocurre cuando el sistema no genera los beneficios esperados por el cliente o cuando no hay presupuesto para mantenerlo.

Kendall, k., y Kendall, j. (2005) encontraron que las actividades de la metodología XP son:

- **Codificar**

Es necesario codificar y plasmar nuestras ideas a través del código. En programación, el código expresa la interpretación del problema, así podemos utilizar el código para comunicar, para hacer comunes las ideas, y por tanto para aprender y mejorar.

- **Hacer pruebas**

Las características del software que no pueden ser demostradas mediante pruebas simplemente no existen. Las pruebas dan la oportunidad de saber si lo implementado es lo que en realidad se tenía en mente. Las pruebas nos indican que nuestro trabajo funciona, cuando no podemos pensar en ninguna prueba que pudiese originar un fallo en nuestro sistema, entonces habremos acabado por completo.

- **Escuchar**

Nos menciona en una frase, “Los programadores no lo conocemos todo, y sobre todo muchas cosas que las personas de negocios piensan que son interesantes. Si ellos pudieran programarse su propio software ¿para qué nos querrían?”. Si vamos a hacer pruebas tenemos que preguntar si lo obtenido es lo deseado, y tenemos que preguntar a quién necesita la información. Tenemos que escuchar a nuestros clientes cuáles son los problemas de su negocio, debemos de tener una escucha activa explicando lo que es fácil y difícil de obtener, y la realimentación entre ambos nos ayudan a todos a entender los problemas.

- **Diseñar**

El diseño crea una estructura que organiza la lógica del sistema, un buen diseño permite que el sistema crezca con cambios en un solo lugar. Los diseños deben de ser sencillos, si alguna parte del sistema es de desarrollo complejo, lo apropiado es dividirla en varias. Si hay fallos en el diseño o malos diseños, estos deben de ser corregidos cuanto antes.

Resumiendo las actividades de XP: Tenemos que codificar porque sin código no hay programas, tenemos que hacer pruebas porque sin pruebas no sabemos si hemos acabado de codificar, tenemos que escuchar, porque si no escuchamos no sabemos qué codificar ni probar, y tenemos que diseñar para poder codificar, probar y escuchar indefinidamente.

- **Actores y responsabilidades de XP**

Según Kendall, k., y Kendall, J. (2005) explican que existen diferentes roles (actores) y responsabilidades en XP para diferentes tareas y propósitos durante el proceso:

**Programador**

Responsable de decisiones técnicas, responsable de construir el sistema, sin distinción entre analistas, diseñadores o codificadores. En XP, los programadores diseñan, programan y realizan las pruebas.

**Cliente (Customer)**

Es parte del equipo, determina qué construir y cuándo, escribe test funcionales para determinar cuándo está completo un determinado aspecto.

**Entrenador (Coach, El líder del equipo)**

Toma las decisiones importantes, es el principal responsable del proceso, tiende a estar en un segundo plano a medida que el equipo madura.

### **Rastreador (Tracker, MetricMan)**

Observa sin molestar, conserva datos históricos.

✓ **Probador (Tester)**

Ayuda al cliente con las pruebas funcionales, se asegura de que los test funcionales se ejecutan.

✓ **Artefactos XP**

A continuación describimos los artefactos de XP, entre los que se encuentran: Historias de Usuario, Tareas de Ingeniería y Tarjetas CRC.

✓ **Historias de Usuario**

Representan una breve descripción del comportamiento del sistema, emplea terminología del cliente sin lenguaje técnico, se realiza una por cada característica principal del sistema, se emplean para hacer estimaciones de tiempo y para el plan de lanzamientos, reemplazan un gran documento de requisitos y presiden la creación de las pruebas de aceptación.

Tabla 3. Artefacto - Historia de usuario

Historia de Usuario	
Número:	Nombre Historia de Usuario:
Modificación (o extensión) de Historia de Usuario (Nro. y Nombre):	
Usuario:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocio: (Alta / Media / Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Reales:
Descripción:	
Observaciones:	

Fuente: Kendall, k., y Kendall, j. (2005)

Estas deben proporcionar solo el detalle suficiente como para poder hacer razonable la estimación de cuánto tiempo requiere la implementación de la historia, difiere de los casos de uso porque son escritos por el cliente, no por los programadores, empleando terminología del cliente. “Las historias de usuario son más “amigables” que los casos de uso formales”.

Las historias de usuario tienen tres aspectos:

- ✓ **Tarjeta:** en ella se almacena suficiente información para identificar y detallar la historia.
- ✓ **Conversación:** cliente y programadores discuten la historia para ampliar los detalles (verbalmente cuando sea posible, pero documentada cuando se requiera confirmación)
- ✓ **Pruebas de aceptación:** permite confirmar que la historia ha sido implementada correctamente.

Tabla 4. Artefacto - Caso de prueba de aceptación

Caso de Prueba de Aceptación	
Código:	Historia de Usuario (Nro. y Nombre):
Nombre:	
Descripción:	
Condiciones de Ejecución:	
Entrada / Pasos de ejecución:	
Resultado Esperado:	
Evaluación de la Prueba:	

Fuente: Kendall, k., y Kendall, j. (2005)

## TaskCard

Tabla 5. Artefacto – TaskCard

Tarea de Ingeniería	
Número Tarea:	Historia de Usuario (Nro. y Nombre):
Nombre Tarea:	
Tipo de Tarea : Desarrollo / Corrección / Mejora / Otra (especificar)	Puntos Estimados:
Fecha Inicio:	Fecha Fin:
Programador Responsable:	
Descripción:	

Fuente: Kendall, k., y Kendall, j. (2005)

### Tarjetas CRC (clase - responsabilidad – colaborador)

Estas tarjetas se dividen en tres secciones que contienen la información del nombre de la clase, sus responsabilidades y sus colaboradores. En la siguiente figura se muestra cómo se distribuye esta información.

Tabla 6. Artefacto – Tarjeta CRC

Nombre de la clase.	
Responsabilidades	Colaboradores

Fuente: Kendall, k., y Kendall, j. (2005)

Una clase es cualquier persona, cosa, evento, concepto, pantalla o reporte. Las responsabilidades de una clase son las cosas que conoce y las que realizan, sus atributos y métodos. Los colaboradores de una clase son las demás clases con las que trabaja en conjunto para llevar a cabo sus responsabilidades.

En la práctica conviene tener pequeñas tarjetas de cartón, que se llenarán y que son mostradas al cliente, de manera que se pueda llegar a un acuerdo sobre la validez de las abstracciones propuestas.

Los pasos a seguir para llenar las tarjetas son los siguientes:

- Encontrar clases
- Encontrar responsabilidades
- Definir colaboradores
- Disponer las tarjetas

Para encontrar las clases debemos pensar cómo interactúan con el sistema (en nuestro caso el usuario), y cómo son parte del sistema, así como las pantallas útiles a la aplicación un despliegue de datos, una entrada de parámetros y una pantalla general, entre otros. Una vez que las clases principales han sido encontradas se procede a buscar los atributos y las responsabilidades, para esto se puede formular la pregunta ¿Qué sabe la clase? y ¿Qué hace la clase? Finalmente se buscan los colaboradores dentro de la lista de clases que se tenga.

### **1.2.2.2 Metodología SCRUM**

La Metodología Scrum es un proceso de desarrollo de software iterativo y creciente utilizado, comúnmente, en entornos basados en el desarrollo ágil de software.

Scrum es un framework de desarrollo ágil de software. El trabajo es estructurado en ciclos de trabajo llamados sprints, iteraciones de trabajo con una duración típica de dos a cuatro semanas. Durante cada sprint, los equipos eligen de una lista de requerimientos de cliente priorizados, llamados historias de usuarios, para que las características que sean desarrolladas primero sean las de mayor valor para el cliente. Al final

de cada sprint, se entrega un producto potencialmente lanzable / distribuible / comerciable.

Scrum se caracteriza por ser un modelo de referencia que define un conjunto de prácticas y roles, y que puede tomarse como punto de partida para definir el proceso de desarrollo que se ejecutará durante un proyecto.

**Los roles** principales en Scrum son el ScrumMaster, el ProductOwner, y el Team.

Las características más marcadas que se logran notar en Scrum serían:

- Gestión regular de las expectativas del cliente,
- resultados anticipados,
- flexibilidad y adaptación,
- retorno de inversión,
- mitigación de riesgos,
- productividad y calidad,
- alineamiento entre cliente y equipo
- Un equipo motivado.

Los principales beneficios que proporciona Scrum son: Entrega mensual (o quincenal) de resultados (los requisitos más prioritarios en ese momento, ya completados) lo cual proporciona las siguientes ventajas:

- Gestión regular de las expectativas del cliente y basada en resultados tangibles.
- Resultados anticipados (time to market).
- Flexibilidad y adaptación respecto a las necesidades del cliente, cambios en el mercado, etc.
- Gestión sistemática del Retorno de Inversión (ROI).

- Mitigación sistemática de los riesgos del proyecto.
  - Productividad y calidad.
  - Alineamiento entre el cliente y el equipo de desarrollo.
  - Equipo motivado.

### **Actividades a realizar**

#### **a) Planificación de la iteración (Sprint Planning)**

La planificación de las tareas a realizar en la iteración se divide en dos partes:

**Primera parte de la reunión.** Se realiza en un timebox de cómo máximo 4 horas:

- El cliente presenta al equipo la lista de requisitos priorizada del producto o proyecto, pone nombre a la meta de la iteración (de manera que ayude a tomar decisiones durante su ejecución) y propone los requisitos más prioritarios a desarrollar en ella.
- El equipo examina la lista, pregunta al cliente las dudas que le surgen, añade más condiciones de satisfacción y selecciona los objetivos/requisitos más prioritarios que se compromete a completar en la iteración, de manera que puedan ser entregados si el cliente lo solicita.

**Segunda parte de la reunión.** Se realiza en un timebox de cómo máximo 4 horas. El equipo planifica la iteración, elabora la táctica que le permitirá conseguir el mejor resultado posible con el mínimo esfuerzo. Esta actividad la realiza el equipo dado que ha adquirido un compromiso, es el responsable de organizar su trabajo y es quien mejor conoce cómo realizarlo.

- Define las tareas necesarias para poder completar cada objetivo/requisito, creando la lista de tareas de la iteración (Sprint backlog) basándose en la definición de completado.
- Realiza una estimación conjunta del esfuerzo necesario para realizar cada tarea.

- Cada miembro del equipo se auto asigna a las tareas que puede realizar.

b) **Ejecución de la iteración (Sprint)**

En Scrum un proyecto se ejecuta en bloques temporales cortos y fijos (iteraciones de un mes natural y hasta de dos semanas). Cada iteración tiene que proporcionar un resultado completo, un incremento de producto que sea susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo cuando el cliente (ProductOwner) lo solicite.

Cada día el equipo realiza una reunión de sincronización, donde cada miembro inspecciona el trabajo de los otros para poder hacer las adaptaciones necesarias, comunica cuales son los impedimentos con que se encuentra, actualiza el estado de la lista de tareas de la iteración (Sprint Backlog) y los gráficos de trabajo pendiente (Burndown charts).

El Facilitador (Scrum Master) se encarga de que el equipo pueda cumplir con su compromiso y de que no se merme su productividad.

- Elimina los obstáculos que el equipo no puede resolver por sí mismo.
- Protege al equipo de interrupciones externas que puedan afectar su compromiso o su productividad.

c) **Reunión diaria de sincronización del equipo (ScrumDaily meeting)**

El objetivo de esta reunión es facilitar la transferencia de información y la colaboración entre los miembros del equipo para aumentar su productividad, al poner de manifiesto puntos en que se pueden ayudar unos a otros.

Cada miembro del equipo inspecciona el trabajo que el resto está realizando (dependencias entre tareas, progreso hacia el objetivo de la iteración, obstáculos que pueden impedir este objetivo) para al finalizar la reunión poder hacer las adaptaciones necesarias que permitan cumplir con el compromiso conjunto que el equipo adquirió para la iteración (en la reunión de planificación de la iteración).

Cada miembro del equipo debe responder las siguientes preguntas en un timebox de cómo máximo 15 minutos:

¿Qué he hecho desde la última reunión de sincronización? ¿Pude hacer todo lo que tenía planeado? ¿Cuál fue el problema?

¿Qué voy a hacer a partir de este momento?

¿Qué impedimentos tengo o voy a tener para cumplir mis compromisos en esta iteración y en el proyecto?

Como apoyo a la reunión, el equipo cuenta con la lista de tareas de la iteración, donde se actualiza el estado y el esfuerzo pendiente para cada tarea, así como con el gráfico de horas pendientes en la iteración.

d) **Demostración de los requisitos completados (Sprint review)**

Reunión informal donde el equipo presenta al cliente los requisitos completados en la iteración, en forma de incremento de producto preparado para ser entregado con el mínimo esfuerzo, haciendo un recorrido por ellos lo más real y cercano posible al objetivo que se pretende cubrir.

En función de los resultados mostrados y de los cambios que haya habido en el contexto del proyecto, el cliente realiza las adaptaciones necesarias de manera objetiva, ya desde la primera iteración, re planificando el proyecto. Se realiza en un timebox de cómo máximo 4 horas.

e) **Retrospectiva (Sprint retrospective)**

Con el objetivo de mejorar de manera continua su productividad y la calidad del producto que está desarrollando, el equipo analiza cómo ha sido su manera de trabajar durante la iteración, por qué está consiguiendo o no los objetivos a que se comprometió al inicio de la iteración y por qué el incremento de producto que acaba de demostrar al cliente era lo que él esperaba o no:

· ¿Qué cosas han funcionado bien?

- ¿Cuales hay que mejorar?
- ¿Qué quiere probar hacer en la siguiente iteración?
- Qué ha aprendido?
- ¿Cuáles son los problemas que podrían impedirle progresar adecuadamente?

El facilitador se encargará de ir eliminando los obstáculos identificados que el propio equipo no pueda resolver por sí mismo.

Notar que esta reunión se realiza después de la reunión de demostración al cliente de los objetivos conseguidos en la iteración, para poder incorporar su feedback y cumplimiento de expectativas como parte de los temas a tratar en la reunión de retrospectiva y se realiza en un timebox de cómo máximo 3 horas (si la iteración es mensual).

f) **Re planificación del proyecto**

En las reuniones de planificación de entregas y/o durante el transcurso de una iteración, el cliente va trabajando en la lista de objetivos/requisitos priorizada del producto o proyecto, añadiendo requisitos, modificándolos, eliminándolos, re priorizándolos, cambiando el contenido de iteraciones y definiendo un calendario de entregas que se ajuste mejor a sus nuevas necesidades.

Los cambios en la lista de requisitos pueden ser debidos a:  
Modificaciones que el cliente solicita tras la demostración que el equipo realiza al final de cada iteración sobre los resultados obtenidos, ahora que el cliente entiende mejor el producto o proyecto.

Cambios en el contexto del proyecto (sacar al mercado un producto antes que su competidor, hacer frente a urgencias o nuevas peticiones de clientes, etc.).

Para realizar esta tarea, el cliente colabora con el equipo:

Para cada nuevo objetivo/requisito conjuntamente se hace una identificación inicial de sus condiciones de satisfacción (que se detallarán en la reunión de planificación de la iteración).

El cliente obtiene del equipo la re-estimación de costes de desarrollo para completar los objetivos/requisitos siguientes, según la definición de completado. El equipo ajusta el factor de complejidad, el coste para completar los requisitos y su velocidad de desarrollo en función de la experiencia adquirida hasta ese momento en el proyecto.

El cliente re-prioriza la lista de objetivos/requisitos en función de estas nuevas estimaciones.

#### g) **Los roles del equipo**

Los roles asignados son los siguientes:

- **El director o líder del equipo (Scrum master):** Es la persona que se encargará de coordinar el equipo y asignar las tareas a realizar.
- **Los clientes (ProductOwner):** Son los grupos de interés a los que va dedicado el proyecto/producto/servicio que se está desarrollando. Son los que dicen qué es lo que se quiere hacer y cuáles son los objetivos. En el caso de no estar presentes, se debe nombrar un representante de fuera del equipo que se encargue de defender sus intereses y su punto de vista.
- **Los desarrolladores / equipo de trabajo (Team):** Son los responsables de desarrollar las tareas. Se recomienda crear equipos no muy grandes (menos de 10 personas) donde las personas se complementen, de forma que cada uno tenga unos conocimientos específicos y unas actividades pre asignadas acordes con estos.
- **Los consumidores o usuarios (Customers):** Son los que usarán el producto final. Muchas veces se confunden con los clientes, pero no son los mismos. Hablando claro: “cliente es el que paga (y por lo tanto decide) y

consumidor el que usa el producto”. A veces cliente y consumidor son la misma persona, pero otras veces no.

#### h) **Cómo funciona**

En Scrum un proyecto se ejecuta en bloques temporales cortos y fijos (iteraciones de un mes y hasta de dos semanas, si así se necesita). Cada iteración tiene que proporcionar un resultado completo, un incremento de producto final que sea susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite.

El proceso parte de la lista de objetivos/requisitos priorizada del producto, que actúa como plan del proyecto. En esta lista el cliente prioriza los objetivos balanceando el valor que le aportan respecto a su coste y quedan repartidos en iteraciones y entregas. De manera regular el cliente puede maximizar la utilidad de lo que se desarrolla y el retorno de inversión mediante la re planificación de objetivos que realiza al inicio de cada iteración.

#### i) **Artefactos**

ProductBacklog (Lista de objetivos / requisitos priorizada)

La lista de objetivos/requisitos priorizada representa la visión y expectativas del cliente respecto a los objetivos y entregas del producto o proyecto. El cliente es el responsable de crear y gestionar la lista (con la ayuda del Facilitador y del equipo, quien proporciona el coste estimado de completar cada requisito). Dado que reflejar las expectativas del cliente, esta lista permite involucrarle en la dirección de los resultados del producto o proyecto.

· Contiene los objetivos/requisitos de alto nivel del producto o proyecto, que se suelen expresar en forma de historias de usuario. Para cada objetivo/requisito se indica el valor que aporta al cliente y el coste estimado de completarlo. La lista está priorizada balanceando el valor que cada requisito aporta al negocio frente al coste estimado que tiene su desarrollo, es decir, basándose en el Retorno de la Inversión (ROI).

❑ En la lista se indican las posibles iteraciones y las entregas (releases) esperadas por el cliente (los puntos en los cuales desea que se le entreguen los objetivos/requisitos completados hasta ese momento), en función de la velocidad de desarrollo de los equipos que trabajarán en el proyecto. Es conveniente que el contenido de cada iteración tenga una coherencia, de manera que se reduzca el esfuerzo de completar todos sus objetivos.

❑ La lista también tiene que considerar los riesgos del proyecto e incluir los requisitos o tareas necesarios para mitigarlos.

Antes de iniciar la primera iteración, el cliente debe tener definida la meta del producto o proyecto y la lista de requisitos creada. No es necesario que la lista sea completa ni que todos los requisitos estén detallados al mismo nivel. Basta con que estén identificados y con suficiente detalle los requisitos más prioritarios con los que el equipo empezará a trabajar. Los requisitos de iteraciones futuras pueden ser mucho más amplios y generales. La incertidumbre y complejidad propia de un proyecto hacen conveniente no detallar todos los requisitos hasta que su desarrollo esté próximo. De esta manera, el esfuerzo de recoger, detallar y desarrollar el resto de requisitos (menos prioritarios) está repartido en el período de ejecución del proyecto. En el caso del desarrollo de un producto, la lista va evolucionando durante toda la vida del producto (los requisitos "emergen"). En el caso de un proyecto, conforme éste avance irán apareciendo los requisitos menos prioritarios que falten. Esto produce varias ventajas:

❑ Se evita caer en parálisis de análisis al inicio del proyecto, de manera que se puede iniciar antes el desarrollo y el cliente puede empezar a obtener resultados útiles.

❑ Se evita analizar en detalle requisitos no prioritarios que podrían cambiar durante el transcurso del proyecto, dado que el cliente conocerá mejor cuál ha de ser el resultado a conseguir, o bien por que podrían ser reemplazados por otros.

- ❑ Puede llegar a un punto del proyecto en que no valga la pena analizar ni desarrollar los requisitos restantes, dado el poco retorno de inversión (ROI) que tienen.

### **Definición de completado (definition of done)**

El cliente y el equipo tienen que acordar la "definición de completado" de los objetivos / requisitos en el proyecto:

- Debe asegurar que el incremento de producto es potencialmente entregable al cliente al finalizar cada iteración, que no hay tareas pendientes que puedan impedir utilizar los resultados del proyecto lo antes posible. De este modo, el cliente podrá tomar decisiones correctas cuando al final de cada iteración el equipo le haga una demostración de los requisitos completados: cambiar las prioridades en función de la velocidad de desarrollo, solicitar una entrega del producto desarrollado hasta ese momento, etc.
  - Debe incluir lo necesario para considerar de manera clara que el cliente obtendrá lo que necesita según sus criterios de entregables y de calidad (producto construido, probado, documentado, refactorizado para conseguir calidad interna, etc.).
- Además de esta definición de completado, a cada objetivo hay que asociarle sus condiciones de satisfacción, preferiblemente en forma de casos de prueba de aceptación, en el momento de crear la lista de requisitos priorizada (ProductBacklog).
  - Notar que la definición de completado también sirve como base para identificar las tareas necesarias para conseguir cada objetivo/requisito, en la reunión de planificación de la iteración (Sprint planning). Para cada objetivo se crearán más tareas que la definición de completado (o menos) y con más significado. Por ejemplo, respecto a que el objetivo tiene que estar "construido", pueden aparecer varias tareas, del estilo "construir el componente X", "modificar la pantalla Y", "modificar la BBDD", "preparar el script de carga", etc.

### **Iteración de entrega (reléase sprint)**

Cuando el cliente solicita una entrega de los objetivos/requisitos completados hasta ese momento, el equipo puede necesitar añadir una iteración de entrega, más corta que las iteraciones habituales, donde realizar alguna tarea que no ha sido necesaria o posible hasta el momento de la entrega final y acabar de corregir defectos detectados en la última demostración.

### **Uso de la lista**

Para medir la velocidad de desarrollo del equipo, ver una progresión constante y extrapolar la fecha de las entregas, es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

- Los requisitos deben tener un esfuerzo semejante para ser completados.
- La estimación de un requisito no debe ser superior a 10 días (si las iteraciones son de 20 días laborables).
  - Cada requisito tiene asociado un factor de complejidad, que permite ajustar su coste estimado en función de la incertidumbre de la complejidad de su desarrollo en el momento de introducirlo en la lista. Este factor de coste se irá ajustando conforme las iteraciones avancen y el equipo conozca mejor el producto o proyecto, su contexto y su velocidad de desarrollo con las herramientas y tecnologías que utiliza.
  - Si un requisito depende de otro, se coloca en algún punto por debajo del que depende.
  - Si un requisito no se finaliza en una iteración, se le vuelve a poner en alguna de las siguientes iteraciones, indicando el coste pendiente de desarrollo.

- El "origen" permite saber quién podría participar en la definición de un objetivo/requisito y sería conveniente que estuviese presente en el momento de su demostración.

El progreso del proyecto y su velocidad con respecto a requisitos completados se muestra en un gráfico de trabajo pendiente (Burndown chart).

### **Lista de tareas de la iteración (Sprint Backlog)**

Lista de tareas que el equipo elabora en la reunión de planificación de la iteración (Sprint planning) como plan para completar los objetivos/requisitos seleccionados para la iteración y que se compromete a demostrar al cliente al finalizar la iteración, en forma de incremento de producto preparado para ser entregado.

Esta lista permite ver las tareas donde el equipo está teniendo problemas y no avanza, con lo que le permite tomar decisiones al respecto.

Para cada uno de los objetivos/requisitos se muestran sus tareas, el esfuerzo pendiente para finalizarlas y el auto asignación que han hecho los miembros del equipo.

El progreso de la iteración y su velocidad con respecto a tareas u horas pendientes se muestra mediante un gráfico de trabajo pendiente (Burndown chart).

### **Uso de la lista**

- Los objetivos/requisitos están ordenados por orden de prioridad para el cliente.

- Por ello, signos de falta de foco, problemas o impedimentos serían que se estén completando objetivos que no son los primeros de la lista, así como tener demasiados objetivos/requisitos en progreso simultáneamente.

- Si una tarea depende de otra, se coloca en algún punto por debajo de la que depende.

- Las tareas deben estar identificadas de manera que tengan un coste semejante para ser completadas, entre 4 y 16 horas. Este tamaño permitirá:

- Que las tareas sean suficientemente pequeñas como para poder detectar progreso o estancamiento de manera diaria.
- Que las tareas no sean muy pequeñas, que sean suficientemente relevantes, no generen ruido ni micro gestión.
- Medir la velocidad de desarrollo del equipo y extrapolar si es posible finalizarlas dentro de la iteración.

### **El tablero de tareas (ScrumTaskboard)**

La lista de objetivos a completar en la iteración (ProductBacklogItems) se puede gestionar mediante un tablón de tareas (ScrumTaskboard). Al lado de cada objetivo se ponen las tareas necesarias para completarlo, en forma de post-its, y se van moviendo hacia la derecha para cambiarlas de estado (pendientes de iniciar, en progreso, hechas). Para cada miembro del equipo se puede utilizar adhesivos de colores más pequeños sobre cada tarea, de manera que se pueda ver en qué tareas está trabajando cada cual.

El equipo elabora esta lista de tareas en la segunda parte de la reunión de planificación de la iteración. La lista va evolucionando (nuevas tareas, cambios, estado, esfuerzo pendiente) a medida que la iteración avanza, especialmente durante la reunión diaria de sincronización.

Este tablón o cuadro de mandos actúa como radiador de información tanto para el equipo como para cualquier otra persona relacionada con el proyecto.

En el siguiente artículo se muestra cómo construirlo y un ejemplo de su uso: Ejemplo de uso del tablero o pizarra de tareas (ScrumTaskboard).

## **Gráficos de trabajo pendiente (Burndown Chart)**

Un gráfico de trabajo pendiente a lo largo del tiempo muestra la velocidad a la que se está completando los objetivos/requisitos. Permite extrapolar si el Equipo podrá completar el trabajo en el tiempo estimado.

Se pueden utilizar los siguientes gráficos de esfuerzo pendiente:

- Días pendientes para completar los requisitos del producto o proyecto (product burndown chart), realizado a partir de la lista de requisitos priorizada (ProductBacklog).
- Horas pendientes para completar las tareas de la iteración (sprint burndown chart), realizado a partir de la lista de tareas de la iteración (IterationBacklog).

Este tipo de gráfico permite realizar diversas simulaciones: ver cómo se aplazan las fechas de entrega si se le añaden requisitos, ver cómo se avanzan si se le quitan requisitos o se añade otro equipo, etc.

## **Historias de usuario**

### **Definición**

Una historia de usuario es una representación de un requerimiento de software escrito en una o dos frases utilizando el lenguaje común del usuario. Las historias de usuario son utilizadas en las metodologías de desarrollo ágiles para la especificación de requerimientos (acompañadas de las discusiones con los usuarios y las pruebas de validación). Cada historia de usuario debe ser limitada, esta debería poderse escribir sobre una nota adhesiva pequeña.

Las historias de usuario son una forma rápida de administrar los requerimientos de los usuarios sin tener que elaborar gran cantidad de documentos formales y sin requerir de mucho tiempo para administrarlos. Las historias de usuario permiten responder rápidamente a los requerimientos cambiantes.

### **Características**

- Independientes unas de otras: De ser necesario, combinar las historias dependientes o buscar otra forma de dividir las historias de manera que resulten independientes.
- Negociables: La historia en sí misma no es lo suficientemente explícita como para considerarse un contrato, la discusión con los usuarios debe permitir esclarecer su alcance y éste debe dejarse explícito bajo la forma de pruebas de validación.
- Valoradas por los clientes o usuarios: Los intereses de los clientes y de los usuarios no siempre coinciden, pero en todo caso, cada historia debe ser importante para alguno de ellos más que para el desarrollador.
- Estimables: Un resultado de la discusión de una historia de usuario es la estimación del tiempo que tomará completarla. Esto permite estimar el tiempo total del proyecto. Pequeñas: Las historias muy largas son difíciles de estimar e imponen restricciones sobre la planificación de un desarrollo iterativo. Generalmente se recomienda la consolidación de historias muy cortas en una sola historia.
- Verificables: Las historias de usuario cubren requerimientos funcionales, por lo que generalmente son verificables. Cuando sea posible, la verificación debe automatizarse, de manera que pueda ser verificada en cada entrega del proyecto.

### **Estructura**

- ID: Identificador de la historia de usuario
- TÍTULO: Título descriptivo de la historia de usuario
- DESCRIPCIÓN: Descripción sintetizada de la historia de usuario
- ESTIMACIÓN: Estimación del coste de implementación en unidades de desarrollo (estas unidades representarán el tiempo teórico de desarrollo/hombre que se estipule al comienzo del proyecto)
- PRIORIDAD: Prioridad en la implementación de la historia de usuario respecto al resto de las historias de usuario. A mayor número, mayor prioridad. Otra aproximación a la priorización de tareas se hace a través del método MoSCoW:

- M – Must, se debe completar este requerimiento para finalizar el proyecto
- S – Should, se debe completar este proyecto por todos los medios, pero el éxito del proyecto no depende de él.
- C – Could, se debería completar este requerimiento si su implementación no afecta a la consecución de los objetivos principales del proyecto.
- W – Would, se puede completar este requerimiento si sobra tiempo de desarrollo (o en futuras versiones del mismo)
  - DEPENDENCIAS: Una historia de usuario no debería ser dependiente de otra historia, pero a veces es inevitable. En este apartado se indicarían los IDs de las tareas de las que depende una tarea

**El ciclo de vida de la tarjeta se compone de tres fases, conocidas como “Las 3 C”** por sus iniciales en inglés (Card, Conversation, Confirmation):

- **Tarjeta** (Card), la creación de la tarjeta en sí, con la estructura definida anteriormente y que sirve para determinar QUÉ se debe hacer y cómo planificarlo.
- **Conversación** (Conversation), representado por pequeños documentos y anotaciones que sirven para aportar detalles y refinar los datos sobre las características del requerimiento.
- **Confirmación** (Confirmation), o pruebas de aceptación. Pruebas consensuadas entre el cliente y el desarrollador y que el código debe superar para dar como finalizada la implementación del requerimiento.

### **1.2.2.3 Metodología de mejoramiento de procesos utilizando el enfoque Harrington y la Norma ISO 9004**

En un enfoque de la Revista Universidad EAFIT (Harrington en su libro Mejoramiento de los Procesos de la Empresa y en la Norma para la administración de la calidad ISO 9004, 1993), señala que el

mejoramiento de procesos aparece hoy como una de las herramientas utilizadas por las organizaciones, no sólo con el fin de aumentar la calidad

De sus productos o servicios y satisfacer a plenitud las necesidades de sus clientes, sino para autoevaluar continuamente sus factores clave competitivos e idéntica oportunidades de mejora. Además, los procesos de mejoramiento pueden aumentar las posibilidades de incrementar resultados financieros y operativos a las empresas que lo utilizan.

La gerencia de la empresa de servicios en la que se aplicó la metodología, había considerado pertinente implementar un plan de mejoramiento en uno de los procesos más significativos de la organización, el de las Órdenes de Trabajo, debido a las constantes quejas en cuanto a su funcionamiento, a las pérdidas económicas que estaban generando para la época y la falta de claridad en los procedimientos a seguir para su desarrollo, entre otros.

Como propuesta de mejoramiento se utilizó un esquema fundamentado en la metodología desarrollada por Harrington en su libro Mejoramiento de los Procesos de la Empresa y en la Norma para la administración de la calidad ISO 9004, versión 2000. De igual manera, fue necesario la utilización de algunos instrumentos metodológicos para recolección y análisis de información, que son explicados durante el desarrollo del presente artículo.

#### ▪ **El mejoramiento de procesos**

En un enfoque de la revista universidad EAFIT (Harrington en su libro mejoramiento de los procesos de la empresa y en la Norma para la administración de la calidad ISO 9004, 1993) señala que por proceso se entiende cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor y suministre un producto a un cliente externo o interno, de esta manera todas las actividades presentes en el desarrollo de un proceso deben realizarse sincronizada mente y deben tener un propósito común orientado a la satisfacción de las necesidades del cliente.

Chiavenato, (1999), Los constantes cambios originados en el ambiente que envuelve a las organizaciones limitan su desarrollo y crecimiento institucional, obligándolas a elevar su capacidad de adaptación para poder sobrevivir en él.

Todo cambio genera un problema que debe solucionarse racional y eficientemente, de modo tal que los cambios no se dejen al azar o a la improvisación, sino que se planeen de forma ordenada y consecuente con la razón de ser de la institución. De esta manera el mejoramiento de procesos en una empresa se convierte en una metodología de solución a los problemas que enfrenta, constituyéndose en una herramienta importante a la hora de dinamizarla y modernizarla.

A continuación se explican brevemente dos de las metodologías Utilizadas para llevar a cabo un proceso de mejoramiento, en las cuales se basa el esquema de mejoramiento propuesto para el proceso de las ordenes de trabajo (O.T.).

#### **a) Enfoque Harrington para el mejoramiento de procesos**

En un enfoque de la revista universidad EAFIT (Harrington en su libro mejoramiento de los procesos de la empresa y en la norma para la administración de la calidad ISO 9004, 1993), se indicó que existen cinco fases para el mejoramiento continuo de los procesos de la empresa, cada una de las cuales está determinada por actividades específicas:

- Fase I: Organización para el mejoramiento
- Fase II: Conocimiento del proceso
- Fase III: Modernización del proceso
- Fase IV: Mediciones y controles
- Fase V: Mejoramiento continuo

## b) Mejoramiento del proceso de órdenes de trabajo

En un enfoque de la revista universidad EAFIT (Harrington en su libro mejoramiento de los procesos de la empresa y en la Norma para la administración de la calidad ISO 9004, 1993), señala que para la elaboración de este artículo sobre mejoramiento de procesos se adoptarán puntos clave de la metodología desarrollada en el libro mejoramiento de los procesos de la empresa, y en la norma de aseguramiento de la calidad ISO 9004:1994 y 9004:2000. Basándose en estas dos metodologías se construye el esquema para el mejoramiento del proceso de las O.T.

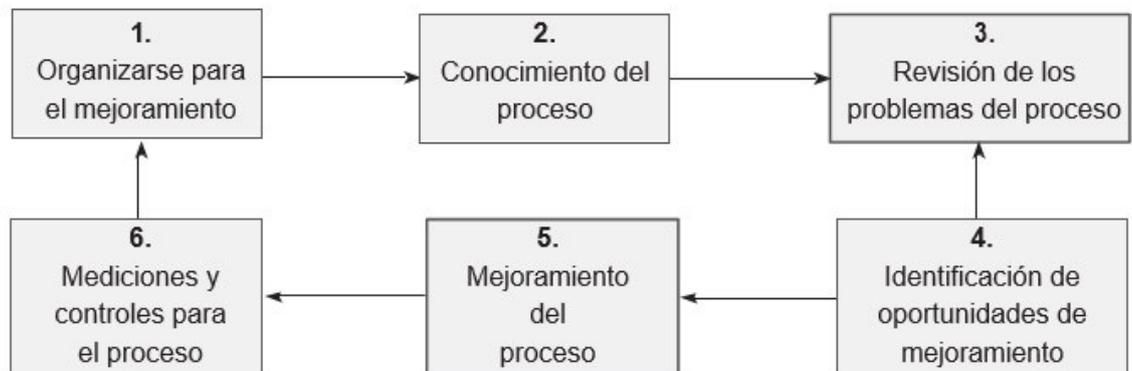


Figura 11. Esquema para el mejoramiento del proceso de órdenes de trabajo

## c) Herramientas para la recolección de la información

Chase, Aquilano y Jacobs, (2010) señala que los métodos utilizados para llevar a cabo un proceso de mejoramiento oscilan entre programas muy estructurados que utilizan desde herramientas de control estadístico de procesos, hasta sistemas de sugerencias sencillos que dependen de sesiones de lluvias de ideas y análisis en trozos informales de papel. Entre las herramientas comunes que se usan para resolver problemas y lograr un mejoramiento continuo se encuentran los diagramas de flujo de procesos, análisis de Pareto, diagramas de tendencias, histogramas, diagramas de dispersión, diagramas de causa-efecto, lista de verificación, entre otros.

**d) Resultados y análisis del esquema de mejoramiento del proceso de las órdenes de trabajo (aplicación del caso)**

El esquema de mejoramiento se convierte en la guía a seguir durante la revisión del proceso de las O.T., lo cual permite la identificación de sus puntos críticos y de sus problemas más relevantes, para luego dar paso a una propuesta de mejoramiento.

**e) Organizarse para el mejoramiento**

Se convierte en el punto de partida para el mejoramiento e involucra todo lo relacionado con la preparación de la organización para hacerle frente a un proceso de mejoramiento. Teniendo en cuenta el enfoque de Harrington, las bases para la preparación están dadas por una selección del proceso a mejorar, el desarrollo de un modelo de mejoramiento y la selección de los miembros del equipo de mejoramiento de procesos (EMP).

Para la selección del proceso se utilizó un enfoque gerencial, pues el proceso de las O.T., a consideración de la gerencia, merece ser estudiado y revaluado para tratar de encontrar la manera de suplir los vacíos que deja su actual desempeño y corregir los aspectos que lo hacen crítico; entre estos aspectos se tiene: Problemas o quejas de los clientes en cuanto al funcionamiento del proceso, grandes pérdidas económicas para el departamento, proceso con altos costos, existe una mejor forma conocida de desarrollarlo, falta información acerca del proceso, el proceso no se encuentra documentado, etc.

**f) Conocimiento del proceso**

En un enfoque de la Revista Universidad EAFIT (Harrington en su libro Mejoramiento de los Procesos de la Empresa y en la Norma para la administración de la calidad ISO 9004, 1993), señala que el conocimiento del proceso es lo que permite enmarcar los esfuerzos del EMP dentro de límites específicos de acción que permitan llevar a cabo el mejoramiento.

Retomando algunos puntos del enfoque de Harrington para obtener el conocimiento necesario, se elaboró una misión del proceso, se determinaron sus límites preliminares, se generó una visión general del proceso a partir de la lista de actividades que lo conforman y se elaboró un diagrama de flujo preliminar del proceso.

#### **g) Revisión de los problemas del proceso**

En un enfoque de la Revista Universidad EAFIT (Harrington en su libro Mejoramiento de los Procesos de la Empresa y en la Norma para la administración de la calidad ISO 9004, 1993) y EL INCOTEC (1994) se extrae que durante el desarrollo de la actividad de mejoramiento se hace indispensable la identificación de las causas de la problemática que enfrenta el proceso, con el fin de levantar un diagnóstico de su situación actual.

#### **h) Identificación de oportunidades de mejoramiento**

Para la identificación de las oportunidades de mejoramiento se hace necesario determinar cuáles de las causas generan el mayor número de efectos, para poder tomar acciones correctivas en cuanto a ellas. Para la determinación de los puntos a mejorar se utilizó un Análisis de Pareto, el cual identificó once causas como las que contribuyen con el 80% de los problemas del proceso y que dan origen al planteamiento de los diez puntos críticos del proceso.

#### **i) Mejoramiento del proceso**

La etapa de mejoramiento conlleva la aplicación de las acciones preventivas y correctivas necesarias para que el proceso tome un nuevo giro y comiencen a desarrollarse las actividades de mejor manera. Estas medidas se muestran en la Tabla 2. Así mismo, se elabora un diagrama de flujo mejorado del proceso y se definen sus límites, con el fin de

documentar paso a paso el proceso, y se concluye con el Manual de procedimientos del proceso.

#### **j) Mediciones y controles para el proceso**

La eficiencia y la efectividad constituyen dos aspectos importantes para controlar el desarrollo de un proceso; en éste sentido se elaboraron algunos indicadores propuestos para hacer seguimiento al mejoramiento realizado en el proceso de las O.T. Las mediciones de la eficiencia se elaboraron a partir de indicadores que permiten hacer seguimiento al avance de las acciones propuestas para los puntos críticos del proceso, mientras que los controles para la efectividad están relacionados con aspectos como la revisión mensual del estado de resultados, observación paso a paso de la realización de las actividades del proceso, entrevistas al personal involucrado y a los clientes, y elaboración periódica de encuestas de satisfacción del cliente, entre otros.

La adopción de un programa de mejoramiento de procesos, utilizando conjuntamente la metodología desarrolladas por Harrington y siguiendo las directrices de la normatividad ISO, puede llevar una organización a desarrollar constantemente planes de mejoramiento, a interiorizar el concepto de que siempre es posible hacer las cosas de mejor manera y a estar en función de alcanzar ese desempeño superior. Todo esto se verá retribuido en la plena satisfacción de las necesidades de sus clientes, en aumentos de su rentabilidad y en mejores posiciones competitivas en el mercado.

La utilización de entrevistas en profundidad, la Lluvia de ideas, el Análisis de Pareto y el Diagrama causa-efecto son herramientas de gran ayuda en los procesos de mejoramiento, pues permiten la recolección de la información necesaria para llevar a cabo la revisión del proceso a mejorar, la elaboración del diagnóstico y la identificación de los puntos críticos. A

través de ellas, se logra una dinámica de socialización entre las personas, alcanzando altos niveles de colaboración y de trabajo en equipo.

La aplicación del esquema de mejoramiento propuesto para el proceso de las ordenes de trabajo, recoge entre sus aspectos más relevantes el conocimiento del proceso y la revisión de sus problemas, pues es a través de ello cómo se consigue una visión preliminar del proceso y el levantamiento de su diagnóstico, constituyéndose en la base para la identificación de las oportunidades de mejoramiento. El diagnóstico está basado fundamentalmente en problemas de índole administrativo en el manejo del proceso, con lo cual se da la oportunidad para redimensionar la labor administrativa que se está llevando a cabo e implementar medidas encaminadas a su mejoramiento, haciendo uso de cantidad de elementos disponibles que están subutilizados.

La identificación de los puntos críticos arroja tres actores importantes relacionados con la correcta administración de las Órdenes de trabajo, estos son: los asesores comerciales, la administración de taller y los técnicos. El desempeño de cada uno de estos actores tiene incidencia directa en el manejo de las Órdenes de trabajo y debe ser desarrollado en coordinación y apoyo de sus respectivos jefes inmediatos, siendo la labor del reflejo de la organización y responsabilidad con que se maneja el proceso.

Las medidas cuantitativas no son suficientes a la hora de evaluar un proceso de mejoramiento, puesto que en él van inmersos muchos otros factores de carácter cualitativo que juegan un papel importante dentro del proceso y tienen incidencia significativa en él; por lo tanto, sería recomendable tener en cuenta factores como la resistencia al cambio que experimentan las personas involucradas en el proceso y cuyo trabajo se ve afectado por las modificaciones propuestas; las tensiones en el ambiente de trabajo, generadas por la idea de estar en constante evaluación; las

relaciones entre los empleados y su dinámica de grupo, entre otros. Todos estos aspectos sufren alteraciones; en éste sentido se hace necesario influenciar y orientar las personas hacia las buenas relaciones con los demás individuos, al mismo tiempo que se exalte la importancia del cambio y de los fenecidos que traería, con el fin de propiciar un clima positivo y favorable para las buenas relaciones en la empresa.

El impacto de una propuesta de mejoramiento para el proceso de las Órdenes de trabajo no sólo tiene incidencia dentro del departamento de servicios, sino que también trasciende hacia los otros departamentos de la organización, afectando su funcionamiento. Se hace necesario evaluar este impacto en las demás áreas de la organización para determinar el grado de sinergia que genera la propuesta de mejoramiento y si las relaciones de solidez, integración y comunicación entre ellos ayudan realmente a la producción de un sistema más eficiente.

### **1.3 Definiciones de términos**

#### **1.3.1 La cola**

Se refiere a las unidades que están en espera de servicios y que serán atendidos según una disciplina de servicio que establece el canal.

Las unidades pueden estar o no físicamente frente al canal de servicio, puesto que una cola puede ser formada por clientes que solicitan un servicio por teléfono y quedan en lista de espera.

La cola puede ser finita o infinita, dependiendo de si existe o no un tope superior para el máximo número de clientes admitidos en ella.

#### **1.3.2 Canal**

Se refiere a la persona, proceso o máquina que presta el servicio y que establece la disciplina de servicio, como por ejemplo el primero en llegar el primero en ser atendido, prioridades o cualquier otra.

Una característica fundamental en relación con el canal de servicio es el tiempo de servicio, o sea el tiempo necesario para atender a un

cliente y el cual una vez conocido, permite calcular la tasa de servicio o número de clientes atendidos por unidad de tiempo.

Revista Universidad Eafit, señala que ofrecer un servicio rápido no es solo cuestión de calidad, costos y beneficios están involucrados y los cuales son argumentos competitivos para una compañía.

### 1.3.3 Sistema de colas

Leandro (2010) explico que son dos los elementos que componen un sistema de colas: la cola o línea de espera y el canal o canales de servicio, según se ilustra en la Figura 12.

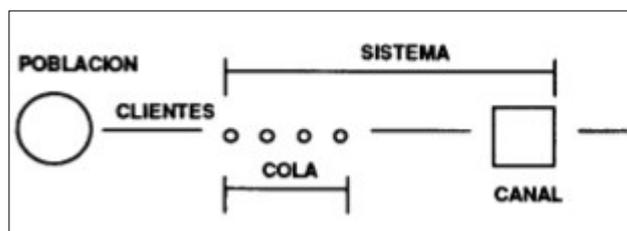


Figura 12. Sistema básico de colas

Fuente: Leandro (2010)

Se ve que existe un elemento externo al sistema el cual es la población potencial generadora de nuevos clientes que llegan a solicitar servicio.

Estos pueden llegar en forma independiente o en lotes y en forma aleatoria o también a intervalos constantes, aunque esta última condición no es común en sistemas de atención a personas.

## Clasificación de los sistemas de colas

Según el número y disposición de los canales de servicio los sistemas de colas se pueden clasificar como se aprecia en la figura 13.

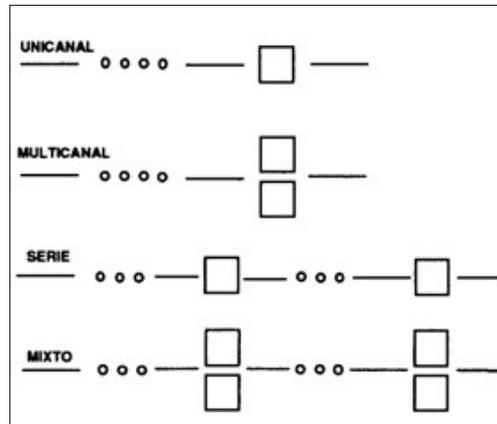


Figura 13. Ejemplos de Sistemas de Colas

Fuente: Leandro (2010)

Estos son lo que se consideran los sistemas básicos de colas.

El sistema está conformado por la cola y canal o canales de servicio, como puede observarse en la figura 12. Su capacidad está determinada por la cantidad de clientes que se pueden atender por todos los canales por unidad de tiempo. También se puede referir a ella como el número de clientes que puede físicamente alojar o manejar en un momento dado. La capacidad del sistema de termina entonces el nivel de servicio y es por tanto la primera decisión a tomar, la cual por sus implicaciones en el monto de la inversión y los beneficios esperados es básicamente una decisión estratégica, que afecta la competitividad de la empresa.

Esta decisión comprende el tamaño físico de la instalación y el número necesario de servidores en relación con la variable demanda.

La capacidad por supuesto es limitada porque no es lógico y mucho menos económico diseñar un sistema donde nadie espere y todos los clientes puedan ser atendidos al mismo tiempo; se debe entonces hallar la capacidad optima teniendo en cuenta la variación de la demanda, tal que se minimice, no necesariamente a corto plazo, el costo total del sistema.

El conocimiento de la variación de la demanda se debe apoyar en un estudio estadístico, sin embargo otros enfoques indican que muchas empresas ajustan la capacidad acorde al funcionamiento y experiencias acumuladas debido a que la determinación inicial de dicha capacidad es crítica y una decisión que la sobredimensione genera inversiones ocasionales y costos operacionales altos.

Para una capacidad dada, normalmente se presentan picos de demanda, en diferentes horas, días, semanas o meses, que la exceden, tal como se ilustra en la figura 3.

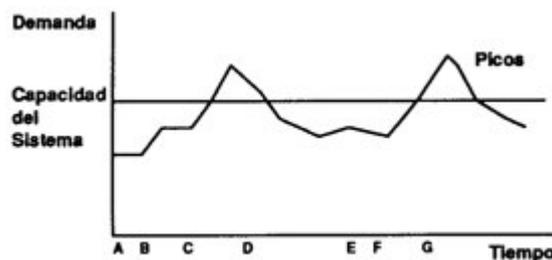


Figura 14. Capacidad y variación de la demanda en el tiempo

Fuente: Leandro (2010)

Según se aprecia, en la figura, hay dos situaciones que se deben gestionar.

Picos de la demanda: es una demanda que no pueden ser satisfechas en un periodo dado, conlleva a deserciones y por tanto pérdida de beneficios por insatisfacción de los clientes, que incluso pueden no regresar.

Las acciones para manejar esta situación apuntan a descabezar dicho picos, tratando de trasladar la demanda hacia periodos de baja, ya se desestimulándola o aplicando diversas acciones relacionadas con políticas de precios, oferta de servicios complementarios y otras que son bien conocidas en marketing.

Gestión de flujo para cuando la demanda es menos que la capacidad. En este caso se trata de diseñar el sistema de tal forma que permita un servicio rápido a los clientes, optimizando los tiempos de espera o el tamaño de la cola. Es acá donde entra la teoría de colas como una técnica que permite gestionar el flujo rápido de los clientes.

Leandro (2010) mencionó también que el tiempo de espera es un componente del ciclo de servicio y constituye un momento de verdad que si no es gestionado eficientemente, puede destruir toda la buena imagen que sobre el servicio ofrecido, tenga el cliente. Al igual que el caso de los famosos últimos diez metros, donde la compañía se esmera por su publicidad, ofrece productos o servicios de buena calidad y logra atraer los clientes, pero en los últimos diez metros, ya propiamente en el almacén desilusiona al cliente con una mala atención, solo que en el caso de las colas el desencanto se produce debido a un alto tiempo de espera.

El autor también mencionó que la teoría de colas es una herramienta útil que ayuda a comprender y analizar el problema de congestión, y si bien pueden existir diversos limitantes para su implementación en algunas situaciones, es posible por formas alternas obtener resultados que orienten la toma de decisiones.

Los clientes que abandonan, los que no regresan, representan utilidades potenciales perdidas, por esto la gerencia deben gestionar la rapidez del servicio para lograr un balance entre las inversiones que incrementan su nivel y las utilidades potenciales perdidas.

- Las colas son frecuentes en nuestra vida cotidiana:
  - En un banco
  - En un restaurante de comidas rápidas
  - Al matricular en la universidad
  - Los autos en un lavacar
- En general, a nadie le gusta esperar.

- Cuando la paciencia llega a su límite, la gente se va a otro lugar.
- Sin embargo, un servicio muy rápido tendría un costo muy elevado.
- Es necesario encontrar un balance adecuado.

#### **1.3.4 Teoría de colas**

Schroeder, Roger. (1999) explico:

Una situación de cola se caracteriza por el flujo de clientes que arriban a una o más estaciones en las que se efectúa el servicio. Al arribo del cliente, éste puede ser atendido inmediatamente o puede tener que esperar hasta que el servicio esté disponible; el tiempo en la cual se atiende a cada cliente puede ser fijo o aleatorio, dependiendo del tipo de servicio. En la vida diaria hay muchos ejemplos que se adaptan a esta situación: autos arribando a una estación de servicio, o a un peaje; personas arribando al cajero automático; máquinas que fallan y que requieren ser reparadas; etc.

El problema planteado es difícil de describir por la presencia de elementos aleatorios en el arribo y la atención de clientes. Para ello se ha desarrollado la teoría de cola o de la línea de espera que se basa en describir el arribo o la partida (o servicio) por distribuciones de probabilidad apropiadas. Usando teoría de probabilidad se derivan las características operativas del problema, como ser tiempo de espera hasta que el servicio del cliente sea completado, porcentaje de tiempo desocupado por servicio, etc., con tales elementos, el analista hace inferencias de la operación del sistema y puede ajustarlos para asegurar una efectiva utilización desde el punto de vista del cliente y del servidor. La teoría de cola también resulta útil para analizar muchos de los problemas relacionados al diseño del proceso.

A menudo es deseable tomar decisiones respecto de una situación de teoría de cola, basándose en algún tipo de análisis de costos. Por ejemplo, un incremento en el número de servidores en el sistema reduciría el tiempo de espera, pero incrementaría el costo del servicio e inversamente. Si se pudiera expresar el tiempo promedio de espera en

valores monetarios, es posible seleccionar el óptimo número de servidores (o la velocidad de servicio) que minimiza la suma de los costos de servicio y el tiempo de espera. El problema de este enfoque radica que en la práctica es muy difícil de estimar el costo por unidad de espera.

La Teoría de cola no es una técnica de optimización, sino una herramienta que utiliza fórmulas analíticas (limitadas por suposiciones matemáticas. No se asemejan a una situación real, pero da una primera aproximación a un problema y a bajo costo), que brindan información sobre el comportamiento de líneas de espera (estas se presentan cuando "clientes" llegan a un "lugar" demandando un servicio a un "servidor" el cual tiene una cierta capacidad de atención y no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar).

- Una cola es una línea de espera
- La teoría de colas es un conjunto de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares
- El objetivo es encontrar el estado estable del sistema y determinar una capacidad de servicio apropiada
- Existen muchos sistemas de colas distintos
- Algunos modelos son muy especiales
- Otros se ajustan a modelos más generales
- Se estudiarán ahora algunos modelos comunes
- Otros se pueden tratar a través de la simulación

### **1.3.5 Sistemas de colas**

#### **MODELO BÁSICO**

Un sistema de colas puede dividirse en dos componentes la cola y la instalación del servicio.

- Los clientes o llegadas vienen en forma individual para recibir el servicio.
- Los clientes o llegadas pueden ser:

Personas, automóviles, máquinas que requieren reparación, documentos y entre muchos otros tipos de artículos

- Si cuando el cliente llega no hay nadie en la cola, pasa de una vez a recibir el servicio, si no, se une a la cola
- Es importante señalar que la cola no incluye a quien está recibiendo el servicio.
- Las llegadas van a la instalación del servicio de acuerdo con la disciplina de la cola
- Generalmente ésta es *primero en llegar, primero en ser servido*
- Pero pueden haber otras reglas o colas con prioridades

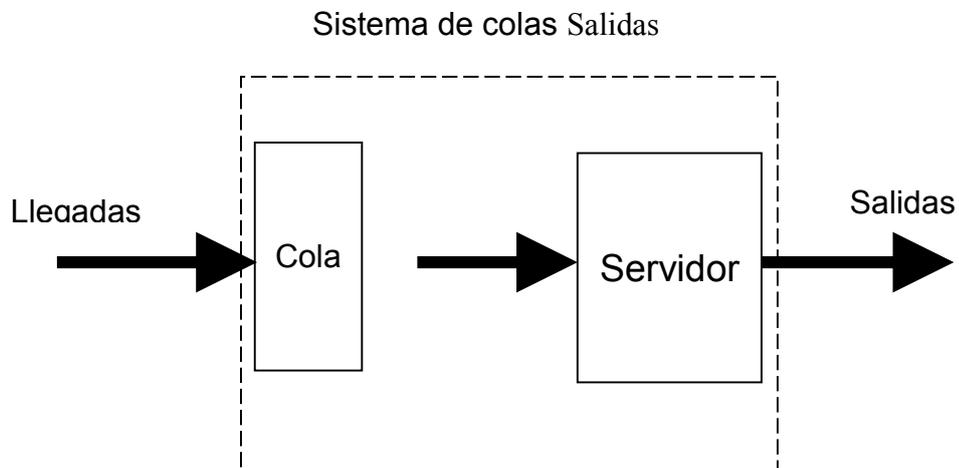


Figura 15. Estructuras de sist. de colas: una línea, un servidor

Fuente: Schroeder, Roger. (1999)

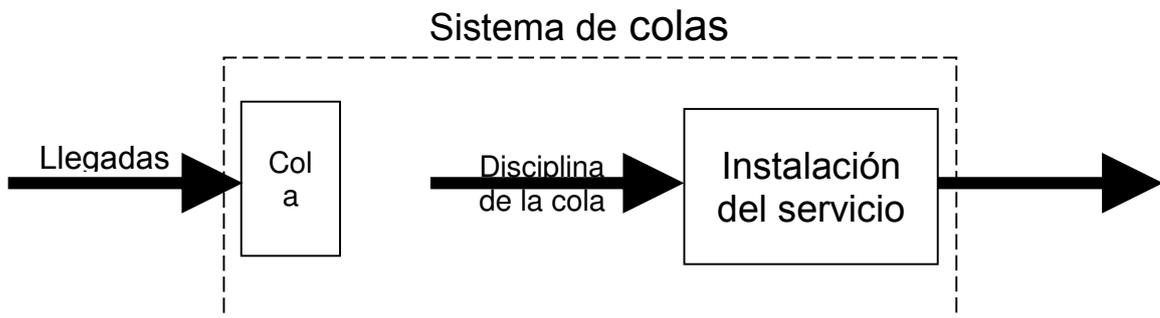


Figura 16. Ejemplo básico de Sistema de Colas

Fuente: Schroeder, Roger. (1999)

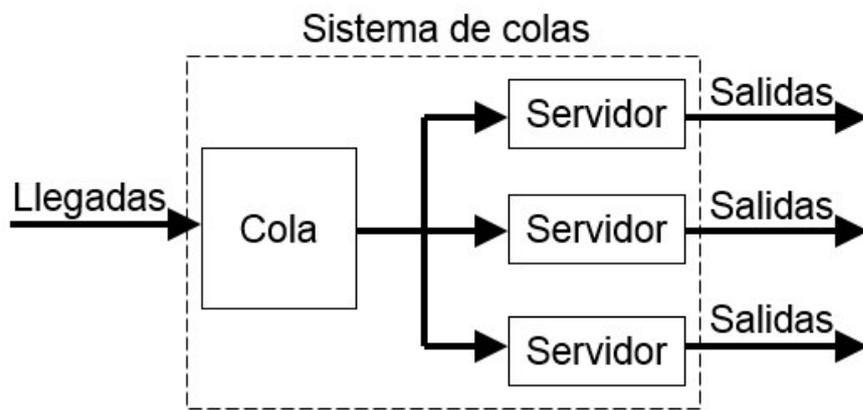


Figura 17. Estructuras de sist. de colas: una línea, Varios servidores

Fuente: Schroeder, Roger. (1999)

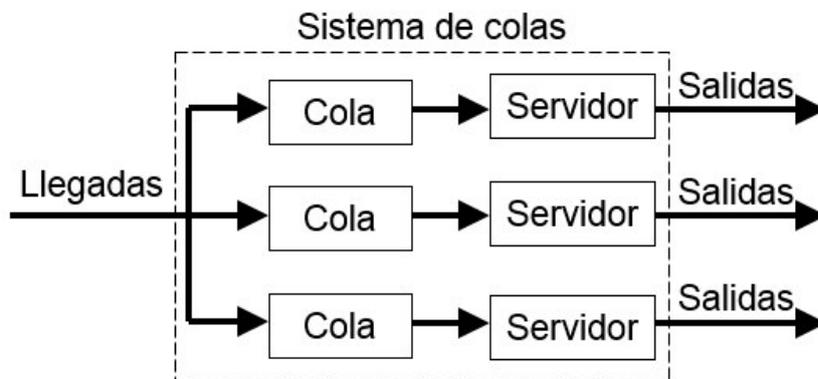


Figura 18. Estructuras de colas: varias líneas, múltiples servidores

Fuente: Schroeder, Roger. (1999)

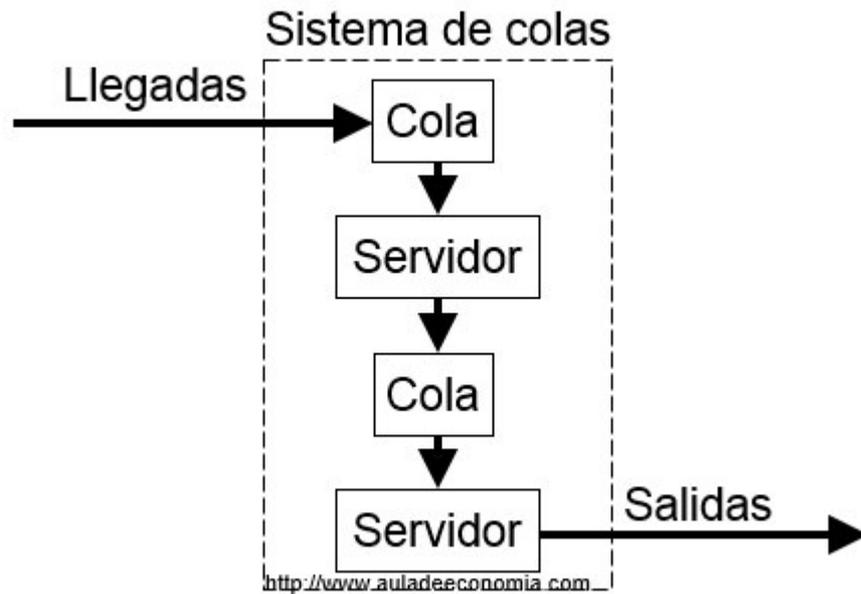


Figura 19. Estructuras de colas: una línea, servidores secuenciales

Fuente: Schroeder, Roger. (1999)

### Costos de un sistema de colas

1. **Costo de espera:** Es el costo para el cliente al esperar
  - Representa el costo de oportunidad del tiempo perdido.
  - Un sistema con un bajo costo de espera es una fuente importante de competitividad.
2. **Costo de servicio:** Es el costo de operación del servicio brindado
  - Es más fácil de estimar
  - El objetivo de un sistema de colas es encontrar el sistema del costo total mínimo.

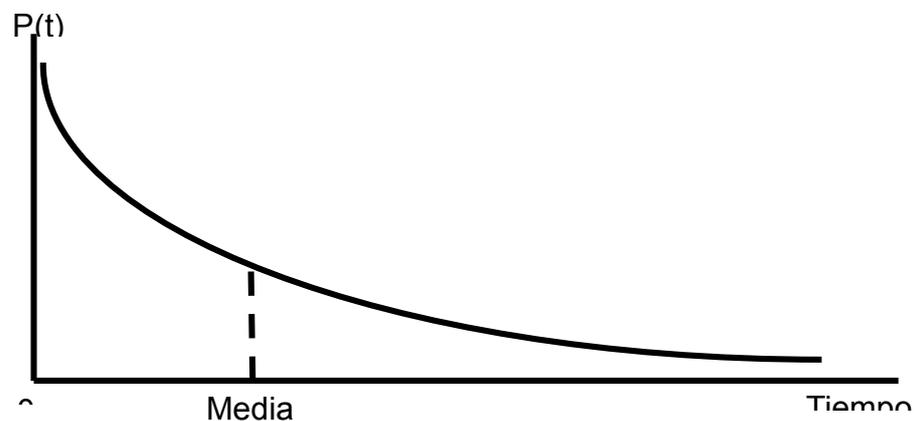
### Sistemas de colas: Las llegadas

- El tiempo que transcurre entre dos llegadas sucesivas en el sistema de colas se llama tiempo entre llegadas.
- El tiempo entre llegadas tiende a ser muy variable.
- El número esperado de llegadas por unidad de tiempo se llama tasa media de llegadas ( $\lambda$ ).

- El tiempo esperado entre llegadas es  $1/\lambda$ .
- Por ejemplo, si la tasa media de llegadas es  $\lambda = 20$  clientes por hora.
- Entonces el tiempo esperado entre llegadas es  $1/\lambda = 1/20 = 0.05$  horas o 3 minutos.
- Además es necesario estimar la distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas.
- Generalmente se supone una distribución exponencial.
- Esto depende del comportamiento de las llegadas.

### Sistemas de colas: Las llegadas – Distribución exponencial

- La forma algebraica se representa mediante una distribución exponencial.
- Donde  $t$  representa una cantidad expresada en de tiempo unidades de tiempo (horas, minutos, etc.).
- La distribución exponencial supone una mayor probabilidad para tiempos entre llegadas pequeños.
- En general, se considera que las llegadas son aleatorias.
- La última llegada no influye en la probabilidad de llegada de la siguiente



Fuente: Schroeder, Roger. (1999)

Figura 20. Distribución exponencial de la forma algebraica.

## Sistemas de colas: Las llegadas - Distribución de Poisson

- Es una distribución discreta empleada con mucha frecuencia para describir el patrón de las llegadas a un sistema de colas
- Para tasas medias de llegadas pequeñas es asimétrica y se hace más simétrica y se aproxima a la binomial para tasas de llegadas altas
- Su forma algebraica es:

$$P(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

- Donde:
  - **P(k)** : probabilidad de k llegadas por unidad de tiempo
  - $\lambda$  : tasa media de llegadas
  - **e** = 2,7182818...

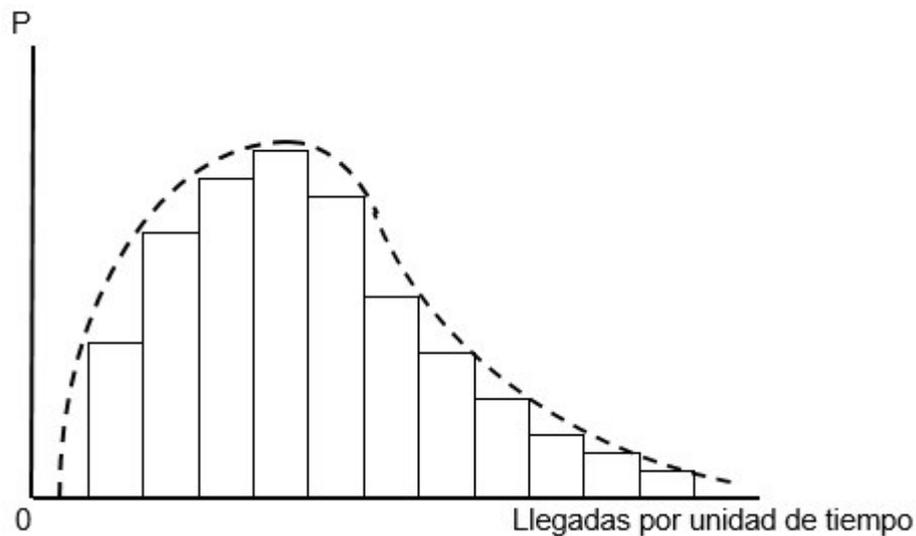


Figura 21. Distribución de Poisson de las llegadas.

Fuente: Schroeder, Roger. (1999)

### El servicio

- El servicio puede ser brindado por un servidor o por servidores múltiples.
- El tiempo de servicio varía de cliente a cliente.
- El tiempo esperado de servicio depende de la tasa media de servicio ( $\mu$ ).
- El tiempo esperado de servicio equivale a  $1/\mu$ .
- Por ejemplo, si la tasa media de servicio es de 25 clientes por hora.

- Entonces el tiempo esperado de servicio es  $1/\mu = 1/25 = 0.04$  horas, o 2.4 minutos.
- Es necesario seleccionar una distribución de probabilidad para los tiempos de servicio.
- Hay dos distribuciones que representarían puntos extremos:
  - La distribución exponencial ( $\sigma=media$ )
  - Tiempos de servicio constantes ( $\sigma=0$ )
- Una distribución intermedia es la distribución Erlang
- Esta distribución posee un parámetro de forma  $k$  que determina su desviación estándar:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{k}} media$$

- Si  $k = 1$ , entonces la distribución Erlang es igual a la exponencial
- Si  $k = \infty$ , entonces la distribución Erlang es igual a la distribución degenerada con tiempos constantes
- La forma de la distribución Erlang varía de acuerdo con  $k$

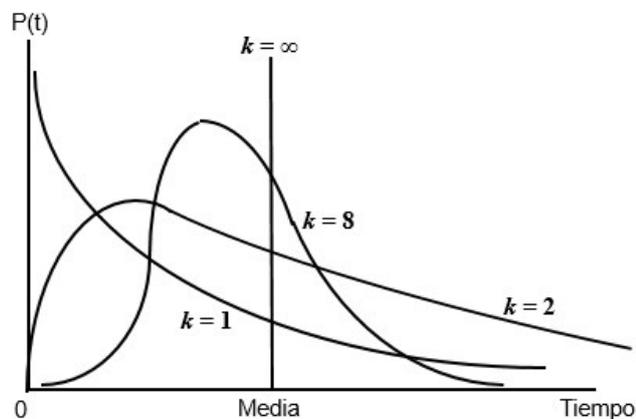


Figura 22. Figura de la forma de distribución Erlang de acuerdo con k  
Fuentes: Schroeder, Roger. (1999)

### Modelos de una cola y un servidor

- **M/M/1**: Un servidor con llegadas de Poisson y tiempos de servicio exponenciales
- **M/G/1**: Un servidor con tiempos entre llegadas exponenciales y una distribución general de tiempos de servicio

- **M/D/1**: Un servidor con tiempos entre llegadas exponenciales y una distribución degenerada de tiempos de servicio
- **M/E<sub>k</sub>/1**: Un servidor con tiempos entre llegadas exponenciales y una distribución Erlang de tiempos de servicio

### Modelo M/M/1

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{\lambda}{\lambda - \mu} & L_q &= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \\
 W_s &= \frac{1}{\mu - \lambda} & W_q &= \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \\
 P_n &= (1 - \rho)\rho^n & P(L_s > n) &= \rho^{n+1} \\
 P(W_s > t) &= e^{-\mu(1-\rho)t} & P(W_q > t) &= \rho e^{-\mu(1-\rho)t} \\
 & & t &\geq 0, \rho < 1
 \end{aligned}$$

Figura 23. Figura matemática del modelo M/M/1

Fuentes: Schroeder, Roger. (1999)

### Modelo M/G/1

$$\begin{aligned}
 L_s &= L_q + \rho & L_q &= \frac{\lambda^2 \sigma^2 + \rho^2}{2(1 - \rho)} \\
 W_s &= W_q + \frac{1}{\mu} & W_q &= \frac{L_q}{\lambda} \\
 P_0 &= 1 - \rho & P_w &= \rho \\
 & & \rho &< 1
 \end{aligned}$$

Figura 24. Figura matemática del modelo M/G/1

Fuentes: Schroeder, Roger. (1999)

### Modelo M/D/1

$$\begin{aligned}
 L_s &= \lambda W_s & L_q &= \frac{\rho^2}{2(1 - \rho)} \\
 W_s &= W_q + \frac{1}{\mu} & W_q &= \frac{L_q}{\lambda} \\
 & & \rho &< 1
 \end{aligned}$$

Figura 25. Figura matemática del modelo M/D/1

Fuentes: Schroeder, Roger. (1999)

### Modelo M/E<sub>k</sub>/1

$$L_s = \lambda W_s \quad L_q = \frac{\rho^2(k+1)}{2k(1-\rho)}$$
$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$
$$\rho < 1$$

Figura 26. Figura matemática del modelo M/E<sub>k</sub>/1

Fuentes: Schroeder, Roger. (1999)

### Modelos de varios servidores

- **M/M/s**: *s* servidores con llegadas de Poisson y tiempos de servicio exponenciales
- **M/D/s**: *s* servidores con tiempos entre llegadas exponenciales y una distribución degenerada de tiempos de servicio
- **M/E<sub>k</sub>/s**: *s* servidores con tiempos entre llegadas exponenciales y una distribución Erlang de tiempos de servicio

### M/M/s, una línea de espera

$$P_0 = \frac{1}{\frac{\rho^s}{s!} \left( \frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) + \sum_{n=0}^{s-1} \frac{\rho^n}{n!}}$$

$$L_q = \frac{\rho^s \lambda \mu}{(s-1)!(s\mu - \lambda)^2} P_0 \quad L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad P_n = \frac{\rho^n}{n!} P_0, \text{ si } n \leq k$$

$$P_n = \frac{\rho^n}{s! s^{n-s}} P_0, \text{ si } n > k \quad P_w = \frac{1}{s!} \rho^s \left( \frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) P_0$$

Si  $s = 2$

$$L_q = \frac{\rho^3}{4 - \rho^2}$$

Si  $s = 3$

$$L_q = \frac{\rho^4}{(3 - \rho)(6 - 4\rho + \rho^2)}$$

Figura 27. Figura Matemática del modelo M/M/s, una línea de espera  
Fuentes: Schroeder, Roger. (1999)

### Análisis económico de líneas de espera

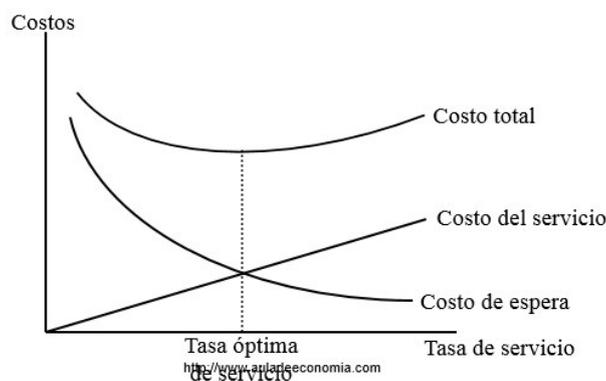


Figura 28. Análisis económico de líneas de espera

Estos detalles se encuentra mencionado en el documento de:  
<http://www.auladeeconomia.com>” (Pág. 4-69)

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1 Material

##### 2.1.1 Recursos humanos

Los roles principales en Scrum son el ScrumMaster, el ProductOwner, y el Team

Tabla 7. Recursos humanos

Cant	Rol	Costo/Hora S/.	Horas Trabajadas Totales	% de Participación	Total H / H	Costo S/.
1	Scrum master	30.00	520	20%	104	3,120.00
1	Product owner	20.00	520	15%	78	1,560.00
2	Team	15.00	520	65%	338	10,140.00
					Total	14,820.00

Fuente: Realizada por los autores

##### 2.1.2 Recursos materiales

- Laptop i3 con: 500 Gb de disco, memoria RAM de 3 Gb.  
Cantidad: 1 (programación y pruebas)
- Java
- Open Office
- Eclipse
- MySql Workbench (para el modelado físico)

Tabla 8. Recursos material tangible

Estimación de Costos de Hardware	Cantidad	Precio S/.	Total S/.
Laptop Core i3 3Gb Ram	1	1,200.00	1,200.00
		Total	1,200.00

Fuente: Realizada por los autores

Tabla 9. Recursos materiales intangibles

Estimación de Costos de Software y Licencias	Cantidad	Precio S/.	Total S/.
Licencia Java	1	0.00	0.00
MySql Workbench	1	0.00	0.00
Open Office 3 (GNU GPL)	1	0.00	0.00
Eclipse (Indigo)	1	0.00	0.00
		Total	0.00

Fuente: Realizada por los autores

## 2.2 Métodos

Se comparó la metodología XP con la metodología SCRUM y optamos esta última por los siguientes motivos:

Las características más marcadas que se logran notar en Scrum serían:

- Gestión regular de las expectativas del cliente
- Resultados anticipados
- Flexibilidad y adaptación
- Retorno de inversión
- Mitigación de riesgos
- Productividad y calidad,
- Alineamiento entre cliente y equipo
- Un equipo motivado.

## 2.3 Evaluación de metodologías ágiles scrum y xp

Tabla 10. Comparación de metodologías

<b>SCRUM</b>	<b>XP</b>
1.- Es una metodología de desarrollo ágil basada en la administración del proyecto.	1.- Es una metodología de desarrollo que está más centrada en la programación o creación del producto.
2.- Cada miembro de del equipo trabaja de forma individual.	2.- Los miembros del equipo programan en parejas.
3.- Las iteraciones de entrega son de 1 a 4 semanas.	3.- Las iteraciones de entrega son de 1 a 3 semanas
4.- Al finalizar un Sprint, las tareas del Sprint Backlog que se hayan realizado y que el Product Owner (propietario del producto) haya mostrado su conformidad ya no se retoca. Si funciona y está bien, se aparta y a otra cosa.	4.- Las tareas se van terminando aunque son susceptibles de ser modificadas durante el transcurso de proyecto, incluso, después de que funcionen correctamente.
5.- Trata de seguir el orden de prioridades que marca el Product Owner en el Sprint Backlog pero puede cambiarlo si es mejor para el desarrollo de la tareas.	5.- El equipo de desarrollo sigue estrictamente el orden de prioridad de las tareas definido por el cliente.

Fuente: Realizada por los autores

Aquí se muestra una tabla de resultados con pesos y así poder saber que metodología nos va a servir mejor para el proyecto.

Se establece que: 5 = muy bueno, 4 = bueno, 3 = normal, 2 = poco, 1 = muy poco

Tabla 11. Resultados y pesos de metodologías

Postulados	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5
SCRUM	5	3	4	4	5
XP	3	4	5	5	2

Fuente: Realizada por los autores

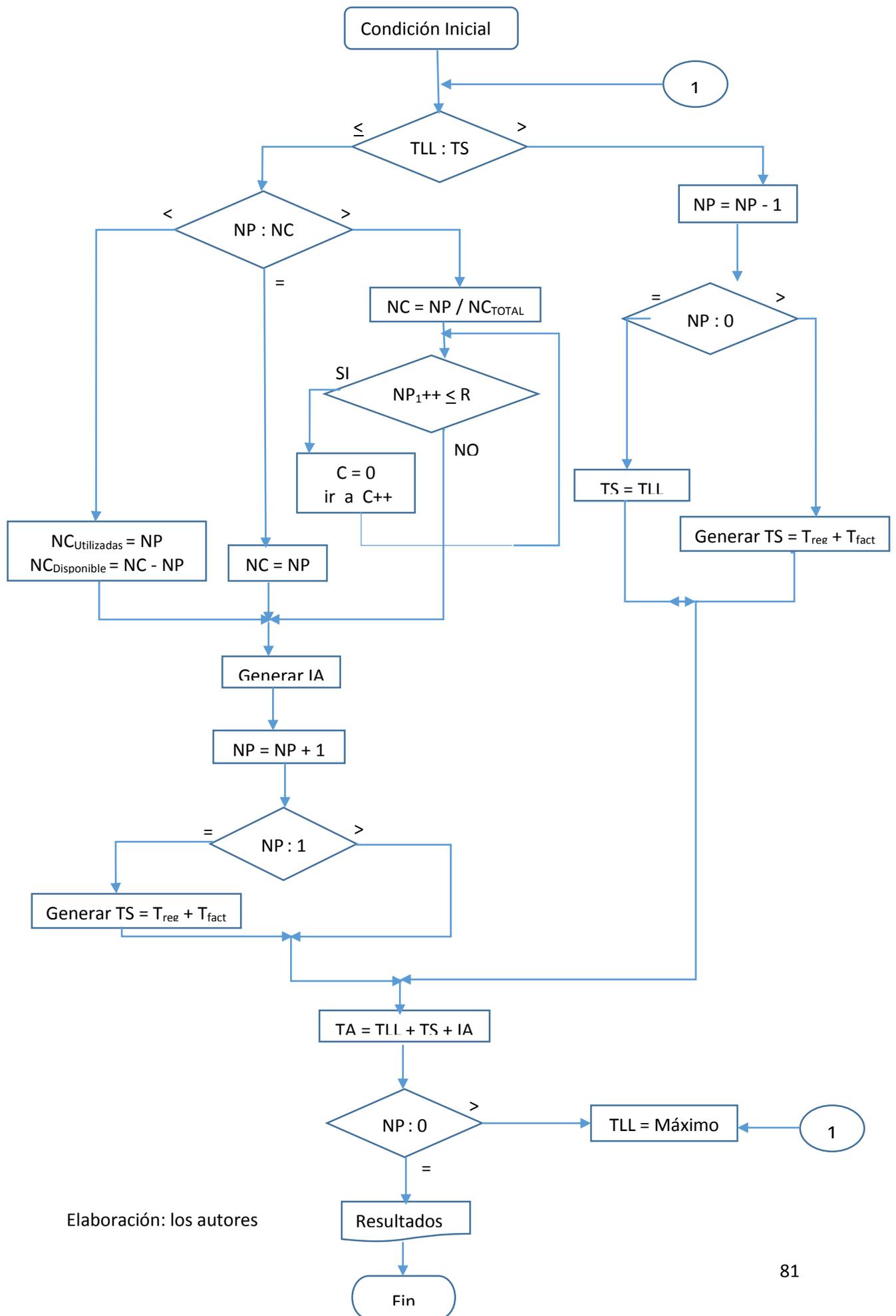
Como se ve el resultado de la tabla sumando los pesos da que XP tiene un valor de 19 puntos mientras que SCRUM alcanza un valor de 21 puntos, por eso se concluye que la metodología a utilizar es la metodología SCRUM.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Algoritmo**

Primero se mostrará el algoritmo que refleja la manera en cómo se distribuyen en la cola, también en que momento y cómo se van obteniendo y generando los valores de las diferentes variables para luego obtener nuestro tiempo de atención final del cliente que es lo primordial y así poder saber y otorgar un mejor servicio.



Elaboración: los autores

### 3.2 Modelo físico

La relación las tablas, la tabla **t\_simulacion** tiene una llave foranea que hace referencia a la Primary Key de la tabla **t\_configuracion** la foranea es el campo idTrx, la tabla **t\_configuracion** se actualiza con cada configuración que se ingresa y la tabla de **t\_simulacion** se utiliza para guardar todas las simulaciones que se generan por cada configuración registrada, esto con el fin de obtener el listado de resultados de la pantalla RESULTADOS.

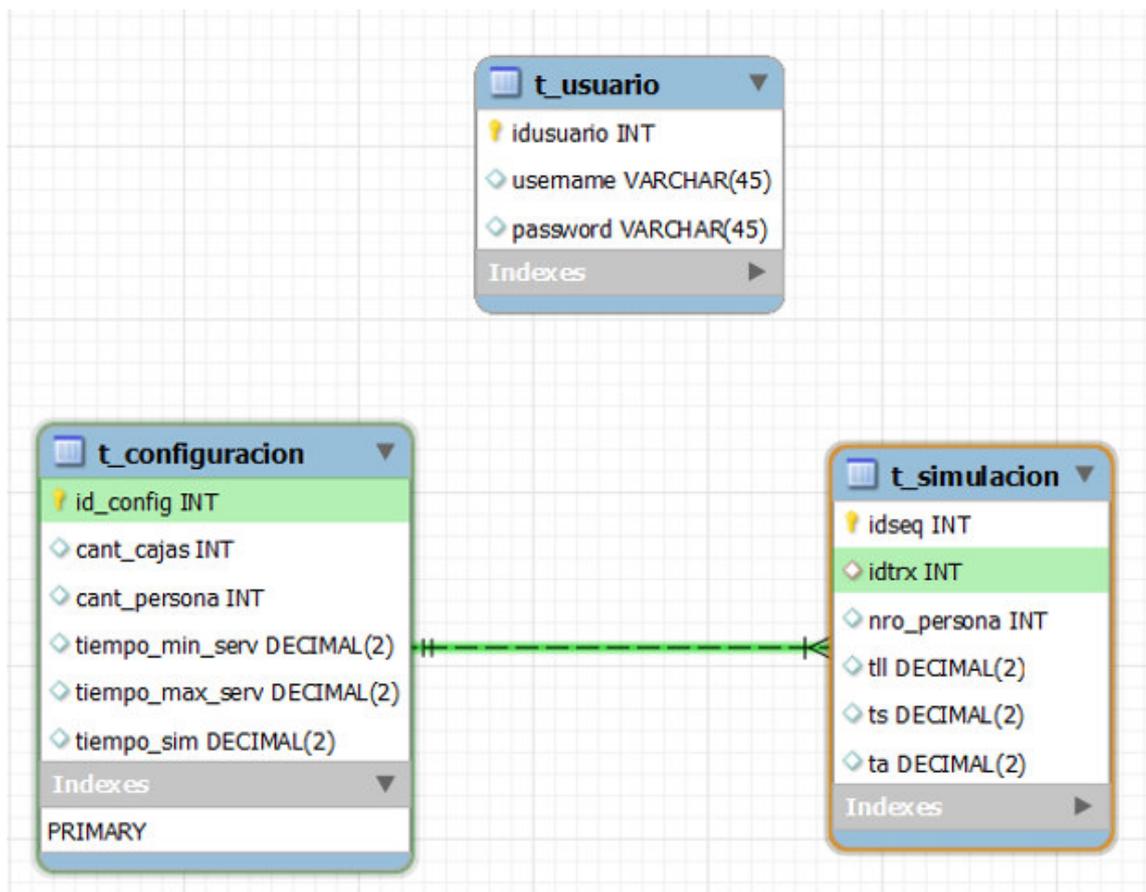


Figura 29. Modelo Físico

Elaboración: los autores

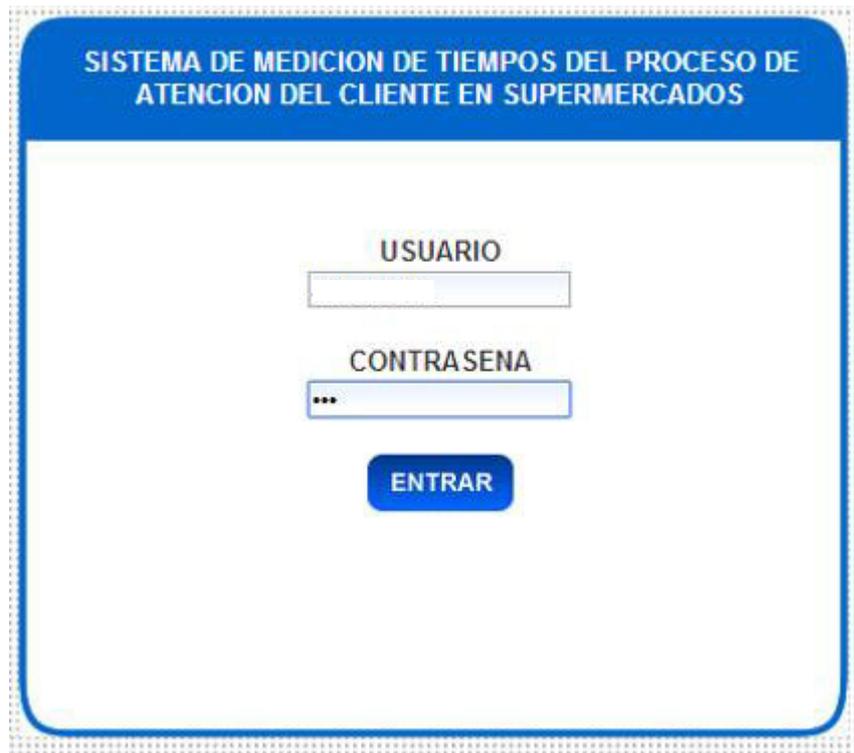
Los resultados por cada transacción se obtiene con un query y el resultado del query es lo que se muestra en el listado básicamente en la query se calcula el TA por cada persona y ahí mismo también obtiene el valor máximo y mínimo.

Aquí se indica el query:

```
select t.idtrx, max(t.tll+t.ts+t.ta) AS tamax, min(t.tll+t.ts+t.ta) AS
tamin,ROUND((((max(t.tll+t.ts+t.ta))+min(t.tl+t.ts+t.ta)))/2),2) as prom,
c.cant_cajas, c.tiempo_sim
from t_simulacion t, t_configuracion c
where t.idtrx=c.id_config
group by t.idtrx
order by t.idtrx desc;
```

### 3.3 Prototipos

Esta es la primera ventana o pantalla de inicio la cual solicita el ingreso de un usuario para iniciar el sistema.



El prototipo muestra una interfaz de usuario con un encabezado azul que contiene el título "SISTEMA DE MEDICION DE TIEMPOS DEL PROCESO DE ATENCION DEL CLIENTE EN SUPERMERCADOS". Debajo del encabezado, hay un campo de texto etiquetado "USUARIO", un campo de texto etiquetado "CONTRASEÑA" con caracteres ocultos por puntos, y un botón azul etiquetado "ENTRAR".

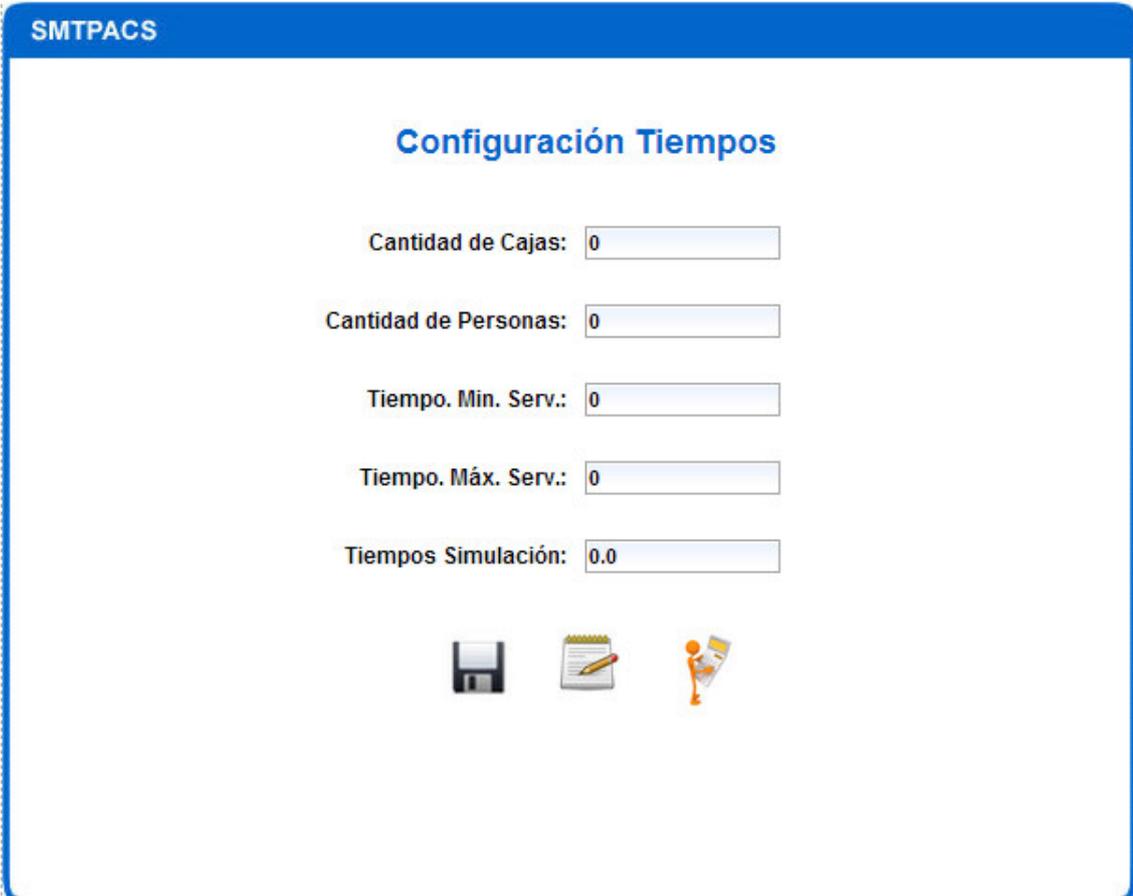
Figura 30. Prototipo de Inicio de sesión del sistema

Elaboración: los autores

- ❑ Aquí ya se debe de contar con un usuario registrado en la base de datos los campos a llenar son: usuario y contraseña así como se muestra en el prototipo.

Esta es la segunda pantalla y llamada “Configuración Tiempos”, aquí se podrá configurar la simulación a realizar y las diferentes pruebas con distintos campos, como:

Cantidad de cajas, cantidad de personas, tiempo min. Serv. Tiempo. Max Serv. Y en cuanto tiempo en horas se va a simular. También se mostrará tres iconos o botones que nos van a servir para guardar los valores, mostrar los resultados y mostrar los tiempos.



SMTPACS

### Configuración Tiempos

Cantidad de Cajas:

Cantidad de Personas:

Tiempo. Min. Serv.:

Tiempo. Máx. Serv.:

Tiempos Simulación:

Elaboración: los autores

- ❑ En el prototipo de configuración de tiempos los rangos que se han tomado para cada capo son:
  - ❑ Campo “Cantidad de Cajas”: 1 a 30 cajas como máximo
  - ❑ Campo “Cantidad de Personas”: N personas – esta cantidad de personas está relacionada con la cantidad de personas en un Cierta tiempo en horas.
  - ❑ Campos “Tiempo Min. Serv.” y “Tiempo Máx. Serv.”: (min. 1’ a Max. 20’)
  - ❑ Campo “Tiempos de Simulación”: 1 hora a 13 horas se toma este rango porque se simulará los cálculos en 1 hora hasta máximo 13 horas porque estamos delimitando que un supermercado trabaje desde las 9 am. Hasta las 10 pm.
  - ❑ Luego de haber escogido un tipo de configuración podemos generar datos aleatorios haciendo un click en el botón que parece una “hoja con lápiz” ahí se mostrara posteriormente en otra pantalla.

Esta es la ventana se mostrará luego de realizar los pasos anteriores.

The screenshot shows a software window titled "SMT PACS" with a sub-header "Simulación". Below the header, it displays the "Ultima Configuracion:" with "Cant. Cajas: 5" and "Cant. Personas: 9". A blue circular button with a left-pointing arrow is visible. The main content is a table with 7 columns: NRO. PERSONA, CAJA, TREG, TFACT, TS, TLL, and TA. The table contains 9 rows of data representing individual simulation results.

NRO. PERSONA	CAJA	TREG	TFACT	TS	TLL	TA
1	1	12.0	1.0	13.0	16.0	4.0
2	2	15.0	4.0	19.0	13.0	6.0
3	3	9.0	7.0	16.0	8.0	5.0
4	4	2.0	3.0	5.0	6.0	19.0
5	5	7.0	2.0	9.0	7.0	5.0
6	1	6.0	13.0	19.0	13.0	19.0
7	2	3.0	9.0	12.0	1.0	3.0
8	3	14.0	1.0	15.0	20.0	10.0
9	4	1.0	8.0	9.0	5.0	6.0

Elaboración: los autores

Esta pantalla se llama "Simulación" la cual mostrará los resultados de datos aleatorios en minutos, los datos que mostrara son: "Caja", "Orden x Caja", "Persona", Tiempo de Llegada (TLL), Tiempo de Servicio (TS), Intervalo de Arribo de clientes (IA).

El TLL, TS, IA los valores son en minutos.

- **Treg.** : Tiempo de registro de productos.
- **Tfact.** : Tiempo de facturación o de pago.

Estos valores son aleatorios y sus rango igual son en minutos que están entre (0.5 min a 15 min).

- **TLL:** Tiempo de llegada de un cliente a la cola. (min. 1' a Max. 20')
- **TS:** Tiempo de servicio del sistema. Rango de tiempo (min. 1' a Max. 20')
- **IA:** Intervalo entre arribos de clientes (aleatorio). Rango de tiempo (min. 0' a 15')

0' es porque hay clientes que llegan al mismo tiempo a la caja.

15' es el máximo tiempo que demora en llegar un cliente tras otro esto mayormente suele suceder en las horas de atención.

- **Persona:** son las personas que van llegando (persona 1 , persona 2, ... persona n)
- **Orden x caja:** el orden que van llegando las personas (1° lugar, 2° lugar... n° lugar)

En esta pantalla muestra una simulación de datos de cómo han llegado los clientes en la cola y también se simula cuanto tiempo le toma al cliente en "TLL y TS" Estos valores se simulan para "n" personas.

También nos muestra el tiempo que le puede demorar a un cliente tanto cuando se registra el producto (Treg.) y se factura o paga (Tfact.) ya que estos forman parte del cálculo del TS.

Esta última pantalla nos va a mostrar a manera de registro los resultados de todas las configuraciones realizadas. Cada campo o fila es un tipo de corrida o prueba. De esta manera se puede saber cuánto tiempo le toma en promedio al cliente ser atendido en una caja de supermercado.

**SMPACS**

**Resultados**



ID. TRX	DIA/HORAS	TIPO CAJA	TIEMPO MIN. ATENCION	TIEMPO MAX. ATENCION	TIEMPO PROM. ATENCION	CANTIDAD CAJAS
142	3.0	N	16.0	51.0	33.5	5
141	5.0	N	23.0	59.0	41.0	2
140	3.0	N	26.0	55.0	40.5	4
139	4.0	N	26.0	47.0	36.5	4
138	4.0	N	25.0	42.0	33.5	3
137	2.0	N	24.0	53.0	38.5	2
136	4.0	N	16.0	44.0	30.0	4

- ❑ Muestra los resultados con los valores ya antes ingresados y con los cálculos correspondientes como “Días/Horas”, “Tipo de Caja”, el “Tiempo Min y Max. de atención”, “Tiempo Prom. Atención” y “Cantidad de Cajas”.

### 3.4 Arquitectura del sistema

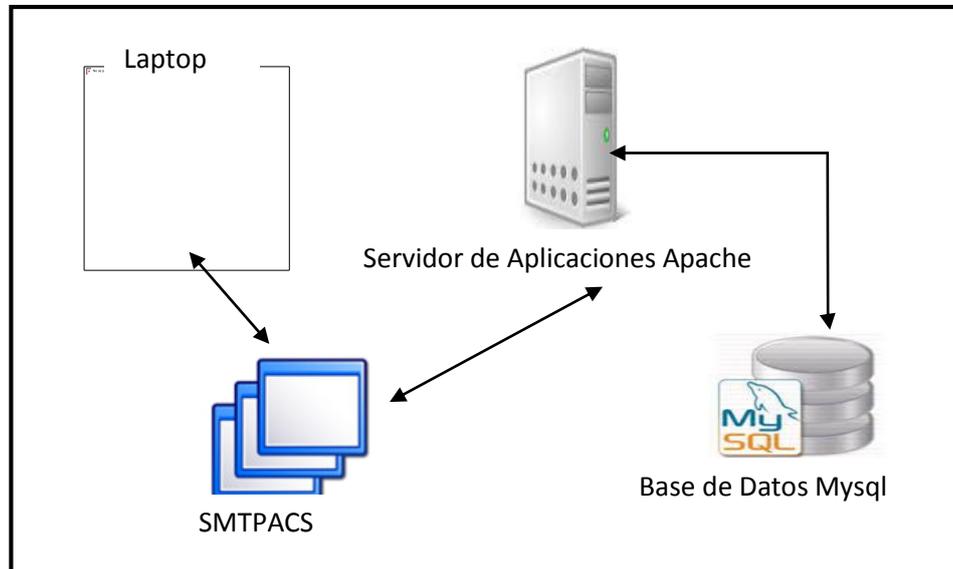


Figura 31 Arquitectura del sistema

Elaboración: los autores

### 3.5 Presupuesto

Evaluando la viabilidad de nuestro proyecto se utilizó los indicadores financieros más comunes que son el VAN y el TIR , dichos indicadores se calculan:

$$VAN = \left[ \sum_{\text{flujo económico}} / (1+i)^n \right] - C_{\text{inversion}}$$

Donde:

$\Sigma$  = sumatoria de flujo de efectivos de los 5 primeros años.

$i$  = es igual a la tasa de actualización \*

$n$  = periodo de tiempo

$I$  = inversión Inicial

\* La tasa de actualización que se emplea es mediante la fórmula de riesgo económico la cual se calcula entre la relación de dividendos de acciones

entre el costo de cada acción más la rentabilidad esperada lo cual nos da una tasa del 15% y el TIR se calcula:

$$TIR = \sqrt[n]{\left(\frac{\sum \text{flujo económico}}{C_{\text{inversión}}}\right)} - 1$$

Donde:

$\Sigma$  = sumatoria de flujo de efectivos de los 5 primeros años

$i$  = es igual a la tasa de actualización \*

$n$  = periodo de tiempo

$I'$  = inversión Inicial

Con los resultados de estos indicadores podemos rescatar que el VAN nos da un valor S/. 31,866.62, es decir nuestra inversión nos producirá S/. 31,866.62 de ganancia por encima de la rentabilidad exigida y que el TIR nos da un valor 43% que nos indica que nuestra rentabilidad será del 43% con un periodo de retorno de 2 años.

Tabla 12. Costos de recursos materiales

Estimación de Costos de Hardware	Cantidad	Precio S/.	Total S/.
Laptop Core i3 3Gb Ram	1	1,200.00	1,200.00
		Total	1,200.00

Elaboración: los autores

Tabla 13. Costos de licencias de software

Estimación de Costos de Software y Licencias	Cantidad	Precio S/.	Total S/.
Licencia Java	1	0.00	0.00
MySql Workbench	1	0.00	0.00
Open Office 3 (GNU GPL)	1	0.00	0.00
Eclipse (Indigo)	1	0.00	0.00
		Total	0.00

Elaboración: los autores

Tabla 14. Costos de recursos humanos

Cant	Rol	Costo/Hora S/.	Horas Trabajadas Totales	% de Participación	Total H / H	Costo S/.
1	Scrum master	30.00	520	20%	104	3,120.00
1	Product owner	20.00	520	15%	78	1,560.00
2	Team	15.00	520	65%	338	10,140.00
					Total	14,820.00

Elaboración: los autores

Tabla 15. Inversión inicial

Inversión Inicial	Costo (S/.)
Hardware	1,200.00
Recurso	14,820.00
<b>Total</b>	<b>16,020.00</b>

Elaboración: los autores

Para la estimación de los ingresos, se basa en el sector de mercado en el que este se ha considerado un precio promedio de S/. 500.00 mensuales y que por concepto de mantenimiento es 1500 anual por usar el módulo SMTPACS por supermercado. En un escenario pesimista, se prevé tener 4 supermercados utilizando el módulo el primer año y un crecimiento del 10% cada siguiente año.

Tabla 16. Flujo de caja

Flujo de Caja	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	-16,020.00					
Ingresos		30,000.00	33,000.00	36,300.00	39,930.00	43,923.00
Egresos		-9,000.00	-9,000.00	-9,000.00	-9,000.00	-10,200.00
Utilidad Operativa		21,000.00	24,000.00	27,300.00	30,930.00	33,723.00
Depreciación		-300.00	-300.00	-300.00	-300.00	-300.00
Utilidad antes de Impuesto		20,700.00	23,700.00	27,000.00	30,630.00	33,423.00
Impuestos (30%)		-6,210.00	-7,110.00	-8,100.00	-9,189.00	-10,026.90
Utilidad después de impuestos		14,490.00	16,590.00	18,900.00	21,441.00	23,396.10
Depreciación		300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Utilidad/Pérdida Neta	-16,020.00	14,790.00	16,890.00	19,200.00	21,741.00	23,696.10

Elaboración: los autores

\*Según el artículo 22º del Reglamento de la Ley de Impuesto a la Renta D.S.

Nº 122-94-EF, la tasa de depreciación de los equipos de procesamiento de datos es el 25%

La tasa de actualización o de descuento es de 15 % porque el precio de la acción se considera ser S/. 300 y mi dividendo sería de S/.15 por cada acción y este resultado de la división se le tendría que sumar lo que se estima crecer cada año lo cual es de un crecimiento constante de 10% cada año por eso saldría 15% la tasa

Tabla 17. Indicadores financieros

Indicadores Financieros	
TIR	0.43
VAN	S/. 31,866.62
Periodo de Retorno	Año 2

Elaboración: los autores

## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS Y RESULTADOS

Características de operación de las Líneas de Espera M/M/1

Símbolo	Descripción	Fórmula Matemática
$\rho$	Factor de Utilización del sistema	$\rho = \lambda/\mu$ (1)
$P_w$	Probabilidad de que el sistema esté ocupado	$P_w = \lambda/\mu$ (2)
$P_o$	Probabilidad de que el sistema esté desocupado	$P_o = (1-\lambda/\mu)$ (3)
$P_n$	Probabilidad de que haya n usuarios en el sistema	$P_n = (P_o)(\lambda/\mu)^n$ (4)
$L$	Número promedio de clientes que se encuentran en el sistema.	$L = \lambda/(\mu - \lambda)$ (5)
$L_q$	Número promedio de clientes que esperan ser atendidos	$L_q = \lambda^2/[\mu(\mu - \lambda)]$ (6)
$W$	Tiempo promedio que un cliente se encuentre en el sistema	$W = 1/(\mu - \lambda)$ (7)
$W_q$	Tiempo promedio que un cliente tiene que esperar antes de ser atendido	$W_q = \lambda/[\mu(\mu - \lambda)]$ (8)

Elaboración: los autores

MODELOS DE LÍNEAS DE ESPERA		Modelo M/M/1	
<b>Ingreso de Datos</b>			
tasa promedio de llegadas ( $\lambda$ )	70		
tasa promedio de servicios ( $\mu$ )	80		
ingrese el valor de n (unidades en el sistema)	1		
unidad de medida del tiempo	hora		
<b>Caracterización del modelo</b>			
1. Factor de ocupación ( $\rho$ )	0.8750		
2. Probabilidad Sistema este Desocupado ( $P_0$ )	12.50%		
3. Probabilidad Sistema Ocupado ( $P_w$ )	87.50%		
4. Prob. De que haya N unidades en el sistema ( $P_n$ )	10.94%	valor de N=	
5. Número de unidades promedio en el sistema (L)	7.0000	Clientes	
6. Número promedio de unidades que esperan ( $L_q$ )	6.1250	Clientes	
7. Tiempo promedio de espera unidad en el sistema (W)	0.1000	Hora	
8. Tiempo promedio de espera unidad en el sistema ( $W_q$ )	0.0875	Hora	

Elaboración: los autores

MODELO M/M/1 - Modelos de Líneas de Espera					
Análisis del sistema variando los rendimientos de la unidad de servicio					
<b>Ingreso de Datos</b>					
Rango de Valores de $\mu$		80	2		
<b>Caracterización del modelo variando las presentaciones del servicio</b>					
$\mu$	$P_0$	L	$L_q$	W	$W_q$
Unidades / hora	Porcentual	Unidades	Unidades	hora	hora
82	0.1463	5.8	5.0	0.0833	0.0711
84	0.1667	5.0	4.2	0.0714	0.0595
86	0.1860	4.4	3.6	0.0625	0.0509
88	0.2045	3.9	3.1	0.0556	0.0442
90	0.2222	3.5	2.7	0.0500	0.0389
92	0.2391	3.2	2.4	0.0455	0.0346
94	0.2553	2.9	2.2	0.0417	0.0310
96	0.2708	2.7	2.0	0.0385	0.0280
98	0.2857	2.5	1.8	0.0357	0.0255
100	0.3000	2.3	1.6	0.0333	0.0233
Tasa promedio de llegadas ( $\lambda$ ) =		70			
tasa promedio de servicios ( $\mu$ ) =		80			
Unidad de medida de tiempo =		hora			

Elaboración: los autores

### Características de operación de las Líneas de Espera M/M/S

Símbolo	Descripción	Fórmula Matemática
$\rho$	Factor de Utilización del sistema	$\rho = \lambda/\mu$
$P_w$	Probabilidad de que el sistema esté ocupado	$P_w = [(\rho^2(\mu S))/(S!(\mu S-\lambda))] \times P_0$ (9)
$P_0$	Probabilidad de que el sistema esté desocupado	Ver tabla Anexo 1
$L$	Número promedio de clientes que se encuentran en el sistema.	$L = P_w \times (\rho/(S-\rho)) + \rho$ (12)
$L_q$	Número promedio de clientes que esperan ser atendidos	$L_q = P_w \times (\rho/(S-\rho))$ (11)
$W$	Tiempo promedio que un cliente se encuentre en el sistema	$W = (1/\lambda) [P_w \times (\rho/(S-\rho)) + \rho]$ (13)
$W_q$	Tiempo promedio que un cliente tiene que esperar antes de ser atendido	$W_q = (1/\lambda) [P_w \times (\rho/(S-\rho))]$ (14)

MODELOS DE LINEAS DE ESPERA MODELO M/M/S			
Ingreso de Datos			
	Tasa promedio de llegadas ( $\lambda$ )		3
	tasa promedio de servicios ( $\mu$ )		2
	Valor Factor Sistema Ocupado (tabla Anexo)		0.14290
	Numero de unidades de servicio (S)		2
	unidad de medida del tiempo		Días
Caracterización del Modelo			
1.	Factor de ocupación ( $\rho$ )		1.5000
2.	Factor Sistema Desocupado ( $P_0$ )		0.1429
3.	Factor Sistema Ocupado ( $P_w$ )		0.6431
5.	Numero de unidades promedio en el sistema (L)		3.4292 Clientes
6.	Numero promedio de unidades que esperan ( $L_q$ )		1.9292 Clientes
7.	Tiempo promedio de espera unidad en el sistema (W)		1.1431 Días
8.	Tiempo promedio de espera unidad en el sistema ( $W_q$ )		0.6431 Días

MODELOS DE LINEAS DE ESPERA M/M/S						
Ingreso de Datos						
Número Unidades de Servicio N1	2		Po Sistema Desocupado-Tabla Anexo			0.1429
Número Unidades de Servicio N2	3		Po Sistema Desocupado-Tabla Anexo			0.2105
Número Unidades de Servicio N3	4		Po Sistema Desocupado-Tabla Anexo			0.2228
Número Unidades de Servicio N4	5		Po Sistema Desocupado-Tabla Anexo			0.0031
Número Unidades de Servicio N5	6		Po Sistema Desocupado-Tabla Anexo			0.2231
Número Unidades de Servicio N6	7		Po Sistema Desocupado-Tabla Anexo			0.2231
Caracterización del Modelo M/M/S para distintos valores de S						
S	Pw		L	Lq	W	Wq
Unidades se servicio	Factor Sist. Ocupado		Unidades	Unidades	Días	Días
2	0.6431		3.4292	1.9292	1.14305	0.64305
3	0.2368		1.7368	0.2368	0.5789375	0.0789375
4	0.0752		1.5451	0.0451	0.515039	0.015039
5	0.0003		1.5001	0.0001	0.50004004	4.0035E-05
6	0.0047		1.5016	0.0016	0.50052289	0.00052289
7	0.0010		1.5003	0.0003	0.50008751	8.7509E-05
		Tasa promedio de llegadas ( $\lambda$ ) =			3	
		tasa promedio de servicios ( $\mu$ ) =			2	
		Unidad de medida de tiempo =	Días			

Elaboración: los autores

Cuadro de comparación de Resultados entre modelo de simulación y modelo matemático.

Tabla 18. Tabla de comparación de resultados

	cant personas	cajas	Tprom Aten.	modelo mat
<b>Prueba 1</b>	10	2	34.5	48.87
<b>Prueba 2</b>	11	3	35.5	54.03
<b>Prueba 3</b>	15	4	40.0	56.12
<b>Prueba 4</b>	20	5	36.5	50.6
<b>Prueba 5</b>	25	6	37.5	53.65
<b>Prueba 6</b>	30	7	36.5	57.6
<b>Prueba 7</b>	2	2	42.0	48.04
<b>Prueba 8</b>	3	3	48.5	48
<b>Prueba 9</b>	4	4	34.5	48
<b>Prueba 10</b>	5	5	39.0	48
<b>Prueba 11</b>	6	6	31.5	48
<b>Prueba 12</b>	7	7	36.0	48
<b>Prueba 13</b>	50	7	38.0	48.03
<b>Prueba 14</b>	100	7	39.0	57.16

Elaboración: los autores

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN Y APLICACIONES**

En nuestro proyecto se ve la simulación de cuanto se demora un cliente en ser atendido en todo el proceso de cola de espera la cual comprende desde el momento que un cliente llega a la cola hasta el momento que sale de pagar los productos.

Nuestro proyecto en comparación al de Chile es que se han utilizado para medir y calcular los tiempos algoritmos y modelos matemáticos que juntos se muestran en una aplicación que se simula con valores reales. Mientras que en Chile se han encontrado papers que en su aplicación para medir tiempo de espera en colas de supermercados utilizando visión por computadora y métodos estadísticos en la cual se ha demostrado que es posible medir tiempo de espera en una cola formada en una caja de servicios de un supermercado a partir de técnicas: de visión por computador, inteligencia artificial y múltiples vistas para eso han construido un preciso sistema de seguimiento de rostros el cual permitió estimar el tiempo de espera del cliente utilizando un modelo llamado Online Naive bayes nearest.

Por otro lado, en España se han hecho análisis de situaciones en espera donde ven la percepción del tiempo de espera y de la satisfacción del cliente medido en tiempo y porcentajes ya que su estudio está basado en encuestas tomadas al momento de que el cliente llega a la cola y otra cuando el cliente sale, en el paper sugiere que las medidas deben caminarsse a la percepción de la situación principalmente porque las expectativas de los

clientes nunca se detienen. En comparación a nuestro proyecto el de Madrid solo ve dos tiempos mientras que el nuestro también ve el tiempo que se toma el cliente en el servicio que da en la caja al momento de registrar y facturar o pagar.

Este tipo de proyecto se puede aplicar a empresas relacionadas con ventas por cajas tales como tiendas de ropas o de comida ya que en ambos casos de la misma manera siempre se genera una cierta cantidad de cola de clientes.

## **CONCLUSIONES**

1. Se concluyó que tomando como base los modelos matemáticos M/M/S y modelos de simulación se crea una aplicación que permite disminuir la duración de las colas en el proceso de atención al cliente en los supermercados. Dicha aplicación se denominara Sistema de Medición de Tiempos de Procesos de Atención al Clientes en Supermercados, cuya abreviatura será SMTPACS.
2. Se concluye que mediante el uso de SMTPACS se obtiene que una mejor distribución en las colas de los supermercados que se forman durante el proceso de atención al cliente.
3. Se concluye que con la aplicación SMTPACS se logra disminuir el tiempo de duración del proceso de atención al cliente evitando así la formación de largas colas y la insatisfacción de los usuarios.
4. Mediante el uso de SMTPACS se conoce la cantidad de cajas y por lo tanto la cantidad de colaboradores que se debe tener en durante el proceso de atención al cliente, en especial durante los días picos que son los fines de semana.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que la aplicación SMTPACS tenga un enfoque de mercado más amplio, es decir que no solo sea para uso de Supermercados sino también a otras tiendas comerciales tales como las tiendas comerciales de ropa (Saga, Ripley, Oechsle, etc.).
2. Se recomienda realizar actualizaciones anuales a la aplicación SMTPACS de tal manera que siempre vaya acorde con los avances tecnológicos a través de los tiempos.
3. Se propone desarrollar la aplicación SMTPACS en equipos móviles, de tal manera que el administrador tenga a su alcance la aplicación usándola así desde cualquier punto del supermercado.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Bibliográficas

1. Cardona Madariaga, D. F., González Rodríguez, J. L., Rivera Lozano, M & Romero Dávila, J.A. (2012). *Aplicación de colas de poisson en procesos de toma de decisiones en la gestión de servicios médicos*. De la facultad de administración Universidad del Rosario. Argentina
2. Chase, R. B., Aquilano, N. J., y Jacobs, F. R. (2010). Consulta y Reingeniería de Operaciones. *En Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros* (pp.432-435). México D.F.: McGraw-Hill
3. Chiavenato (1999). *Introducción a la Teoría General de la Administración*. McGraw-Hill, México. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2776/1/T-ESPE-030485.pdf> (pág. 467).
4. Gavilán Bouzas, D.(2009). *Esperando en una caja del Hiper*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
5. Harrington (1995).Mejoramiento de los Procesos de la Empresa y en la Norma para la administración de la calidad ISO 9004. *REVISTA Universidad EAFIT*, 41, 139-2005

6. INCOTEC (1994). *La metodología para el mejoramiento de la calidad planteada en la NTC-ISO 9004 versión 2000*
7. Kendall, k., & Kendall, J. (2005). *Análisis y diseño de sistema*. Sexta edición México: Pearson education.
8. Margarita Portilla, L., Arias Montoya, L., & Fernández Henao, S.A. (2010). *Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación de la Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia*. (Tesis) Scientia Et Technica, vol. XVII, (núm. 46)
9. Mirú, R., & Depaoli, R. (2006). *La teoría de colas en el modelado de un juzgado nacional civil*. Academia Nacional de Buenas Aires, Argentina.
10. Quelal Valladares, B.F. *Diseño y Propuesta de mejora de los procesos del supermercado y mayorista de productos de consumo Masivo DICOSAVI* (Tesis) Facultad de administración de la escuela politécnica educacional, Quito, Ecuador.

### **Electrónicas**

1. Cepeda Cobos, P., García Ponce, C. & Villamar Castillo, G. (2008). *Repositorio de la escuela superior politécnica del litoral*. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/10141>
2. *Gestión y Mejora de Procesos*. (2007). Recuperado de <http://www.euskalit.net/pdf/folleto5.pdf>
3. Leandro, G. (2010). *Curso Métodos Cuantitativos*. Recuperado de <http://www.auladeeconomia.com/pert-cpm-ppt>

4. Loreto, L. (2005). *Centro de estudios públicos – Chile*. Recuperado de [www.cepchile.cl/dms/archivo\\_3472.../r97\\_lira\\_supermercados.pdf](http://www.cepchile.cl/dms/archivo_3472.../r97_lira_supermercados.pdf)
  
5. Zamora, M. (2004). *Regoverning Markets*. Recuperado de [www.regoverninMarkets.org/en/filemanager/active?fid=160](http://www.regoverninMarkets.org/en/filemanager/active?fid=160)

## **ANEXOS**

**ANEXO 1. Encuesta realizada**

**ANEXO 2. Algoritmo Original Base**

**ANEXO 3. Tabla de Determinación de Po**

## **ANEXO 1. Encuesta realizada**

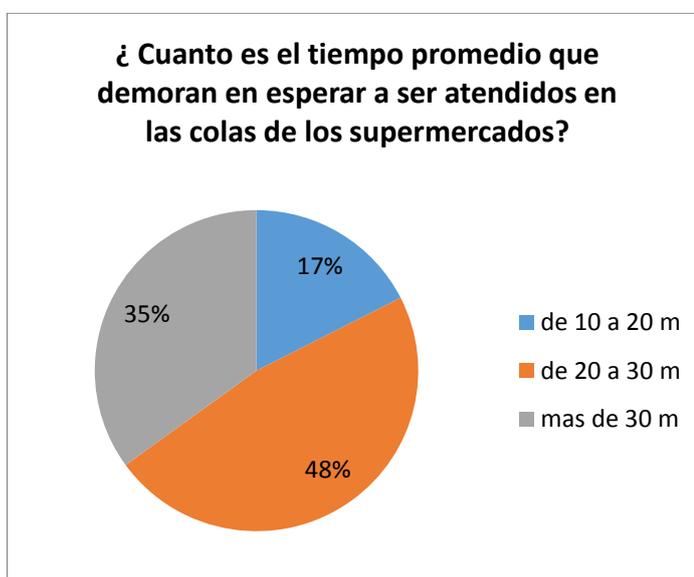
Objetivo: Obtener información acerca de los tiempos que les toma a los clientes en ser atendidos en la cola.

Universo: Personas de 25 a 50 años en la ciudad de Lima. Compuesta por hombres y mujeres que se encontraban realizando compras en un supermercado que forma parte de una de las cadenas de supermercados más. Los datos fueron tomados en hora pico un día del fin de semana. No se consideró a las cajas rápidas ni cajas preferenciales

Muestra: 40 personas elegidas aleatoriamente que llenaron una encuesta compuesta por 3 preguntas.

1. ¿ Cuánto es el tiempo promedio que demora en esperar a ser atendidos en las colas de los supermercados?

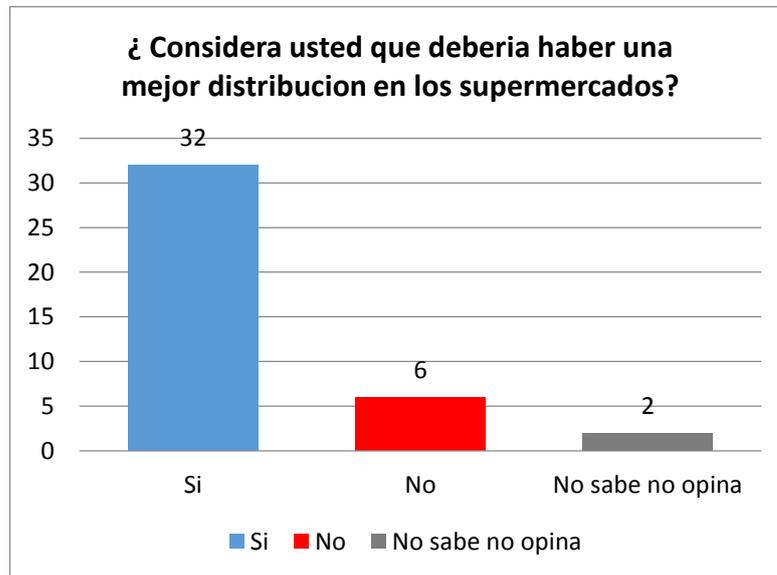
- a) 10 min. a 20min.
- b) 20 min. a 30 min.
- c) Más de 30 min.



Elaboración: los autores

2. ¿Considera usted que debería haber una mejor distribución en las colas de los supermercados?

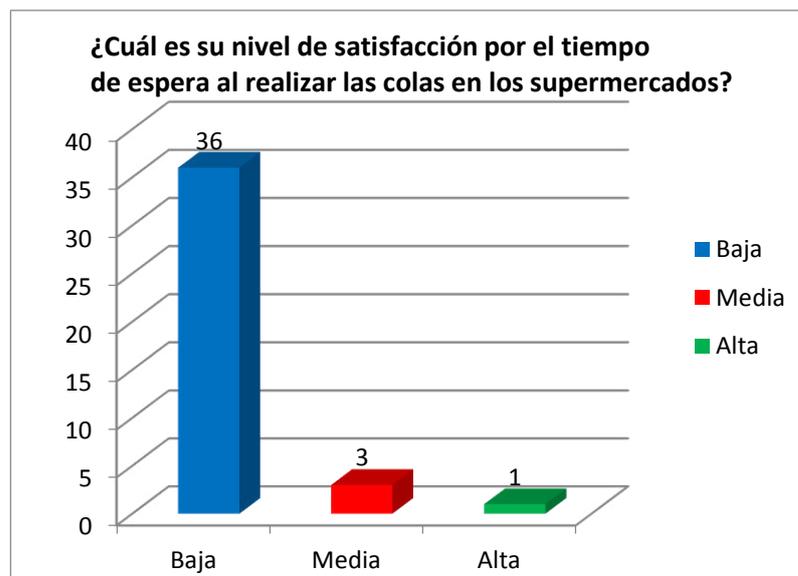
- a) Si                      b) No                      c) No sabe no opina



Elaboración: los autores

3. ¿Cuál es su nivel de satisfacción por el tiempo de espera al realizar las colas en los supermercados?

- a) Baja                      b) Media                      c) Alta



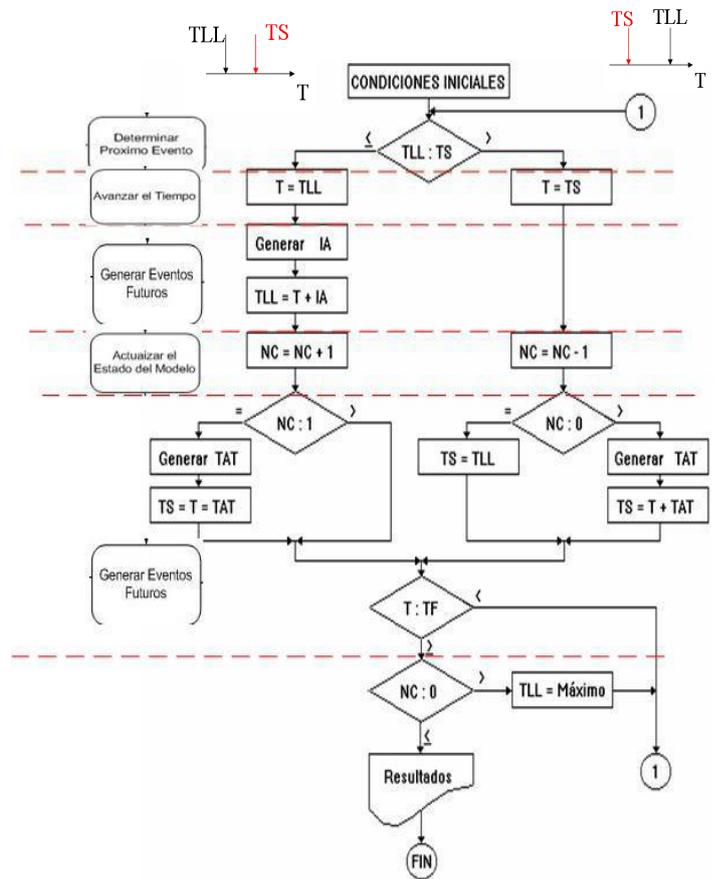
Elaboración: los autores

**ANEXO 2. Algoritmo Original Base se tuvo en cuenta para la formación del nuevo algoritmo.**

**Colas Simples: Algoritmo**

**Variabes:**

- **TLL:** Tiempo de llegada de un elemento al sistema.
- **TS:** Tiempo de servicio del sistema.
- **IA:** Intervalo entre arribos de elementos (aleatorio).
- **T:** Reloj del sistema (tiempo actual).
- **NC:** Número de elementos en el sistema (longitud de la cola más elemento que se está atendiendo).
- **TAT:** Tiempo de atención a un elemento (aleatorio).
- **TF:** Tiempo de finalización de la ejecución.



**Condiciones Iniciales:**

**TLL=** Dar un valor Inicial

**TAT=NC=TS=IA=T=0**

**TF =**Dar valor Inicial.

Teoría de Colas: Rolando Titiosky

Basados en Extracto de:

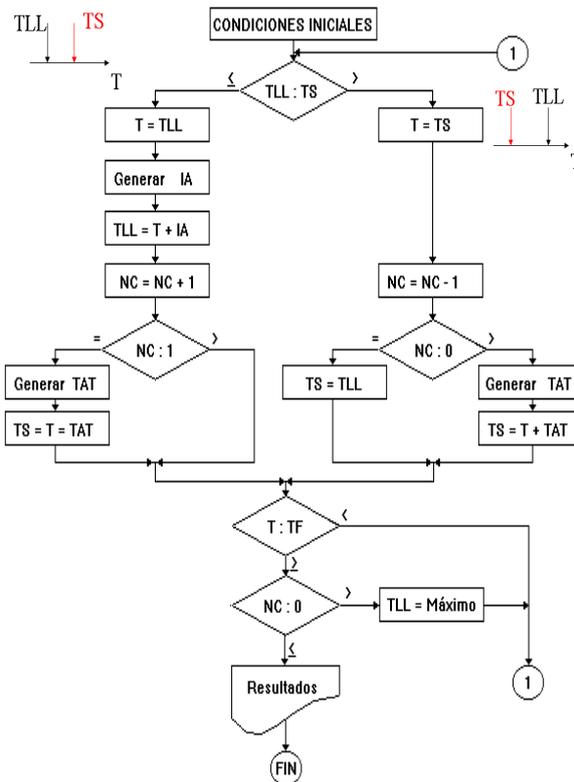
- Ing Luís Zuloaga Rotta. Investigación de operaciones, 2005. UNI FIIS, Perú.
- Guido J. Pace (UNNE FCENA). Modelos y simulación, 1993.

## Proceso:

1. Cada elemento que solicita el servicio debe esperar en cola hasta que el servidor se desocupe y pueda atenderlo. Si es el 1ero en llegar no necesita esperar a que lo atiendan.

## Variables:

- **TLL:** Tiempo de llegada de un elemento al sistema.
- **TS:** Tiempo de servicio del sistema.
- **IA:** Intervalo entre arribos de elementos (aleatorio).
- **T:** Reloj del sistema (tiempo actual).
- **NC:** Número de elementos en el sistema (longitud de la cola más elemento que se está atendiendo).
- **TAT:** Tiempo de atención a un elemento (aleatorio).
- **TF:** Tiempo de finalización de la ejecución.



## Teoría de Colas: Rolando Titiosky

Basados en Extracto de:

- Ing Luís Zuloaga Rotta. Investigación de operaciones, 2005. UNI FIIS, Perú.
- Guido J. Pace (UNNE FCENA). Modelos y simulación, 1993.

**Proceso:**

2. ( $TLL \leq TS$ ): el elemento llegó antes de que el sistema termine de atender a los que estaban en cola.

- 2.1. El Elemento debe esperar a que todos los que estuvieran delante sean atendidos. Esto se expresa con la operación
  - 2.1.1. ( $T = TLL$ ) Adelantar el Reloj hasta su llegada,
  - 2.1.2. (GENERAR IA) Generación del IA para el próximo elemento:
  - 2.1.3. ( $TLL=T+IA$ ) Cálculo de su tiempo de llegada
  - 2.1.4. ( $NC=NC+1$ ) El incremento de la longitud de cola.
- 2.2. ( $NC = 1$ ) Se verifica si es el primer elemento de la cola.
  - 2.2.1. Si lo es, se lo atiende inmediatamente para lo cual:
    - 2.2.1.1. (GENERAR TAT) se genera el tiempo de atención para ese Elemento
    - 2.2.1.2. ( $TS=T+TAT$ ) Se actualiza el tiempo de servicio (cuando terminara de atenderlo).
  - 2.2.2. Si no es el primer elemento deberá esperar para ser atendido

Teoría de Colas: De Rolando Titiosky

Basados en Extracto de:

- Ing Luís Zuloaga Rotta. Investigación de Operaciones, 2005. UNI FIIS, Perú.
- Guido J. Pace (UNNE FCENA). Modelos y simulación, 1993.

**Proceso:**

3. ( $TLL > TS$ ) El tiempo de llegada es mayor que el tiempo de servicio: transcurrirá un período antes del próximo arribo al sistema, por lo tanto hay tiempo para atender un elemento de los que están esperando en la cola.

- 3.1. ( $T = TS$ ) La atención se inicia avanzando el reloj al tiempo de servicio,
- 3.2. ( $NC=NC-1$ ) se decrementa la longitud de la cola
- 3.3. Si ( $NC>0$ ) aún quedan elementos por atender.

3.3.1. (GENERAR TAT) Se toma uno de la cola y se genera un tiempo de Atención para hacer efectivo la Atención.

3.3.2. ( $TS = T + TAT$ ) se lo atiende actualizando el tiempo de servicio del sistema,

3.4. Si ( $NC=0$ ) la cola quedó vacía con el último elemento q se extrajo para Atender.

3.4.1. ( $TS = TLL$ ) Por lo tanto solo será necesario avanzar el tiempo de servicio al instante en que llegue el próximo elemento.

Teoría de Colas: De Rolando Titiosky

Basados en Extracto de:

- Ing Luís Zuloaga Rotta. Investigación de operaciones, 2005. UNI FIIS, Perú.
- Guido J. Pace (UNNE FCENA). Modelos y simulación, 1993.

Proceso:

4. Finalización del Proceso

4.1. ( $T < TF$ ) El algoritmo sigue con la verificación de la condición de fin sin realizar otra operación. Consiste en comparar el reloj con un tiempo final que indica el momento en que la simulación finalizará

4.2. ( $NC > 0$ ) control sobre el tamaño de la cola que debe ser cero. Aquí se atienden a todos los Usuarios en Cola

4.2.1. Cuando llegamos a este Punto, se asigna un valor grande al TLL para evitar que nuevos elementos deseosos de ser atendidos se ubiquen en cola.

Teoría de Colas: Rolando Titiosky

Basados en Extracto de:

- Ing Luís Zuloaga Rotta. Investigación de operaciones, 2005. UNI FIIS, Perú.
- Guido J. Pace (UNNE FCENA). Modelos y simulación, 1993.

**ANEXO 3. Tabla de Determinación de Po** a partir del número de unidades de servicio (S) y el factor de utilización  $\rho = (\lambda/\mu)$

P	S						
	1	2	3	4	5	6	7
0.100	0.9000	0.9048	0.9048	0.9048	0.9048	0.9048	0.9048
0.200	0.8000	0.8182	0.8187	0.8187	0.8187	0.8187	0.8187
0.300	0.7000	0.7391	0.7407	0.7408	0.7408	0.7408	0.7408
0.400	0.6000	0.6667	0.6701	0.6703	0.6703	0.6703	0.6703
0.500	0.5000	0.6000	0.6061	0.6065	0.6065	0.6065	0.6065
0.600	0.4000	0.5385	0.5479	0.5487	0.5488	0.5488	0.5488
0.700	0.3000	0.4815	0.4952	0.4965	0.4966	0.4966	0.4966
0.800	0.2000	0.4286	0.4472	0.4491	0.4493	0.4493	0.4493
0.900	0.1000	0.3793	0.4035	0.4062	0.4065	0.4066	0.4066
1.000		0.3333	0.3636	0.3673	0.3678	0.3679	0.3679
1.100		0.2903	0.3273	0.3321	0.3328	0.3329	0.3329
1.200		0.2500	0.2941	0.3002	0.3011	0.3012	0.3012
1.300		0.2121	0.2638	0.2712	0.2723	0.2725	0.2725
1.400		0.1765	0.2360	0.2449	0.2463	0.2466	0.2466
1.500		0.1429	0.2105	0.2210	0.2228	0.2231	0.2231
1.600		0.1111	0.1872	0.1993	0.2014	0.2018	0.2019
1.700		0.0811	0.1657	0.1796	0.1821	0.1826	0.1827
1.800		0.0526	0.1460	0.1616	0.1646	0.1652	0.1653
1.900		0.0256	0.1278	0.1453	0.1487	0.1494	0.1495
2.000			0.1111	0.1304	0.1343	0.1351	0.1353
2.100			0.0957	0.1169	0.1213	0.1222	0.1224
2.200			0.0815	0.1046	0.1094	0.1105	0.1107
2.300			0.0683	0.0933	0.0987	0.0999	0.1002
2.400			0.0562	0.0831	0.0889	0.0903	0.0906
2.500			0.0449	0.0737	0.0801	0.0816	0.0820
2.600			0.0345	0.0651	0.0721	0.0737	0.0742
2.700			0.0249	0.0573	0.0648	0.0666	0.0671
2.800			0.0160	0.0502	0.0581	0.0601	0.0606
2.900			0.0077	0.0437	0.0521	0.0543	0.0548
3.000				0.0377	0.0466	0.0490	0.0496
3.100				0.0323	0.0417	0.0441	0.0448
3.200				0.0273	0.0372	0.0398	0.0405
3.300				0.0227	0.0330	0.0358	0.0366
3.400				0.0186	0.0293	0.0322	0.0331
3.500				0.0148	0.0259	0.0290	0.0298
3.600				0.0113	0.0228	0.0260	0.0269
3.700				0.0081	0.0200	0.0233	0.0243
3.800				0.0051	0.0174	0.0209	0.0219
3.900				0.0025	0.0151	0.0187	0.0198
4.000					0.0130	0.0167	0.0178
4.100					0.0111	0.0149	0.0160
4.200					0.0093	0.0132	0.0144
4.300					0.0077	0.0117	0.0130
4.400					0.0063	0.0104	0.0117
4.500					0.0050	0.0091	0.0105
4.600					0.0038	0.0080	0.0094
4.700					0.0027	0.0070	0.0084
4.800					0.0017	0.0061	0.0075
4.900					0.0008	0.0053	0.0067
5.000						0.0045	0.0060

